

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

L. inw.

4693

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298939

Wasserwerke

Kanäle und Drainagen

Die Rohrleitung des Wasserwerks

1890

x
1532

Wassermengen

in

Kanälen und Drainagen

sowie

in Rohrleitungen überhaupt

von

Loewe,
Königlicher Landmesser.

J. Nr. 26 526

Teil I.

Konsumtionstafeln.



Lissa.

Selbstverlag des Verfassers.

1905.

Wassermengen

Kanälen und Drainagen

in Rohrleitungen überbaut



II 4693

Akc. Nr.

3022/50

Sonderabdruck

zur Benutzung beim Studium der Gebrauchsbeispiele (zur Vermeidung des lästigen Hin- und Herblätterns zwischen Tafel I und dem erläuternden Texte).

2. Beispiele zu Tafel Ia.

Die Tafel gilt zunächst für $1\frac{1}{2}$ fache Böschung.

1. *Gesucht* Q . Gegeben seien:

$$\begin{aligned} \text{Böschung } 1\frac{1}{2}\text{fach, } s = 1,1, t = 0,8, J = 0,2\text{‰}, \\ n = 0,03. \end{aligned}$$

Zunächst ist hier, wie in jedem anderen Falle J auf der J -Skala abzugreifen. Da J kleiner als $0,4\text{‰}$ gegeben, so ist dazu rohe Kenntnis von R erforderlich. Für $t = 0,8$ findet man (ohne Zuhilfenahme der in diesem Beispiel übrigens gegebenen Sohlenbreite) R zwischen $0,40$ bis $0,60$, also etwa $= 0,50$. Auf der vertikalen R -Linie $0,5$ der J -Skala wird nun J zwischen der n -Linie $0,030$ und der J -Linie $0,2\text{‰}$ abgegriffen und nach Anleitung der Formel $Q = \frac{s}{t} + J$ (s. die Erläuterungen auf der Tafel) vom Schnittpunkt der s -Linie $1,1$ mit der t -Kurve $0,8$ in der Haupttafel (Kurvetafel) abwärts (+) abgetragen. Damit findet man $Q = 490$ l.

Den über irgend eine Haupt- Q -Linie, z. B. 400 abwärts hinausfallenden Teil des von $\frac{s}{t}$ aus abgetragenen J -Abschnitts kann man mit dem Zirkel auf die Skala für v oder Q (rechts) übertragen, indem man ihn von der der betreffenden Q -Linie gegenüberstehenden Marke dieser Skala, in unserem Falle also von der Marke $4,0$, aus abwärts absetzt. Die im allgemeinen etwas engere Teilung der Q -Skala ermöglicht dann eine genauere Ablesung, als die weitere Teilung der Haupttafel.

2. *Gesucht* t . Gegeben:

$$\begin{aligned} \text{Böschung } 1\frac{1}{2}\text{fach, } s = 1,1, J = 0,2\text{‰}, \\ Q = 490\text{ l, } n = 0,03. \end{aligned}$$

Nach $t = \frac{Q}{s} - J$ ist J aufwärts (—) von dem Kurven-Schnittpunkte $\frac{Q}{s}$ aus abzutragen. Zur Ermittlung von J fehlt indessen zunächst R , da das zur Entnahme von R nötige Tafelargument t noch unbekannt ist. Man greift daher J auf einer

beliebigen R -Linie, z. B. 0,3, ab und findet damit zunächst einen angenäherten Wert für t , nämlich $t^1 = 0,81$. Will man sich mit diesem angenäherten Werte t^1 nicht begnügen, so kann man, ohne sich um t^1 zu kümmern, statt dessen $R = 0,47$ ablesen, nunmehr J_n auf der R -Linie 0,47 nochmals genauer abgreifen und findet,

indem man die Abtragung von $\overset{Q}{\underset{s}{x}}$ aus wiederholt, $t = 0,80$.

3. Gesucht s . Gegeben:

Böschung $1\frac{1}{2}$ fach, $t = 0,7$, $J = 0,4\text{‰}$, $Q = 3601$,
 $n = 0,030$.

Man ermittelt J_n auf einer beliebigen R -Linie (da J nicht kleiner als $0,4\text{‰}$, s. S. 2), trägt es gemäß der Formel $q = Q - J_n$ von der horizontalen Q -Zeile 360 aus aufwärts (\rightarrow) ab und führt den Zirkel (gemäß dem Zusatze parallele Zirkelführung, s. die Erläuterungen auf Tafel Ib) längs der horizontalen q -Zeile, bis er auf die t -Kurve 0,7 trifft. In dem so gewonnenen Punkte $\overset{q}{\underset{t}{x}}$ wird $s = 0,65$ abgelesen.

Auch hier kann man, wie in den meisten Fällen überhaupt, zweckmäßig die Skala für v und Q (rechts) benutzen (s. auch Anm. zu Beispiel 1), indem man J_n von der Q -Marke 360 aufwärts abträgt, q abliest, sodann auf der Haupttafel $\overset{q}{\underset{t}{x}}$ aufsucht und hierzu s ermittelt.

4. Ist J oder n gesucht, so greift man in der Haupttafel die rechtwinklige Entfernung von $\overset{s}{\underset{t}{x}}$ bis zur horizontalen Q -Zeile ab und gewinnt damit J_n (gemäß der Formel $J_n = Q - \overset{s}{\underset{t}{x}}$). Durch Abmessung dieses Maßes in der J_n -Skala von der n -Linie aus erhält man J , durch Abmessung von der J -Kurve aus erhält man n .

5. Gesucht v . Gegeben:

Böschung $1\frac{1}{2}$ fach, $s = 1,1$, $t = 0,8$, $J = 0,2$, $n = 0,030$.

Man ermittelt *genau* $R = 0,47$ und findet v , gemäß $v = R + J_n$, indem man in der Skala für R u. v (rechts) J_n von der R -Marke 0,47 aus abwärts absetzt, nämlich $v = 0,26$.

Zur Entnahme von R muß sowohl s als t gegeben sein oder zuvor nach Beispiel 2 oder 3 ermittelt werden.

Vorwort.

Eine in den Allgemeinen Vermessungsnachrichten (1904) unter dem Titel „Wassermengen in Gräben und Drainagen“ veröffentlichte Schrift hat dem Verfasser die Anregung eingetragen, diese in Broschürenform der Kritik weiterer Kreise zu unterbreiten. Während daraufhin der zweite Teil dieses Buches bereits dem Druck übergeben war, wurden die Ergebnisse neuerer Untersuchungen von *Fortier* über die Geschwindigkeit des Wassers in Kanälen bekannt, nach welchen der Widerstandskoeffizient n (Rauhigkeit) der bekannten Formel von *Ganguillet* und *Kutter* für Erdkanäle in erheblich weiteren Grenzen variiert, als man bislang anzunehmen gewohnt war. Dieses Resultat gab Veranlassung, diesem Buche als ersten Teil eine Tafel beizugeben, welche die Ermittlungen der Wassermengen in Kanälen (und Röhren) für jeden beliebigen Wert von n ohne weitere Nebenrechnungen ermöglicht.

Zu dieser Erweiterung des ursprünglichen Planes entschloß ich mich um so lieber, als in den weit verbreiteten Tabellen von *Kutter* der gewöhnliche Entwässerungsgraben von 0,4 bis 1 m Sohlenbreite, welcher dem Kulturtechniker gerade am allerhäufigsten vorkommt, insofern nicht berücksichtigt ist, als in den genannten Tabellen für so schmale Gräben die größeren Wassertiefen fehlen. Auch kommen diese kleineren Gräben nicht selten in stärkerem Gefälle vor als 3 : 1000, womit die *Kutter*'schen Tabellen abschließen. Endlich gelten letztere meines Erachtens nur für $1\frac{1}{2}$ füßige Grabenböschungen, da die für andere Böschungen berechnete Hilfstafel (Prozenttafel) zu erheblichen Fehlern führt (s. die Fußnote auf Seite 6).

An die Genauigkeit der Teilung der in diesem Buche gegebenen, auf möglichst einfachem Wege vervielfältigten Tafel wird man nicht zu hohe Anforderungen stellen wollen. Solange die Bestimmung von n lediglich auf Schätzung beruht, deren Unsicherheit durch die neueren Untersuchungen eine besonders scharfe Beleuchtung gefunden hat, würde durch eine feinere Teilung der Skalen nichts erreicht werden. Die aus den Teilungsfehlern resultierende Unsicherheit beträgt ca. 2 0/0, während ein Fehler des Koeffizienten n um nur eine Einheit der dritten Dezimalstelle schon eine Differenz von ca 5 0/0 in den Wassermengen von Erdkanälen verursacht.

Eine ähnliche Bemerkung ist zu den Regenkarten im zweiten Teile dieses Buches zu machen. Der Entwurf einwandfreier Regenkarten ist Sache des erfahrenen Meteorologen. Die Konstruktion der Isohyeten ist keineswegs eine so einfache Sache, wie diejenige der verschiedenartigen Iso-Kurven (*sit venia verbo*) des Technikers, sie muß vielmehr mit sachkundiger Berücksichtigung der orographischen und hydrographischen Verhältnisse an der Hand ausführlicher Fluß- und Gebirgskarten erfolgen. Während nun indessen eine Regenkarte für die Beurteilung der Wassermengen eines Flusses auf der einen Seite zwar unentbehrlich ist, so ist doch auf der anderen Seite ihr Wert für diesen Zweck ein sehr beschränkter. Selbst wenn die Regenmengen Jahr für Jahr ganz programmäßig nach der Karte herniedergingen, so würden doch noch gar viele Faktoren, so besonders die Temperatur während des Winters und speziell während der Schneeschmelze, den Abfluß des Wassers derartig beeinflussen, daß eine Bestimmung der Hochwassermengen lediglich nach der Regenkarte auf sehr schwachen Füßen stehen würde. In Wirklichkeit verlaufen nun aber die Regenfälle keineswegs nach einem festen Programm, die beste Regenkarte kann nur Durchschnittswerte der Regenhöhen geben, und mit diesen haben die Angaben einer weniger guten Karte wenigstens das gemeinsam, daß auch für sie ausnahmsweise einmal ein Jahr eintritt, dessen Regenmengen ihren Angaben entsprechen, während sie in anderen Jahren erheblich von denselben abweichen, bald

den Angaben der besseren, dald denen der schlechteren Karte näher kommend. In diesem Sinne muß ich die Karten zu beurteilen bitten, wenn ich hoffen will, mit denselben vor der Kritik zu bestehen.

Die sonst im zweiten Teile für die Bestimmung der Wassermengen gegebenen Koeffizienten-Skalen sind natürlich nicht minder unsicher. Immerhin sind es greifbare, jedem zugängliche Rechnungsunterlagen, die auf Grund jeder wirklichen Beobachtung verbessert werden können, während die Kunst der bloßen Schätzung nach dem Totaleindrucke, den das Niederschlagsgebiet auf den Beobachter macht, auf persönlicher Erfahrung und Anlage beruht und stets nur Eigentum des Einzelnen bleiben wird, mit dessen Wirksamkeit sie zu sein aufhört und der Mitwelt verloren geht. Während die gegebenen Koeffizienten an sich gewiß manche wohl verdiente, aber dem Verfasser gleichwohl willkommene Beanstandung erfahren dürften, hofft derselbe doch, daß wenigstens die *Methode* neben manchem Gegner auch ihre Freunde finden werde.

Lissa, 1905.

Loewe.

Inhalt.

Teil I. Konsumtionstabeln.

A. Tafeln.

Tafel Ia und Ib. Wassermengen in offenen Kanälen.

Geben die Wassermengen und Geschwindigkeiten für jede beliebige Rauigkeit, Gefälle, Wassertiefe und Sohlenbreite, für $1\frac{1}{2}$ - und 0fache Böschung ohne jede Interpolation oder sonstige Nebenrechnung, für andere Böschungen mit Hilfe einer kleinen, im Kopfe ausführbaren Addition, ferner die mittleren Radien R . (Die R -Kurven sind der Deutlichkeit halber durch Felder-Kolorit hervorgehoben).

Tafel II. Wassermengen in Rohrleitungen.

Geben die Wassermengen und Geschwindigkeiten in Leitungen jeden Kalibers für jedes beliebige Gefälle und jede Länge der Rohrleitungen ohne Interpolation.

Tafel III. Flächeninhalt der Grabenprofile

(für Erdmassenberechnungen).

B. Text.

1. Erläuterung zu Tafel I.
2. Beispiele für Tafel Ia für $1\frac{1}{2}$ fache Böschung.
3. Tafel Ib für steile Grabenwände (auch Holz-, Zement-, gemauerte Kanäle).
4. Beliebige Böschungen.
5. Unregelmäßige Profile (Wassermengen, Wasserstände, Nutzbarmachung von Pegelbeobachtungen).
6. Bestimmung der Wassermengen durch Überfall.
7. Direkte Wassermessungen.
8. Maximale Geschwindigkeiten.
9. Rückstaukurve gestauter Gewässer. Stauweite, Stauhöhe in beliebigem Punkte der Kurve.

VIII

10. Höhe von Stauwerken.
11. Stauung durch ein das Profil einengendes Bauwerk.
12. **Erläuterungen zu Tafel II** (runde, nicht runde Profile).

Erläuterungen zu Tafel III im Titel der Tafel.

Teil II. Ermittlung der Wassermengen nach dem Niederschlags-Gebiete.

1. Abflußkoeffizient.
2. Faktoren desselben.
3. Schätzung des Abflußkoeffizienten.
4. Schätzung der Drainwassermengen.

Tafeln.

1. Tafel zur Ermittlung der Röhrenkaliber für jede beliebige Wasserführung (zu Abschnitt 4).
2. Regenatlas von Deutschland nebst Temperaturübersicht.

I. Allgemeine Erläuterungen zu Teil I.

Es bedeuten:

v mittlere Geschwindigkeit pro Sek. in m (velocitas).

J Gefälle, relatives, pro Mille (inclinatio).

R mittlerer Radius = $\frac{F}{p}$ (F = Flächeninhalt, p = benetzter Umfang des Profils).

n Widerstandskoeffizient (natura), für gut unterhaltene Kanäle = 0,025, mittelmäßig beschaffene = 0,030, schlecht unterhaltene (Wasserpflanzen, Geröll) = 0,035*. Für Holz-, Zement-Kanäle etc. bedeutend kleiner.

s Sohlenbreite in m.

t Wassertiefe.

Q Wassermenge pro Sek. in Litern.

*) Fortier hat auf Grund neuerer Untersuchungen die hier kurz skizzierte Skala für n aufgestellt:

$n = 0,0175$. Vorzüglich unterhaltene, regelmäßige Kanäle in fester Erde, das Bett durch Sinkstoffe geglättet und schlüpfrig gemacht.

$n = 0,020$. Gut unterhaltene, pflanzenfreie Kanäle, teilweise durch Sinkstoffe geglättet.

$n = 0,0225$. Gräben in gutem Zustande, jedoch in losem Kies, oder mit gelegentlichen Pflanzenbüscheln.

$n = 0,025$. Mittelmäßige Unterhaltung, einzelne scharfe Biegungen, Böschungen mit Sinkstoffen und niedrigen Pflanzen bekleidet, oder bestehend aus losem Kies mit kleineren Steinen bis höchstens 5 cm Durchmesser.

$n = 0,0275$. Wenig guter Zustand, unregelmäßige Böschungen und Sohle, loser Kies; oder: grober Kies mit unregelmäßig gelagerten Steinbrocken; oder: glatte Böschungen, Wasserraum teilweise gefüllt mit Wasserpflanzen.

$n = 0,030$. Ziemlich schlechte Unterhaltung, Bett mit losen Steinen bedeckt oder mit Grasbüscheln bestanden.

$n = 0,035$. Kleine Gräben, unebenes Bett oder ebenes Bett, jedoch teilweise mit Wasserpflanzen gefüllt.

$n = 0,040$. Kanäle in Erde, halb voll Wasserpflanzen.

$n = 0,050$. Kleinere Gräben, zu zwei Dritteln voll Wasserpflanzen.

Um für jeden Fall über die Anwendung der Tafeln sofort zu orientieren, sind auf denselben kurze Erläuterungen in Gestalt von Formeln gegeben. In denselben bedeuten:

J_n ein auf der J_n -Skala (links am Rande) mit dem Zirkel abzugreifendes Maß. Der Nullpunkt der Abmessung liegt in der n -Kurve, der Endpunkt in der J -Kurve. Die Abmessung erfolgt auf der vertikalen R -Linie. R ist daher auf der Haupttafel (mittlere Kurventafel) zuvor *roh* abzulesen. Zu dem Ende genügt die Kenntnis von t (Wassertiefe) als Tafelargument, da, wie ein Blick auf die Haupttafeln zeigt, nur wenige R -Kurven von einer bestimmten t -Kurve geschnitten werden und es eben zunächst nur auf eine *rohe* Kenntnis von R ankommt. Für *Erdkanäle* von einem größeren Gefälle als $0,4 \text{ ‰}$ ist R übrigens ohne Einfluß auf den Skalaabschnitt J_n , da die n -Kurven der J_n -Skala in diesem Falle den J -Kurven nahe parallel laufen. In solchen Fällen erübrigt sich daher die vorherige Ermittlung von R .

Das Zeichen \times bedeutet den Schnitt zweier Kurven der Haupttafel, z. B. \times_t^s den Schnitt der (vertikalen) s -Linie mit der t -Kurve.

Die Formeln auf den Tafeln sind nach den unten gegebenen Beispielen zu verstehen, aus welchen man auch erkennen wird, daß die darin erläuterte graphische Addition oder Subtraktion des J_n -Abschnitts wegen der logarithmischen Teilung der Skalen in Wirklichkeit eine Multiplikation bzw. Division bedeutet. In Betracht kommt stets diejenige Formel, in welcher die *gesuchte* Größe (Q , t oder s) auf der linken Seite steht, z. B. gilt, wenn Q gesucht ist, die Formel $Q = \times_t^s + J_n$.

Der Tafel liegt die Formel von *Ganguillet* und *Kutter*

$$v = c \sqrt{RJ} \quad (1)$$

mit variablen Koeffizienten c zu grunde. Seine von R abhängigen Variationen sind bei der Konstruktion der mittleren Haupttafel (Kurventafel) berücksichtigt, während die durch n und J bedingten Variationen in der J_n -Skala zum Ausdruck kommen. Aus letzterer geht auch hervor, daß diese letzteren Variationen ebenfalls etwas von R abhängig sind.

2. Beispiele zu Tafel Ia.

Die Tafel gilt zunächst für $1\frac{1}{2}$ fache Böschung.

1. *Gesucht* Q . Gegeben seien:

$$\begin{aligned} \text{Böschung } 1\frac{1}{2}\text{fach, } s = 1,1, t = 0,8, J = 0,2\text{ }^0\text{/}_{00}, \\ n = 0,03. \end{aligned}$$

Zunächst ist hier, wie in jedem anderen Falle J_n auf der J_n -Skala abzugreifen. Da J kleiner als $0,4\text{ }^0\text{/}_{00}$ gegeben, so ist dazu rohe Kenntnis von R erforderlich. Für $t = 0,8$ findet man (ohne Zuhilfenahme der in diesem Beispiel übrigens gegebenen Sohlenbreite) R zwischen $0,40$ bis $0,60$, also etwa $= 0,50$. Auf der vertikalen R -Linie $0,5$ der J_n -Skala wird nun J_n zwischen der n -Linie $0,030$ und der J -Linie $0,2\text{ }^0\text{/}_{00}$ abgegriffen und nach Anleitung der Formel $Q = \frac{s}{t} J_n$ (s. die Erläuterungen auf der Tafel) vom Schnittpunkt der s -Linie $1,1$ mit der t -Kurve $0,8$ in der Haupttafel (Kurvetafel) abwärts (+) abgetragen. Damit findet man $Q = 490$ l.

Den über irgend eine Haupt- Q -Linie, z. B. 400 abwärts hinausfallenden Teil des von $\frac{s}{t}$ aus abgetragenen J_n -Abschnitts kann man mit dem Zirkel auf die Skala für v oder Q (rechts) übertragen, indem man ihn von der der betreffenden Q -Linie gegenüberstehenden Marke dieser Skala, in unserem Falle also von der Marke $4,0$, aus abwärts absetzt. Die im allgemeinen etwas engere Teilung der Q -Skala ermöglicht dann eine genauere Ablesung, als die weitere Teilung der Haupttafel.

2. *Gesucht* t . Gegeben:

$$\begin{aligned} \text{Böschung } 1\frac{1}{2}\text{fach, } s = 1,1, J = 0,2\text{ }^0\text{/}_{00}, \\ Q = 490\text{ l, } n = 0,03. \end{aligned}$$

Nach $t = \frac{Q}{s} - J_n$ ist J_n aufwärts (—) von dem Kurven-Schnittpunkte $\frac{Q}{s}$ aus abzutragen. Zur Ermittlung von J_n fehlt indessen zunächst R , da das zur Entnahme von R nötige Tafelargument t noch unbekannt ist. Man greift daher J_n auf einer beliebigen R -Linie, z. B. $0,3$, ab und findet damit zunächst einen angenäherten Wert für t , nämlich $t^1 = 0,81$. Will man sich mit

diesem angenäherten Werte t^1 nicht begnügen, so kann man, ohne sich um t^1 zu kümmern, statt dessen $R = 0,47$ ablesen, nunmehr J_n auf der R -Linie $0,47$ nochmals genauer abgreifen und findet, indem man die Abtragung von $\frac{Q}{s}$ aus wiederholt, $t = 0,80$.

3. *Gesucht s.* Gegeben:

Böschung $1\frac{1}{2}$ fach, $t = 0,7$, $J = 0,4\text{ ‰}$, $Q = 3601$,
 $n = 0,030$.

Man ermittelt J_n auf einer beliebigen R -Linie (da J nicht kleiner als $0,4\text{ ‰}$, s. S. 2), trägt es gemäß der Formel $q = Q - J_n$ von der horizontalen Q -Zeile 360 aus aufwärts (—) ab und führt den Zirkel (gemäß dem Zusatze parallele Zirkelführung, s. die Erläuterungen auf Tafel Ib) längs der horizontalen q -Zeile, bis er auf die t -Kurve $0,7$ trifft. In dem so gewonnenen Punkte $\frac{q}{t}$ wird $s = 0,65$ abgelesen.

Auch hier kann man, wie in den meisten Fällen überhaupt, zweckmäßig die Skala für v und Q (rechts) benutzen (s. auch Anm. zu Beispiel 1), indem man J_n von der Q -Marke 360 aufwärts abträgt, q abliest, sodann auf der Haupttafel $\frac{q}{t}$ aufsucht und hierzu s ermittelt.

4. Ist J oder n gesucht, so greift man in der Haupttafel die rechtwinklige Entfernung von $\frac{s}{t}$ bis zur horizontalen Q -Zeile ab und gewinnt damit J_n , (gemäß der Formel $J_n = Q - \frac{s}{t}$). Durch Abmessung dieses Maßes in der J_n -Skala von der n -Linie aus erhält man J , durch Abmessung von der J -Kurve aus erhält man n .

5. *Gesucht v.* Gegeben:

Böschung $1\frac{1}{2}$ fach, $s = 1,1$, $t = 0,8$, $J = 0,2$, $n = 0,030$.

Man ermittelt *genau* $R = 0,47$ und findet v , gemäß $v = R + J_n$, indem man in der Skala für R u. v (rechts) J_n von der R -Marke $0,47$ aus abwärts absetzt, nämlich $v = 0,26$.

Zur Entnahme von R muß sowohl s als t gegeben sein oder zuvor nach Beispiel 2 oder 3 ermittelt werden.

3. Tafel Ib für steile Grabenwände.

Die Tafel ist vorzugsweise für steil eingeschnittene Rasenrinnen bestimmt. Desgleichen haben auch gemauerte oder Holzkanäle usw. in der Regel steile Wände. In derartigen Gerinnen ist der benetzte Umfang p mitbestimmend für die Materialkosten und man wird das Kanalprofil so zu bestimmen suchen, daß p möglichst klein wird. Die der Minimumsbedingung entsprechenden Profile findet man in der durch kleine Kreuze dargestellten, mit $p = \text{minimum}$ bezeichneten Kurve nach folgendem Beispiel:

$$6. \text{ Gegeben } Q = 60, J = 1\text{‰}.$$

Gesucht das günstigste Profil für ein Holzgerinne.

Da R unbekannt, so ist J_n zunächst auf einer willkürlichen R -Linie, z. B. $R = 0,3$ abzugreifen, von der Q -Zeile 60 aufwärts (—, s. die Formeln für s u. t , auf deren Ermittlung es hier ankommt) abzutragen und der Zirkel parallel längs der Q -Zeile zu führen, bis die obere Zirkelspitze die Minimumskurve trifft. Hier findet sich zunächst angenähert $s^1 = 0,50$, und $t^1 = 0,25$, oder wenn man sich mit diesen Näherungswerten nicht begnügen will, statt dieser $R = 0,12$, worauf J_n auf der R -Linie 0,12 genauer ermittelt und das Verfahren wiederholt werden kann. Man findet als günstigstes Profil $s = 0,48$, $t = 0,24$.

4. Beliebige Böschungen.

Es kommen die Hilfstafeln auf Ia und Ib zur Anwendung nach folgendem Beispiel:

$$7. \text{ Gesucht } Q, \text{ gegeben:}$$

$$\text{Böschung 1fach, } t = 0,6, s = 0,8, n = 0,030, J = 0,2\text{‰}.$$

Nach der im Kopfe der Hilfstafel gegebenen Formel $s_t = s + k$ ist eine Hilfssole s_t zu berechnen. Für $t = 0,6$ und 1fache Böschung findet sich auf Tafel Ia: $k = -0,25$, also $s_t = 0,8 - 0,25 = 0,55$. Unter Einführung von s_t statt s wird

ganz nach Beispiel 1 verfahren, wonach nun $Q = \frac{s_t}{t} + J_n = 169,1$ gefunden wird.

Für v findet man unter Einführung derselben Hilfssole s_t zunächst $R^1 = 0,33$. Hierzu die am Fuße der Hilfstafeln in Prozenten von R^1 gegebene Korrektur*) von $+4\% = 0,33 \times 0,04 = 0,01$, ergibt $R = 0,34$ und auf der R - und v -Skala rechts: $v = R + J_n = 0,19$.

Auf Tafel Ib findet man für dasselbe Beispiel $k = +0,64$ also $s_t = 0,8 + 0,64 = 1,44$ und nunmehr $Q = \frac{s_t}{\alpha_t} + J_n = 170$ l. Ferner $R^1 = 0,34$, hierzu die Korrektur*) von $+2\%$, ergibt $R = 0,34$ und schließlich $v = R + J_n = 0,19$ wie oben.

Ist t gesucht, fehlt also vorweg das Tafelargument zur Entnahme von k , so ist zunächst mit einem angenäherten, auf Schätzung beruhenden Wert von t zu operieren, um s_t angenähert zu erhalten.

Ist damit t genauer nach $t = \frac{s}{q} - J_n$ gefunden, so kann k auch genauer entnommen und damit das Verfahren wiederholt werden.

Ist s gesucht, so ergibt sich zunächst s_t nach Beispiel 3, sodann $s = s_t - k$.

Für steilere als 1fache Böschungen gilt Tafel Ib mit ihrer Hilfstafel. Für 1fache Böschungen läßt häufig eine der beiden Tafeln im Stich, dann ist die andere anzuwenden.**)

*) Diese Korrektur ist streng genommen auch von der Sohlenbreite abhängig, daher als Durchschnittswert um $1-2\%$ unsicher.

**) Kutter gibt für andere als $1\frac{1}{2}$ fache Böschungen eine Prozenttafel, nach welcher die für $1\frac{1}{2}$ fache Böschung ermittelten Wassermengen und Geschwindigkeiten um gewisse, mit Argument t der Prozenttafel zu entnehmende Prozente zu korrigieren sind. Es kann aber leicht gezeigt werden, daß die Angaben Kutters, wonach die Prozente von der Sohlenbreite unabhängig sein und nur mit t variieren sollen, irrig ist, weshalb die Prozenttafel zu unsicheren Ergebnissen führen muß. Ich beschränke mich darauf, den Nachweis durch ein Beispiel zu erbringen: Für $s = 0,6$, $t = 0,6$, $J = 1\%_{00}$, $n = 0,030$ findet man für einen steilwandigen Kanal mittelst der Kutter'schen Prozenttafel $Q = 0,258$, $v = 0,416$. Der Flächeninhalt des Profils ist aber $F = 0,36$, danach müßte also $Q = Fv = 0,36 \times 0,416 = 0,15$ (statt $0,26$) gefunden werden. Unsere Tafel ergibt für dies Beispiel $Q = 0,112$, $v = 0,315$, also $Fv = 0,113$. Dieselben Werte ergibt die direkte Rechnung nach der Formel. Mithin wird Q mittelst der Kutter'schen Prozenttafel um „mehr als 100% zu groß erhalten!“

5. Unregelmäßige Profile.

Ältere Kanäle von größeren Dimensionen als den in Tafel I a u. b dargestellten haben meistens ihr regelmäßiges Profil eingebüßt. Neuanlagen von größeren Dimensionen kommen in der Praxis des Kulturtechniklers nur selten vor und können dann ganz nach gegenwärtigem Paragraphen behandelt werden.

8. *Q gesucht.* Das Profil ist zu kartieren, Flächeninhalt und benetzter Umfang p zu ermitteln, damit $R = \frac{F}{p}$ zu berechnen, dann ist (Skala rechts) $v = R + J_n$ und $Q = v F$.

Die Multiplikation $v F$ kann mittelst der Skala für v u. Q ausgeführt werden, indem man v von der Marke 0,10 aus mit dem Zirkel abgreift und an diejenige für F abwärts anträgt.

Bei regelmäßigen Profilen wird man die direkte Berechnung (ohne Kartierung) vorziehen. Zur Berechnung von p kann nebenstehende Tabelle dienen. Man findet

$$p = kt + s$$

worin k der Tabelle zu entnehmen ist.

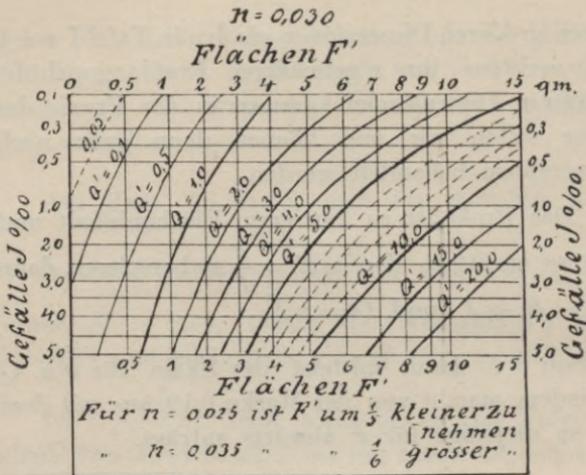
Böschung	k
1/2	2,24
1	2,82
1 1/2	3,60
2	4,48
2 1/2	5,39
3	6,34

Die Flächen F können nach Tabelle III ermittelt werden, welche auch für *Erdmassen-Berechnungen* Verwendung finden kann.

Bei unregelmäßigen Wasserläufen kann man sich nicht auf die Aufnahme eines einzelnen Profils beschränken, sondern es ist, gewöhnlich in regelmäßigen Abständen, eine Reihe von Profilen aufzunehmen. Die in den einzelnen Profilen ermittelten Wassermengen werden nicht ganz gleich ausfallen. Man trägt die Abstände der Profile als Abscissen, die berechneten Wassermengen Q als Ordinaten auf und erhält im allgemeinen eine gebrochene Linie, welche durch eine gerade, der gebrochenen möglichst genau anpassend gezogene Linie ersetzt wird. Die Ordinaten dieser Geraden geben die Wassermengen in den einzelnen Profilen. Ist die substituierte Gerade aufsteigend, so deutet dies auf eine Zunahme der Wassermengen, entsprechend der Zunahme des Niederschlagsgebietes.

9. *Der Wasserstand t* ist zu bestimmen, wenn Q , J und das Profil gegeben sind.

Fig. 1. Rohe Wassermengen.



Der nebenstehenden Textfigur wird mit Argument Q u. J die angenäherte Profilfläche F^1 entnommen, wobei die Fußnote der Figur nicht zu übersehen ist. Diese Fläche wird in der Profilzeichnung durch eine Horizontale abgeschnitten, der

benetzte Umfang p^1 ermittelt und $R^1 = \frac{F^1}{p^1}$ berechnet, dann ist genau genug

$$v = R^1 + J_n$$

$$F = \frac{Q}{v}$$

Die Differenz $F - F^1$ wird unter Beachtung des Vorzeichens der in der Profilzeichnung bereits abgeschnittenen Fläche F^1 zugelegt, womit die Wasseroberfläche in der Zeichnung zur Darstellung gelangt, aus welcher sie in den Höhenplan des Wasserlaufes übertragen werden kann.

10. *Nutzbarmachungen von Pegelbeobachtungen* für Profile, welche oberhalb oder unterhalb des Pegels liegen.

In zwei Punkten A und B einer Flußstrecke sei durch langjährige Beobachtungen der durchschnittliche Hoch- (bezw. Mittel- und Nieder-) Wasserstand bestimmt. Die Beobachtungen sollen für einen zwischen A und B liegenden Punkt M nutzbar gemacht werden.

Die Profile bei A und B , sowie das bei M sind aufzunehmen, der Wasserspiegel von A bis B zu nivellieren. Die Wassermengen Q_A und Q_B in A und B werden nach 8. berechnet, sodann die Wassermenge Q_M durch Interpolation zwischen Q_A und Q_B unter Berücksichtigung der Entfernungen des Punktes M von A und B ermittelt. Hierauf ergibt sich der Wasserstand in M nach 9.

Bei einigermaßen gleichmäßigem Gefälle zwischen A und B führt eine wenigstens einjährige Beobachtung eines Hilfspegels zu gutem Resultat. Sei in dem Beobachtungsjahre der höchste Wasserstand in A um 0,8, in B um 0,6 hinter dem durchschnittlichen Hochwasserstand zurückgeblieben, so wird sich die Korrektur für den in M beobachteten höchsten Wasserstand durch Interpolation zwischen 0,6 und 0,8 ergeben.

6. Bestimmung der Wassermengen durch Überfall.

Diese vorzügliche Methode der Wassermessung findet besonders bei der Verteilung des Wassers auf die einzelnen Abteilungen bzw. Besitzstücke eines Rieselfeldes Anwendung.

Ist b die Breite des Überfalls, h die Höhe der Wasserschicht über demselben, so ist

$$v = \mu \sqrt{2gh} \quad (2)$$

$$Q = bhv.$$

Ist die stauende Wand an der Oberkante der ganzen Länge nach glatt, so ist hierin $\mu = 0,57$ zu setzen. Gewöhnlich wird aber in der Überfallkante ein rechteckiger Ausschnitt angebracht, welcher die ganze Wassermenge hindurchlassen muß, dann ist μ der nebenstehenden Tabelle zu entnehmen.

Die Höhe h der Wasserschicht darf nicht unmittelbar über der stauenden Wand, sondern muß etwas oberhalb des Überfalls gemessen werden, weil unmittelbar über der Überfallkante sich der Wasserspiegel infolge von Kontraktion erheblich senkt. Für dauernden Gebrauch empfiehlt sich die Anbringung eines vor Wellenschlag geschützten Pegels ca. 2 m oberhalb des Staus, dessen Nullpunkt mit der Sohle des Ausschnitts in einer Höhe liegt. Ablesung des Pegels möglichst auf Millimeter.

h	b	
	0,2	0,6
0,01	0,42	—
0,05	0,40	—
0,10	0,395	0,41
0,20	0,39	0,395
0,30	0,37	0,39
0,60	—	0,39

Bei *Durchlassöffnungen* in dünner Wand ist in (2) für h die Niveauhöhe über der Mitte der Öffnung, oder wenn diese unter dem Unterwasserspiegel liegt, die Differenz zwischen Ober- und Unterwasser zu setzen. μ ist in diesem Falle = 0,62.

Die Benutzung eines *Röhrendurchlasses* zu Wasserbestimmungen s. Abschnitt 12.

7. Direkte Wassermessungen.

a) *Schwimmer*. Derselbe ist ca. 10 m oberhalb der abgemessenen Versuchsstrecke einzuwerfen. Die gemessene Oberflächen-

n	Mittlerer Radius R					
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00
0,025	0,50	0,62	0,66	0,68	0,70	0,74
0,030	0,45	0,54	0,58	0,61	0,65	0,69
0,035	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65

Geschwindigkeit ist mit dem aus nebenstehender Tabelle zu entnehmenden Koeffizienten zu multiplizieren, um die mittlere Geschwindigkeit v zu erhalten.

b) *Hydraulischer Flügel*. Die Drehungsebene der Flügel muß mit der Ebene des aufgenommenen Profils zusammenfallen. Die Messungen werden in verschiedenen Vertikalen des Profils und in jeder Vertikalen in mehreren Punkten mindestens je zweimal vorgenommen, damit Störungen durch angetriebene Gegenstände nicht unentdeckt bleiben. Die Messungspunkte und die in ihnen beobachteten Geschwindigkeiten werden in die Profilzeichnung eingetragen, sodann in letzterer in bekannter Weise die Kurven gleicher Geschwindigkeit konstruiert. Die Berechnung der Wassermengen erfolgt am einfachsten mit Hilfe eines auf transparentem Papier gezeichneten, auf die Profilzeichnung gelegten Quadratnetzes. In der Mitte jedes Quadrates wird die Geschwindigkeit nach den Geschwindigkeitskurven abgelesen und mit dem Flächeninhalte des Quadrats multipliziert. Die Bruchteile der am benetzten Umfange liegenden Quadrate werden genügend genau durch Schätzung in Zehnteln der vollen Quadratfläche erhalten. Wegen der hier statt habenden geringen Geschwindigkeiten sind kleine Schätzungsfehler ohne Belang.

8. Maximale Geschwindigkeiten.

Damit das Wasser nicht eine den Kanalwänden gefährliche motorische Kraft entwickeln könne, werden folgende Geschwindigkeiten als maximale angegeben:

- | | | | |
|------------------------------|-------|----------------------------------|-------|
| 1. schlammige Erde | 0,16, | 4. Lehm | 0,60, |
| 2. feiner Sand | 0,35, | 5. Kies | 1,20, |
| 3. fetter Ton | 0,46, | 6. grobsteiniger Boden | 1,60. |

Über Mittelwasser sind indessen die Böschungen in der Regel mindestens mit Rasen befestigt. Als *Hochwassergeschwindigkeit* kann daher auch in den Bodenklassen 1—4 unbedenklich eine solche von 0,5—1 m zugelassen werden.

9. Rückstaukurve gestaueter Gewässer.

Auf Grund der *Kutter'schen* Geschwindigkeitsformel hat Verfasser eine Reihe von Rückstaukurven für sehr verschiedene Flußprofile berechnet, welche sämtlich so nahe zusammenfielen, daß von ihnen diejenige, welche den weitesten Rückstau ergibt, ohne weiteres als für alle Verhältnisse der Praxis zutreffend angesehen werden kann. Diese Kurve ist in nebenstehender Tabelle gegeben, deren Gebrauch folgender ist:

a) Beispiel: Gegeben die Stauhöhe (Differenz zwischen Ober- und Unterwasser) $h = 0,8$ m, die Wassertiefe des ungestauten Wassers $t = 0,6$, das Gefälle $J = 1 : 2000$. Die Stauweite ist zu ermitteln.

$\frac{h}{t}$	$\frac{Jx}{t}$	$\frac{h}{t}$	$\frac{Jx}{t}$
0,05	0,50	2,0	3,36
0,10	0,75	3,0	4,35
0,20	1,00	4,0	5,34
0,30	1,20	5,0	6,33
0,40	1,38	6,0	7,32
0,50	1,54	7,0	8,31
0,60	1,69	8,0	9,30
0,70	1,83	9,0	10,28
0,80	1,96	10,0	11,26
0,90	2,12	12,0	13,22
1,00	2,23	14,0	15,18
1,20	2,46	16,0	17,14
1,40	2,69	18,0	19,10
1,60	2,91	20,0	21,06
1,80	3,14	25,0	26,03
2,00	3,36	30,0	31,00

Für $\frac{h}{t} = \frac{0,8}{0,6} = 1,33$ liefert die Tabelle $\frac{Jx}{t} = 2,61$, also $x = \frac{2,61 t}{J} = 2,61 \times 0,6 \times 2000 = 3132$ m.*)

b) Für dasselbe Beispiel soll die Stauhöhe h_a in einem Punkte a , welcher 1200 m oberhalb des Stauwerks liegt, gefunden werden.

Da $x = 3132$ gefunden wurde, so ist die Abscisse x_a vom oberen Endpunkte der Stauung zählend, $= 3132 - 1200 = 1932$, also $\frac{Jx_a}{t} = \frac{1932}{0,6 \times 2000} = 1,61$. Hierzu gibt die Tabelle $\frac{h}{t} = 0,54$, also $h = 0,54 \times 0,6 = 0,32$.

c) Findet innerhalb der Stauweite in einem Punkte a ein Gefällwechsel oder ein sonstiger Wechsel der einschlägigen Verhältnisse statt, z. B. infolge Einmündung eines Nebengewässers eine Vertiefung des Profils, so berechne man nach b) die Stauhöhe h_a

*) Dividiert man $\frac{h}{t}$ in $\frac{Jx}{t}$, so erhält man die Stauweite in Teilen der hydrostatischen Stauweite, in unserem Falle $\frac{2,61}{1,33} = 1,96$. Somit ergibt sich die wirkliche Stauweite $= 1,96 \cdot \frac{h}{J} = 3136$ m wie oben.

unter Zugrundelegung der auf der unteren Strecke statthabenden Verhältnisse, gehe mit $\frac{h}{t} \frac{a}{a}$ nochmals in die Tabelle ein und findet damit unter Zugrundelegung der für die obere Strecke gültigen Verhältnisse die Stauweite x_a oberhalb des Punktes a , zu welcher die Entfernung des Punktes a vom Stauwerke zu addieren ist, um die gesamte Stauweite zu erhalten.

d) Wird das Niveau am Stauwerke durch einen Aichpfahl in konstanter Höhe erhalten, so variiert die Stauweite mit der Wassertiefe t des ungestauten Wassers, man kann daher nicht allgemein die Frage stellen (wie sie dem Verfasser in einem Sachverständigen-Termine vorgelegt wurde), „wie weit reicht der Rückstau“, sondern die Frage kann nur lauten, „zwischen welchen Grenzen variiert der Rückstau, wenn die Wassertiefe des ungestauten Wassers zwischen (durch Beobachtung) bekannten Grenzen variiert“. Die Stauweite ist $= 0$, wenn schon das ungestaute Wasser die Höhe der Aiche erreicht, wenn also $h = 0$ ist. Sie steigt bei fallendem Wasser, bis sie etwa für $t = h$ — d. h. wenn das Wasser auf die halbe Höhe der Aiche gesunken ist — ihr Maximum erreicht, und geht bei weiter fallendem Wasser wieder etwas zurück, bis sie für ein unendlich kleines t denjenigen Punkt erreicht, in welchem die durch den Merkpfehl gelegte Horizontale die Sohle trifft. Das ist in diesem Falle zugleich die hydrostatische Stauweite $\frac{h}{J}$. Schon diese einfache, von mathematischem Kalkül keinerlei Gebrauch machende Betrachtung zeigt die absolute Unbrauchbarkeit der Formel $x = \frac{2h}{J}$, die sich in allen einschlägigen Lehrbüchern findet, wonach also die Stauweite der doppelten hydrostatischen Stauweite gleich sein soll.

10. Höhe von Stauwerken.

Sei H die bei Anlage eines Stauwerks beabsichtigte Stauhöhe, von der Sohle des Flußbettes aus gemessen, h die Höhe des Wassers über der Überfallkante, so ist die Höhe x des Stauwerks

$$x = H - h.$$

Hierin ist h nach (2) zu berechnen (§ 6), wonach sich

$$h = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{2g(\mu b)^2}} \quad (3)$$

ergibt, worin $\mu = 0,57$ zu setzen ist.

Findet sich hiernach h kleiner als die Differenz zwischen Ober- und Unterwasser, so ist das anzulegende Wehr ein Grundwehr (Wehrkrone unter dem Unterwasserspiegel). In diesem Falle besteht die Wasserschicht über dem Wehr aus 2 Teilen, von denen der über dem Unterwasserspiegel liegende Teil sich nach ⁽²⁾ berechnet, mit $\mu = 0,57$. Findet man die Wassermenge dieses Teils $= q_1$, so ist der zwischen Unterwasser und Wehrkrone fließende Teil $q_2 = Q - q_1$ und man hat, wenn y die Höhe dieser Wasserschicht bezeichnet:

$$q_2 = 0,62 y b \sqrt{2gh}, \text{ also} \quad (4)$$

$$y = \frac{q_2}{0,62 b \sqrt{2gh}} \quad (5)$$

Hat das Wasser vor dem Wehr die Geschwindigkeit $v (= \frac{F}{Q})$, so entspricht dieser die Druckhöhe $k = \frac{v^2}{2g}$, welche der Druckhöhe h in obigen Gleichungen hinzuzusetzen ist. Man erhält (nach [2] § 6):

$$Q = 0,57 b h \sqrt{2g(h+k)} \quad (6)$$

daraus
$$h^3 + kh = \frac{Q^2}{2g(0,57b)^2} \quad (7)$$

Man setze den aus ⁽³⁾ gefundenen Wert für h in das Produkt kh der Gleichung ⁽⁷⁾ ein, wodurch diese leicht auflösbar wird.

Gleichung ⁽⁵⁾ geht dementsprechend über in

$$y = \frac{q_2}{0,62 b \sqrt{2g(h+k)}} \quad (8)$$

II. Stauung durch ein das Profil einengendes Bauwerk.

Soll ein Profil eines Wasserlaufes von der Breite B durch Strompfeiler, oder in das Flußbett vorgeschobene Landpfeiler auf die Breite b eingeengt worden, so wird oberhalb des Bauwerks ein Stau Δh , innerhalb desselben statt der bisherigen mittleren Geschwindigkeit v die beschleunigte Geschwindigkeit v^1 entstehen. Um zu ermessen, wie weit das Profil eingeengt werden darf, wird man sich über den zulässigen Maximalwert von Δh oder von v^1 schlüssig zu machen haben, dann ist:

$$\left. \begin{array}{l} 1. b = \frac{Bv}{gv^1} \\ 2. \Delta h = \frac{v^1{}^2 - v^2}{2g} \end{array} \right\} (9)$$

Durch Einsetzen des Wertes von $\triangle h$ in 2 findet man v^1 , worauf b aus 1. erhalten wird.

In 1 ist $\varphi = 0,90$ zu setzen, wenn die Pfeiler am Oberhaupt abgerundet sind. Wenn nicht, so ist $\varphi = 0,8$.

12. Erläuterung zu Tafel II, Rohrleitungen.

Der Tafel liegt die *Weisbach'sche* Formel

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{l + \varepsilon + k \frac{l}{d}}} \quad (10)$$

zu Grunde. Hierin variiert der Koeffizient k nach *Darcy* mit dem Röhrenkaliber ($k = 0,02 + \frac{0,0005}{d}$). Diese Variationen sind bei der Konstruktion der Kurventafel berücksichtigt.

Die Länge l der Leitung wird stets gegeben sein. Das Gefälle $\frac{h}{l} = J$ ist, in *Prozenten* ausgedrückt, auf der Skala für J abzugreifen. Nullpunkt der Abmessung ist der mit \times bezeichnete Punkt, wenn es sich um glatte Röhren handelt. Bei rauhen Röhren dagegen, oder wenn Ablagerungen zu befürchten sind, gebe man der entsprechenden d -Marke ($d =$ Röhrendurchmesser) den Vorzug. Übrigens ist in $J = \frac{h}{l}$ unter h nicht sowohl das absolute Gefälle des Bauwerks selbst zu verstehen, als vielmehr der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser, bezw. zwischen Oberwasser und Mitte der Ausmündungsöffnung.

Im übrigen wird Tafel II und die auf derselben direkt gegebenen Erläuterungen durch das über Tafel I Gesagte verständlich (s. § 1 ff.), nur folgende Ergänzungen werden noch erforderlich sein.

1. *v* *Gesucht*. Die der d -Kurve beigeschriebene Zahl z wird abgelesen, dann findet man mittelst der Skala rechts $v = z + Q$ (Q in cbm), z. B. für $d = 0,40$, $Q = 0,20$ cbm, zunächst $z = 0,79$ und damit $v = z + Q = 1,60$ m.

Erwähnt muß hierzu werden, daß die Formeln auf der Tafel *nur bei Benutzung der logarithmisch geteilten Skalen* Geltung haben. Für zahlenmäßige Rechnung würde die Formel für v lauten müssen: $v = z \times Q$.

2. Ist v gegeben (z. B. als zulässige Maximalgeschwindigkeit), d gesucht, so findet man $z = v - Q$ (auf der Skala rechts, — für numerische Rechnung $z = \frac{v}{Q}$). Die mit der Zahl z versehene d -Kurve gibt nun den Durchmesser d .

Beispiel: Gesucht d für einen 10 m langen Durchlaß, wenn die größte zu erwartende Wassermenge $Q = 500$ l gegeben ist und das Wasser oberhalb des Durchlasses 25 cm hoch anstauen darf.

Es ist $J = \frac{0,25 \times 100}{10} = 2,5\%$, $d = \frac{l}{Q} - J = 0,63$. Hierzu findet sich $z = 0,32$, also $v = z + Q = 1,6$ m.

Diese große Geschwindigkeit würde schon Befestigungsarbeiten ober- und unterhalb des Durchlasses erfordern. Will man solche vermeiden und hat man zu dem Ende höchstens eine Geschwindigkeit $v = 0,75$ m zuzulassen, so findet man für $v = 0,75$: $z = v - Q = 0,16$ und dazu $d = 0,90$ m.

Nicht runde Profile: An die Stelle von d tritt hier der Flächeninhalt F des Profils, und es kommen die in den Erläuterungen auf der Tafel selbst gegebenen Formeln mit Benutzung der Skala rechts zur Anwendung. Wo diese Skala einmal nicht ausreicht, rechne man numerisch $z = \frac{1}{F}$, $F = \frac{1}{z}$ etc. Als Nullpunkt für die Abmessung auf der J -Skala wähle man stets die d -Marke, wobei $d = \sqrt{F}$ zu setzen ist.

Hat die Leitung ein Knie, so entsteht ein Druckhöhenverlust $h^1 = \xi \frac{v^2}{2g}$ ($g = 9,8$ m).

Hierin ist für einen Winkel von 90° | 100° | 120° | 140° | 160°
 $\xi = 0,98$ | $0,47$ | $0,36$ | $0,14$ | $0,05$.

Sind die Schenkel des Knies durch einen Kreisbogen verbunden und ist β der Nebenwinkel, so ist die Widerstandshöhe

$$h^1 = \xi \frac{\beta}{90^\circ} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Hierin variiert ξ mit dem Verhältnis des Röhrendurchmessers zum Kurvenradius r . Es ist für

$$\frac{d}{r} = 0,1 \quad | \quad 0,2 \quad | \quad 0,3 \quad | \quad 0,4 \quad | \quad 0,5 \quad | \quad 0,8 \quad | \quad 1,0$$

$$\xi = 0,13 \quad | \quad 0,14 \quad | \quad 0,16 \quad | \quad 0,20 \quad | \quad 0,29 \quad | \quad 0,96 \quad | \quad 0,98$$

Bei künstlicher Wasserhebung wachsen mit zunehmender Hubhöhe h die Pumpkosten, dagegen genügt für gleiche Förder-

menge ein geringerer Durchmesser d der Leitung, so daß die Baukosten der letzteren mit zunehmender Hubhöhe abnehmen. Die finanziell vorteilhafteste Geschwindigkeit ergibt sich in diesem Falle:

$$v = 1,27 \sqrt[3]{\frac{6 \mu}{M + 7300 SK}}$$

Hierin bezeichnen μ = Anlagekosten pr. 1 m Leitung vom Durchmesser d .

M Anlagekosten des Motors pr. Pferdekraft,

S Stundenzahl des täglichen Betriebs,

K Betriebskosten des Motors pr. Pferdekraft und Stunde
(= ca. 0,06 M.).

Ist hiernach v gefunden, so ergibt sich $z = v - Q$ (Skala rechts), hiernach d und endlich die Hubhöhe nach Formel 4 der Erläuterungen auf der Tafel (s. Beispiel 4 zu Tafel I).

Da d und h vorweg unbekannt sind, so gilt dies auch von μ und M (die Kraft des Motors in Pferdestärken ist $\frac{5 Q 1000 h}{4 \times 75}$).

Man wird daher d versuchsweise annehmen, danach μ und M bestimmen, und nachdem man dann d berechnet hat, μ und M entsprechend verbessern und die Rechnung wiederholen.

Logarithmisch-graphische Tafeln

zur Bestimmung

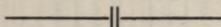
der

Wassermengen und Geschwindigkeiten

in

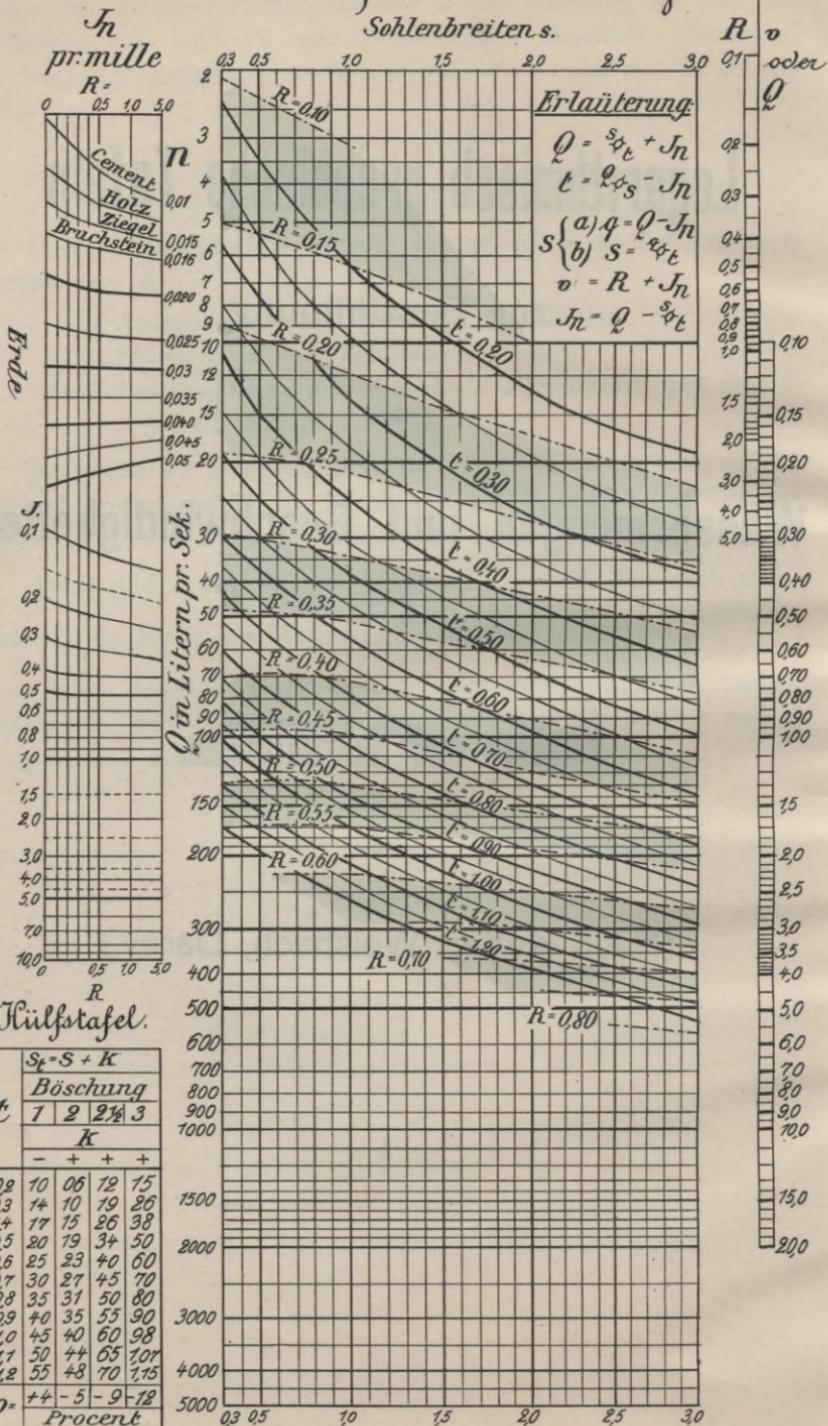
Kanälen und Rohrleitungen.

(Nach Kutter, Weisbach, Darcy.)



I^a Offene Kanäle

mit 1½ facher Böschung
Sohlenbreiten s.



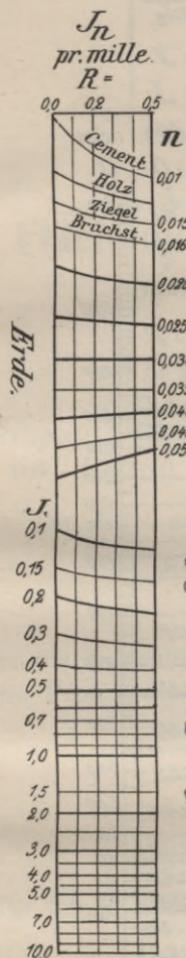
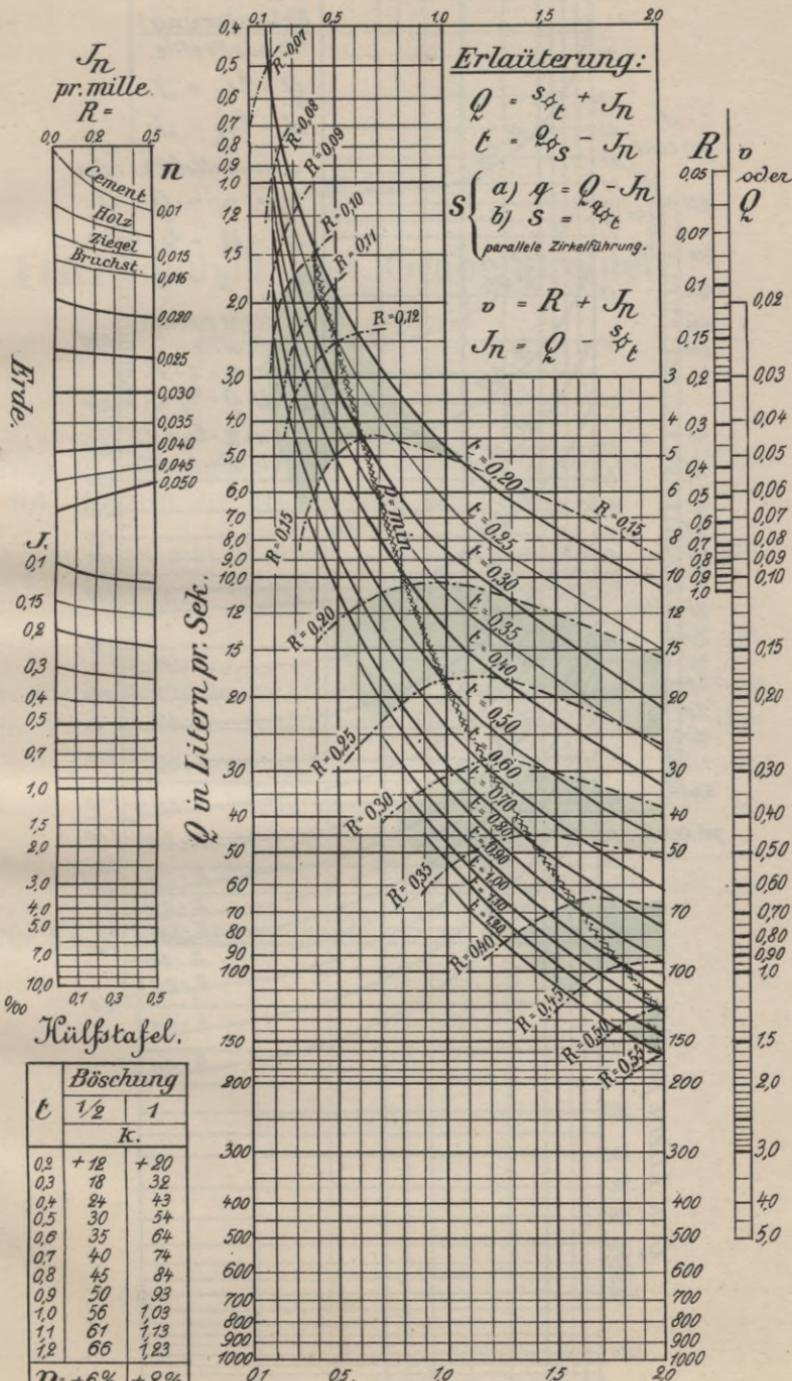
Hilfstafel.

t	$s_t = S + K$				
	Böschung				
	7	2	2½	3	
	K				
	-	+	+	+	
0.2	10	06	12	15	
0.3	14	10	19	26	
0.4	17	15	26	38	
0.5	20	19	34	50	
0.6	25	23	40	60	
0.7	30	27	45	70	
0.8	35	31	50	80	
0.9	40	35	55	90	
1.0	45	40	60	98	
1.1	50	44	65	107	
1.2	55	48	70	115	
v	++	-	-	-	-
	Procent				

I^b Offene Kanäle

mit steilen Wänden

Sohlenbreiten s



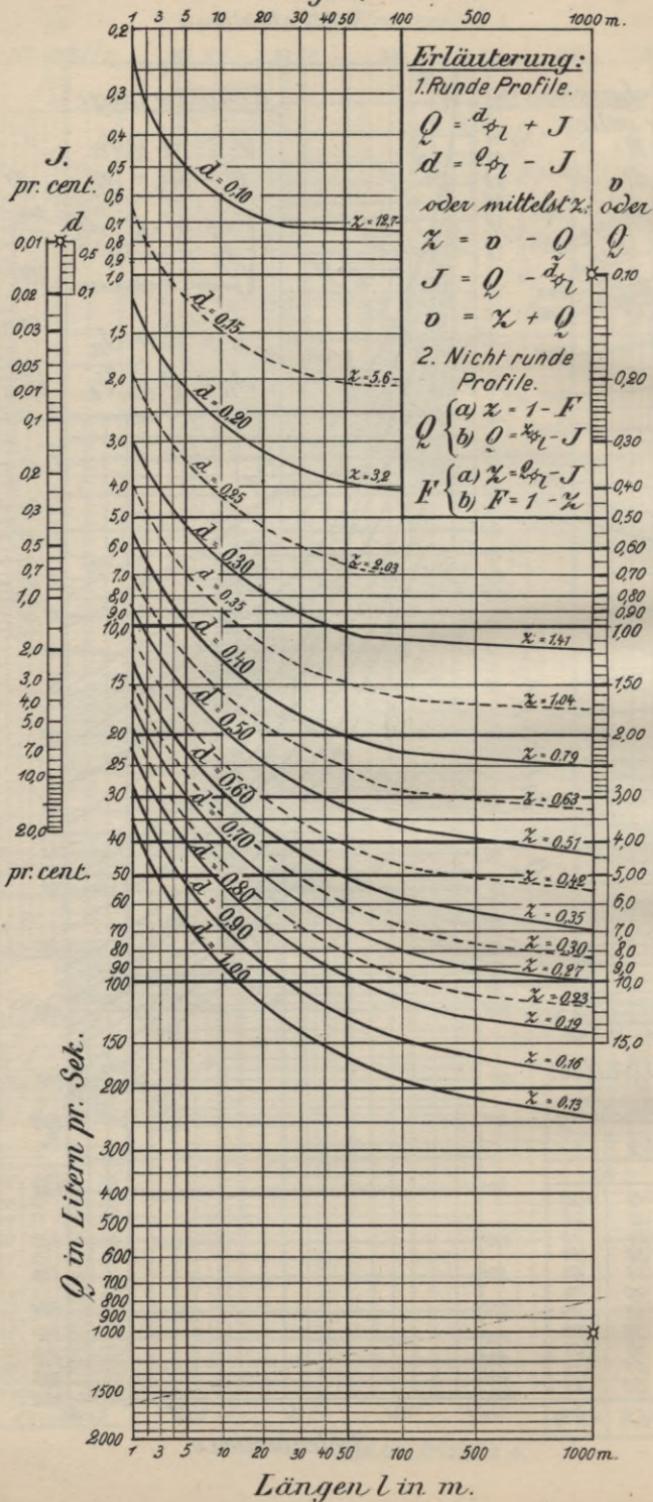
Kühlstafel.

t	Böschung	
	$\frac{1}{2}$	1
	K.	
0,2	+12	+20
0,3	18	32
0,4	24	43
0,5	30	54
0,6	35	64
0,7	40	74
0,8	45	84
0,9	50	93
1,0	56	1,03
1,1	61	1,13
1,2	66	1,23
$D = +6\%$		$+2\%$

Sohlenbreiten s .

II Rohrleitungen.

Längen l in m.



Längen l in m.

Tafel III.

Flächeninhalt von Grabenprofilen.

Beispiel: Böschung 2fach, Grabentiefe $t = 1,04$, Sohlenbreite 0,6. Gesucht der Flächeninhalt des Profils.

Die Tafel gibt a) direkt	2,60 qm,
b) durch Interpolation $4 \times 4,8$.	0,19 "
	<hr/>
	Summa 2,79 qm.

Ist die Sohlenbreite = 1,6 m statt 0,6 gegeben, so entnehme man die Profilfläche für Sohlenbreite 0,6 und addiere $1 \times t$, also:

a) direkter Tafelwert	2,60 qm,
b) Interpolationswert	0,19 "
c) $1 \times t =$	1,04 "
	<hr/>
	Summa 3,83 qm.

Für 2,6 m Sohlenbreite würde $2 t$ zu addieren sein.

Tafel III. Profilflächen.

t	1 fache Böschung				1¼ fache Böschung			
	Sohlenbreite				Sohlenbreite			
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6
0,20	0,10 ⁸	0,12 ⁹	0,14 ¹⁰	0,16 ¹¹	0,11 ⁹	0,13 ¹⁰	0,15 ¹¹	0,17 ¹²
30	0,18 ¹⁰	0,21 ¹¹	0,24 ¹²	0,27 ¹³	0,20 ¹²	0,23 ¹³	0,26 ¹⁴	0,29 ¹⁵
40	0,28 ¹²	0,32 ¹³	0,36 ¹⁴	0,40 ¹⁵	0,32 ¹⁴	0,36 ¹⁵	0,40 ¹⁶	0,44 ¹⁷
50	0,40 ¹⁴	0,45 ¹⁵	0,50 ¹⁶	0,55 ¹⁷	0,46 ¹⁷	0,51 ¹⁸	0,56 ¹⁹	0,61 ²⁰
60	0,54 ¹⁶	0,60 ¹⁷	0,66 ¹⁸	0,72 ¹⁹	0,63 ¹⁹	0,69 ²⁰	0,75 ²¹	0,81 ²²
70	0,70 ¹⁸	0,77 ¹⁹	0,84 ²⁰	0,91 ²¹	0,82 ²²	0,89 ²³	0,96 ²⁴	1,03 ²⁵
80	0,88 ²⁰	0,96 ²¹	1,04 ²²	1,12 ²³	1,04 ²⁴	1,12 ²⁵	1,20 ²⁶	1,28 ²⁷
90	1,08 ²²	1,17 ²³	1,26 ²⁴	1,35 ²⁵	1,28 ²⁷	1,37 ²⁸	1,46 ²⁹	1,55 ³⁰
1,00	1,30 ²⁴	1,40 ²⁵	1,50 ²⁶	1,60 ²⁷	1,55 ²⁹	1,65 ³⁰	1,75 ³¹	1,85 ³²
10	1,54 ²⁶	1,65 ²⁷	1,76 ²⁸	1,87 ²⁹	1,84 ³²	1,95 ³³	2,06 ³⁴	2,17 ³⁵
20	1,80 ²⁸	1,92 ²⁹	2,04 ³⁰	2,16 ³¹	2,16 ³⁴	2,28 ³⁵	2,40 ³⁶	2,52 ³⁷
30	2,08 ³⁰	2,21 ³¹	2,34 ³²	2,47 ³³	2,50 ³⁷	2,63 ³⁸	2,76 ³⁹	2,89 ⁴⁰
40	2,38 ³²	2,52 ³³	2,66 ³⁴	2,80 ³⁵	2,87 ³⁹	3,01 ⁴⁰	3,15 ⁴¹	3,29 ⁴²
50	2,70 ³⁴	2,85 ³⁵	3,00 ³⁶	3,15 ³⁷	3,26 ⁴²	3,41 ⁴³	3,56 ⁴⁴	3,71 ⁴⁵
60	3,04 ³⁶	3,20 ³⁷	3,36 ³⁸	3,52 ³⁹	3,68 ⁴⁴	3,84 ⁴⁵	4,00 ⁴⁶	4,16 ⁴⁷
70	3,40 ³⁸	3,57 ³⁹	3,74 ⁴⁰	3,91 ⁴¹	4,12 ⁴⁷	4,29 ⁴⁸	4,46 ⁴⁹	4,63 ⁵⁰
80	3,78 ⁴⁰	3,96 ⁴¹	4,14 ⁴²	4,32 ⁴³	4,59 ⁴⁹	4,77 ⁵⁰	4,95 ⁵¹	5,13 ⁵²
90	4,18 ⁴²	4,37 ⁴³	4,56 ⁴⁴	4,75 ⁴⁵	5,08 ⁵²	5,27 ⁵³	5,46 ⁵⁴	5,65 ⁵⁵
2,00	4,60 ⁴⁴	4,48 ⁴⁵	5,00 ⁴⁶	5,20 ⁴⁷	5,60 ⁵⁴	5,80 ⁵⁵	6,00 ⁵⁶	6,20 ⁵⁷
10	5,04 ⁴⁶	5,25 ⁴⁷	5,46 ⁴⁸	5,67 ⁴⁹	6,14 ⁵⁷	6,35 ⁵⁸	6,56 ⁵⁹	6,77 ⁶⁰
20	5,50 ⁴⁸	5,72 ⁴⁹	5,94 ⁵⁰	6,16 ⁵¹	6,71 ⁵⁹	6,93 ⁶⁰	7,15 ⁶¹	7,37 ⁶²
30	5,98 ⁵⁰	6,21 ⁵¹	6,44 ⁵²	6,67 ⁵³	7,30 ⁶²	7,53 ⁶³	7,76 ⁶⁴	7,99 ⁶⁵
40	6,48 ⁵²	6,72 ⁵³	6,96 ⁵⁴	7,20 ⁵⁵	7,92 ⁶⁴	8,16 ⁶⁵	8,40 ⁶⁶	8,64 ⁶⁷
50	7,00 ⁵⁴	7,25 ⁵⁵	7,50 ⁵⁶	7,75 ⁵⁷	8,56 ⁶⁷	8,81 ⁶⁸	9,06 ⁶⁹	9,31 ⁷⁰
60	7,54 ⁵⁶	7,80 ⁵⁷	8,06 ⁵⁸	8,32 ⁵⁹	9,23 ⁶⁹	9,49 ⁷⁰	9,75 ⁷¹	10,01 ⁷²
70	8,10 ⁵⁸	8,37 ⁵⁹	8,64 ⁶⁰	8,91 ⁶¹	9,92 ⁷²	10,19 ⁷³	10,46 ⁷⁴	10,73 ⁷⁵
80	8,68 ⁶⁰	8,96 ⁶¹	9,24 ⁶²	9,52 ⁶³	10,64 ⁷⁴	10,92 ⁷⁵	11,20 ⁷⁶	11,48 ⁷⁷
90	9,28 ⁶²	9,57 ⁶³	9,86 ⁶⁴	10,15 ⁶⁵	11,38 ⁷⁷	11,67 ⁷⁸	11,96 ⁷⁹	12,25 ⁸⁰
3,00	9,90 ⁶⁴	10,20 ⁶⁵	10,50 ⁶⁶	10,80 ⁶⁷	12,15 ⁷⁸	12,45 ⁷⁹	12,75 ⁸⁰	13,05 ⁸¹

Tafel III. Profillflächen.

t	1½fache Böschung									
	Sohlenbreiten									
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,20	0,12 ₁₁	0,14 ₁₂	0,16 ₁₃	0,18 ₁₄	0,20 ₁₅	0,22 ₁₆	0,24 ₁₇	0,26 ₁₈	0,28 ₁₉	0,30 ₂₀
30	0,23 ₁₃	0,26 ₁₄	0,29 ₁₅	0,32 ₁₆	0,35 ₁₇	0,38 ₁₈	0,41 ₁₉	0,44 ₂₀	0,47 ₂₁	0,50 ₂₂
40	0,36 ₁₇	0,40 ₁₈	0,44 ₁₉	0,48 ₂₀	0,52 ₂₁	0,56 ₂₂	0,60 ₂₃	0,64 ₂₄	0,68 ₂₅	0,72 ₂₆
50	0,53 ₁₉	0,58 ₂₀	0,63 ₂₁	0,68 ₂₂	0,73 ₂₃	0,78 ₂₄	0,83 ₂₅	0,88 ₂₆	0,93 ₂₇	0,98 ₂₈
60	0,72 ₂₃	0,78 ₂₄	0,84 ₂₅	0,90 ₂₆	0,96 ₂₇	1,02 ₂₈	1,08 ₂₉	1,14 ₃₀	1,20 ₃₁	1,26 ₃₂
70	0,95 ₂₅	1,02 ₂₆	1,09 ₂₇	1,16 ₂₈	1,23 ₂₉	1,30 ₃₀	1,37 ₃₁	1,44 ₃₂	1,51 ₃₃	1,58 ₃₄
80	1,20 ₂₉	1,28 ₃₀	1,36 ₃₁	1,44 ₃₂	1,52 ₃₃	1,60 ₃₄	1,68 ₃₅	1,76 ₃₆	1,84 ₃₇	1,92 ₃₈
90	1,49 ₃₁	1,58 ₃₂	1,67 ₃₃	1,86 ₃₄	1,85 ₃₅	1,94 ₃₆	2,03 ₃₇	2,12 ₃₈	2,21 ₃₉	2,30 ₄₀
1,00	1,80 ₃₅	1,90 ₃₆	2,00 ₃₇	2,10 ₃₈	2,20 ₃₉	2,30 ₄₀	2,40 ₄₁	2,50 ₄₂	2,60 ₄₃	2,70 ₄₄
10	2,15 ₃₇	2,26 ₃₈	2,37 ₃₉	2,48 ₄₀	2,59 ₄₁	2,70 ₄₂	2,81 ₄₃	2,92 ₄₄	3,03 ₄₅	3,14 ₄₆
20	2,52 ₄₁	2,64 ₄₂	2,76 ₄₃	2,88 ₄₄	3,00 ₄₅	3,12 ₄₆	3,24 ₄₇	3,36 ₄₈	3,48 ₄₉	3,60 ₅₀
30	2,93 ₄₃	3,06 ₄₄	3,19 ₄₅	3,32 ₄₆	3,45 ₄₇	3,58 ₄₈	3,71 ₄₉	3,84 ₅₀	3,97 ₅₁	4,10 ₅₂
40	3,36 ₄₇	3,50 ₄₈	3,64 ₄₉	3,78 ₅₀	3,92 ₅₁	4,06 ₅₂	4,20 ₅₃	4,34 ₅₄	4,48 ₅₅	4,62 ₅₆
50	3,83 ₄₉	3,98 ₅₀	4,13 ₅₁	4,28 ₅₂	4,43 ₅₃	4,58 ₅₄	4,73 ₅₅	4,88 ₅₆	5,03 ₅₇	5,18 ₅₈
60	4,32 ₅₃	4,48 ₅₄	4,64 ₅₅	4,80 ₅₆	4,96 ₅₇	5,12 ₅₈	5,28 ₅₉	5,44 ₆₀	5,60 ₆₁	5,76 ₆₂
70	4,85 ₅₅	5,02 ₅₆	5,19 ₅₇	5,36 ₅₈	5,53 ₅₉	5,70 ₆₀	5,87 ₆₁	6,04 ₆₂	6,31 ₆₃	6,48 ₆₄
80	5,40 ₅₉	5,58 ₆₀	5,76 ₆₁	5,94 ₆₂	6,12 ₆₃	6,30 ₆₄	6,48 ₆₅	6,66 ₆₆	6,84 ₆₇	7,02 ₆₈
90	5,99 ₆₁	6,18 ₆₂	6,37 ₆₃	6,56 ₆₄	6,75 ₆₅	6,94 ₆₆	7,13 ₆₇	7,32 ₆₈	7,51 ₆₉	7,70 ₇₀
2,00	6,60 ₆₅	6,80 ₆₆	7,00 ₆₇	7,20 ₆₈	7,40 ₆₉	7,60 ₇₀	7,80 ₇₁	8,00 ₇₂	8,20 ₇₃	8,40 ₇₄
10	7,25 ₆₇	7,46 ₆₈	7,67 ₆₉	7,88 ₇₀	8,09 ₇₁	8,30 ₇₂	8,51 ₇₃	8,72 ₇₄	8,93 ₇₅	9,14 ₇₆
20	7,92 ₇₁	8,14 ₇₂	8,36 ₇₃	8,58 ₇₄	8,80 ₇₅	9,02 ₇₆	9,24 ₇₇	9,46 ₇₈	9,68 ₇₉	9,90 ₈₀
20	8,63 ₇₃	8,86 ₇₄	9,09 ₇₅	9,32 ₇₆	9,55 ₇₇	9,78 ₇₈	10,01 ₇₉	10,24 ₈₀	10,47 ₈₁	10,70 ₈₂
40	9,36 ₇₇	9,60 ₇₈	9,84 ₇₉	10,08 ₈₀	10,32 ₈₁	0,56 ₈₂	10,80 ₈₃	11,04 ₈₄	11,28 ₈₅	11,52 ₈₆
50	10,13 ₇₉	10,38 ₈₀	10,63 ₈₁	10,88 ₈₂	11,13 ₈₃	11,38 ₈₄	11,63 ₈₅	11,88 ₈₆	12,13 ₈₇	12,38 ₈₈
60	10,92 ₈₃	11,18 ₈₄	11,44 ₈₅	11,70 ₈₆	11,96 ₈₇	12,22 ₈₈	12,48 ₈₉	12,74 ₉₀	13,00 ₉₁	13,26 ₉₂
70	11,75 ₈₅	12,02 ₈₆	12,29 ₈₇	12,56 ₈₈	12,83 ₈₉	13,10 ₉₀	13,37 ₉₁	13,64 ₉₂	13,90 ₉₃	14,17 ₉₄
80	12,60 ₈₉	12,88 ₉₀	13,16 ₉₁	13,44 ₉₂	13,82 ₉₃	14,00 ₉₄	14,28 ₉₅	14,56 ₉₆	14,84 ₉₇	15,12 ₉₈
90	13,49 ₉₁	13,78 ₉₂	14,07 ₉₃	14,36 ₉₄	14,65 ₉₅	14,94 ₉₆	15,23 ₉₇	15,52 ₉₈	15,81 ₉₉	16,11 ₁₀₀
3,00	14,40	14,70	15,00	15,30	15,60	15,90	16,20	16,50	16,80	17,10

Tafel III. Profilflächen.

<i>t</i>	2fache Böschung									
	Sohlenbreiten									
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,20	0,14 ₁₃	0,16 ₁₄	0,18 ₁₅	0,20 ₁₆	0,22 ₁₇	0,24 ₁₈	0,26 ₁₉	0,28 ₂₀	0,30 ₂₁	0,32 ₂₂
30	0,27 ₁₇	0,30 ₁₈	0,33 ₁₉	0,36 ₂₀	0,39 ₂₁	0,42 ₂₂	0,45 ₂₃	0,48 ₂₄	0,51 ₂₅	0,54 ₂₆
40	0,44 ₂₁	0,48 ₂₂	0,52 ₂₃	0,56 ₂₄	0,60 ₂₅	0,64 ₂₆	0,68 ₂₇	0,72 ₂₈	0,76 ₂₉	0,80 ₃₀
50	0,65 ₂₅	0,70 ₂₆	0,75 ₂₇	0,80 ₂₈	0,85 ₂₉	0,90 ₃₀	0,95 ₃₁	1,00 ₃₂	1,05 ₃₃	1,10 ₃₄
60	0,90 ₂₉	0,96 ₃₀	1,02 ₃₁	1,08 ₃₂	1,14 ₃₃	1,20 ₃₄	1,26 ₃₅	1,32 ₃₆	1,38 ₃₇	1,44 ₃₈
70	1,19 ₃₃	1,26 ₃₄	1,33 ₃₅	1,40 ₃₆	1,47 ₃₇	1,54 ₃₈	1,61 ₃₉	1,68 ₄₀	1,75 ₄₁	1,82 ₄₂
80	1,52 ₃₇	1,60 ₃₈	1,68 ₃₉	1,76 ₄₀	1,84 ₄₁	1,92 ₄₂	2,00 ₄₃	2,08 ₄₄	2,16 ₄₅	2,24 ₄₆
90	1,89 ₄₁	1,98 ₄₂	2,07 ₄₃	2,16 ₄₄	2,25 ₄₅	2,34 ₄₆	2,43 ₄₇	2,52 ₄₈	2,61 ₄₉	2,70 ₅₀
1,00	2,30 ₄₅	2,40 ₄₆	2,50 ₄₇	2,60 ₄₈	2,70 ₄₉	2,80 ₅₀	2,90 ₅₁	3,00 ₅₂	3,10 ₅₃	3,20 ₅₄
10	2,75 ₄₉	2,86 ₅₀	2,97 ₅₁	3,08 ₅₂	3,19 ₅₃	3,30 ₅₄	3,41 ₅₅	3,52 ₅₆	3,63 ₅₇	3,74 ₅₈
20	3,24 ₅₃	3,36 ₅₄	3,48 ₅₅	3,60 ₅₆	3,72 ₅₇	3,84 ₅₈	3,96 ₅₉	4,08 ₆₀	4,20 ₆₁	4,32 ₆₂
30	3,77 ₅₇	3,90 ₅₈	4,03 ₅₉	4,16 ₆₀	4,29 ₆₁	4,42 ₆₂	4,55 ₆₃	4,68 ₆₄	4,81 ₆₅	4,94 ₆₆
40	4,34 ₆₁	4,48 ₆₂	4,62 ₆₃	4,76 ₆₄	4,90 ₆₅	5,04 ₆₆	5,18 ₆₇	5,32 ₆₈	5,46 ₆₉	5,60 ₇₀
50	4,95 ₆₅	5,10 ₆₆	5,25 ₆₇	5,40 ₆₈	5,55 ₆₉	5,70 ₇₀	5,85 ₇₁	6,00 ₇₂	6,15 ₇₃	6,30 ₇₄
60	5,60 ₆₉	5,76 ₇₀	5,94 ₇₁	6,10 ₇₂	6,26 ₇₃	6,42 ₇₄	6,56 ₇₅	6,72 ₇₆	6,88 ₇₇	7,04 ₇₈
70	6,29 ₇₃	6,46 ₇₄	6,63 ₇₅	6,80 ₇₆	6,97 ₇₇	7,14 ₇₈	7,31 ₇₉	7,48 ₈₀	7,65 ₈₁	7,83 ₈₂
80	7,02 ₇₇	7,20 ₇₈	7,38 ₇₉	7,56 ₈₀	7,74 ₈₁	7,92 ₈₂	8,10 ₈₃	8,28 ₈₄	8,46 ₈₅	8,64 ₈₆
90	7,79 ₈₁	7,98 ₈₂	8,17 ₈₃	8,36 ₈₄	8,55 ₈₅	8,74 ₈₆	8,93 ₈₇	9,12 ₈₈	9,31 ₈₉	9,50 ₉₀
2,00	8,60 ₈₅	8,80 ₈₆	9,00 ₈₇	9,20 ₈₈	9,40 ₈₉	9,60 ₉₀	9,80 ₉₁	10,00 ₉₂	10,20 ₉₃	10,40 ₉₄
10	9,45 ₈₉	9,66 ₉₀	9,87 ₉₁	10,08 ₉₂	10,29 ₉₃	10,50 ₉₄	10,71 ₉₅	10,92 ₉₆	11,13 ₉₇	11,34 ₉₈
20	10,34 ₉₃	10,56 ₉₄	10,78 ₉₅	11,00 ₉₆	11,22 ₉₇	11,44 ₉₈	11,66 ₉₉	11,88 ₁₀₀	12,10 ₁₀₁	12,32 ₁₀₂
30	11,27 ₉₇	11,50 ₉₈	11,73 ₉₉	11,96 ₁₀₀	12,19 ₁₀₁	12,42 ₁₀₂	12,65 ₁₀₃	12,88 ₁₀₄	13,11 ₁₀₅	13,34 ₁₀₆
40	12,24 ₁₀₁	12,48 ₁₀₂	12,72 ₁₀₃	12,96 ₁₀₄	13,20 ₁₀₅	13,44 ₁₀₆	13,68 ₁₀₇	13,92 ₁₀₈	14,16 ₁₀₉	14,40 ₁₁₀
50	13,25 ₁₀₅	13,50 ₁₀₆	13,75 ₁₀₇	14,00 ₁₀₈	14,25 ₁₀₉	14,50 ₁₁₀	14,75 ₁₁₁	15,00 ₁₁₂	15,25 ₁₁₃	15,50 ₁₁₄
60	14,30 ₁₀₉	14,56 ₁₁₀	14,82 ₁₁₁	15,08 ₁₁₂	15,34 ₁₁₃	15,60 ₁₁₄	15,86 ₁₁₅	16,12 ₁₁₆	16,38 ₁₁₇	16,64 ₁₁₈
70	15,39 ₁₁₃	15,66 ₁₁₄	15,93 ₁₁₅	16,20 ₁₁₆	16,47 ₁₁₇	16,74 ₁₁₈	17,01 ₁₁₉	17,28 ₁₂₀	17,55 ₁₂₁	17,82 ₁₂₂
80	16,52 ₁₁₇	16,80 ₁₁₈	17,08 ₁₁₉	17,36 ₁₂₀	17,64 ₁₂₁	17,92 ₁₂₂	18,20 ₁₂₃	18,48 ₁₂₄	18,76 ₁₂₅	19,04 ₁₂₆
90	17,69 ₁₂₁	17,98 ₁₂₂	18,27 ₁₂₃	18,56 ₁₂₄	18,85 ₁₂₅	19,14 ₁₂₆	19,43 ₁₂₇	19,72 ₁₂₈	20,01 ₁₂₉	20,30 ₁₃₀
3,00	18,90 ₁₂₁	19,20 ₁₂₂	19,50 ₁₂₃	19,80 ₁₂₄	20,10 ₁₂₅	20,40 ₁₂₆	20,70 ₁₂₇	21,00 ₁₂₈	21,30 ₁₂₉	21,60 ₁₃₀

Wassermengen

in

Kanälen und Drainagen

sowie

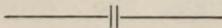
in Rohrleitungen überhaupt

von

Loewe,
Königlicher Landmesser.

Teil II.

Ermittlung der Wassermengen nach dem Niederschlagsgebiete.



I. Abflußkoeffizient.

Ist h die während eines Zeitabschnittes zu erwartende Regenhöhe, F die Fläche des Sammelgebietes eines Flusses, so ist die während des betreffenden Zeitabschnittes auf das Sammelgebiet herniederfallende Wassermenge

$$Q = Fh. \quad (1)$$

Diese Wassermenge gelangt aber nur zum Teil in den Fluß, der größere Teil verdunstet und versickert, und es wird daher die Wassermenge Q mit einem Bruchkoeffizienten k zu multiplizieren sein, um die im Flusse wirklich abzuführende Wassermenge zu erhalten. Diese ist sonach

$$Q = k Fh. \quad (2)$$

Der Koeffizient k ist nun von einer Reihe von Eigenschaften des Niederschlagsgebietes und des Klimas, von der Größe der Niederschläge und ihrer Verteilung auf die Jahreszeiten abhängig und daher selbst in einem und demselben Niederschlagsgebiete nicht konstant, und da vor allen Dingen auch die Niederschläge selbst, sowohl in Bezug auf ihre Dichte, als auf ihre Dauer und zeitliche Verteilung durchaus ungleichmäßige sind, so ist der Wasserstand im Flusse beständigen Schwankungen ausgesetzt. Neben der Frage nach den Wassermengen, welche während eines gegebenen Zeitabschnittes überhaupt in den Fluß gelangen, entsteht daher noch die viel wichtigere Frage nach denjenigen sekundlichen Wassermengen, durch welche während der Abflußperiode die höchsten, mittleren und niederen Wasserstände erzeugt werden. Wir werden im folgenden zunächst die Einflüsse, welche als Faktoren des Abflußkoeffizienten bei der Beurteilung dieser Frage in Rechnung kommen, einer kurzen Besprechung würdigen und sodann versuchen, auf Grund derselben zu einem praktischen Resultat zu gelangen.

2. Faktoren des Abflußkoeffizienten.

a) *Klima.* In Betracht kommt neben den Regenverhältnissen in erster Linie die Temperatur, von welcher die Zeitdauer der Schneeschmelze, die Größe der Verdunstung, schließlich der Trockenheitszustand des Bodens und damit seine Fähigkeit abhängt, größere oder geringere Regenmengen sofort in sich aufzunehmen. Sehr verwickelt wird die Sache bei großen, verschiedene klimatische Gebiete durchschneidenden Flüssen. Der ungleichzeitige Eintritt der Schneeschmelze in den verschiedenen Teilen des Niederschlagsgebietes wird im allgemeinen günstig auf die Gleichmäßigkeit des Wasserabflusses einwirken, indessen kann es doch auch vorkommen, daß Wassermassen, welche wegen wesentlicher Ungleichheit der von ihnen bis zum Fluß zurückzulegenden Wege eigentlich zu verschiedenen Zeiten in eine und dieselbe Flußstrecke gelangen müßten, doch gerade infolge ungleichzeitigen Beginnes der Schneeschmelze daselbst zusammentreffen, was natürlich ein starkes Anschwellen des Flusses zur Folge haben muß. Je nach dem Fortschreiten der erhöhten Frühjahrsstemperatur mit oder gegen den Fluß wird ihr Einfluß auf den Frühjahrswasserstand in demselben ein anderer sein. Die Temperaturverhältnisse wechseln aber von Jahr zu Jahr und sind von meteorologischen Zufälligkeiten abhängig, die sich jeder Vorausbestimmung entziehen. So zeigt schon dieser eine Punkt die Schwierigkeiten, welche der Ableitung der Wasserstände aus den Regenhöhen und der Größe des Sammelgebietes entgegenstehen. Bei großen Strömen hört diese Kunst eigentlich ganz auf. Hier tritt an deren Stelle in jedem einzelnen Falle die Erfahrung, gesammelt auf Grund langjähriger Pegelbeobachtungen, welche an schiffbaren Flüssen niemals fehlen.

Für kleinere Gebiete, welche nicht in verschiedenen klimatischen Zonen liegen, gestaltet sich die Sache schon einfacher, aber auch hier kommt, speziell bei Schätzung der Frühjahrschhochwasser, die Temperatur insofern in Betracht, als der Winter in milderem Klima verhältnismäßig kürzer ist. Die in Form von Schnee und Eis aufgestauten Wassermassen werden hier also unter sonst gleichen Umständen geringere sein, zumal schon während des Winters die Temperatur häufiger unter Null sinken und einen Teil des Schnees zum Abfluß gelangen lassen wird. Andererseits bewirkt die hohe Temperatur in mildem Klima ein schnelleres Schmelzen der erstarrten Niederschläge, es entstehen daher in den Flüssen

oft nicht minder hohe Wasserstände, wie in kälteren Gebieten, jedoch von entsprechend geringerer Dauer.

b) *Bodenart.* Von der Bodenart ist zum Teil die Verdunstung, ganz besonders aber die Versickerung des Wassers, also die dem Flusse entstehenden Wasserverluste abhängig. Je durchlassender der Boden des Sammelgebiets, desto gleichmäßiger sind die Wasserstände, denn das in den Untergrund versunkene Wasser gelangt nur allmählich als Quell- oder Grundwasser in die offenen Wasserläufe. Dieser Einfluß der Versickerung steht indessen nicht im umgekehrten Verhältnisse zum Tongehalte des Bodens. Ein mittelschwerer Lehmboden verhält sich ebenso ungünstig, wie die schwersten Ton- und Letteböden, denn wenn er auch das Wasser etwas leichter eindringen läßt als jene, so doch nicht leicht genug, als daß der Unterschied, im Vergleich zum wesentlich schleunigeren oberirdischen Abfluß, eine wesentliche Rolle spielen könnte. In kahlem, steil abhängendem Fels gelangen die Niederschläge so gut wie vollständig in die Wasserläufe.

Die außerordentliche Wasserkapazität des Moorbodens hat bis in die allerneueste Zeit die Meinung aufrecht erhalten, daß diese Bodenart als vorzüglicher Regulator des Wasserabflusses anusehen sei und daß daher der Austorfung der Moore im Gebirge womöglich durch gesetzgeberische Maßnahmen entgegengearbeitet werden müsse. Nach den Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur haben eingehende Untersuchungen der Abflußmessungen, welche in neuester Zeit ausgeführt wurden (die betr. Nummer der Mitteilungen liegt mir leider gegenwärtig nicht vor), das Unrichtige dieser Ansicht dargetan. Moorflächen liegen eben im allgemeinen in nassen Jahreszeiten so feucht, daß es keines Regens mehr bedarf, um sie bis zur vollen Wasserkapazität zu sättigen, sie *sind* gesättigt und lassen den Regen glatt abfließen, während in trockenen Jahreszeiten der Wasserabfluß ohnehin schon überall auf ein keineswegs erwünschtes Minimum reduziert ist. Daß aber eine auf theoretischen Erwägungen beruhende Hypothese durch die erste praktische Beobachtung so vollständig umgeworfen werden konnte, ist ein treffender Beweis für die Notwendigkeit vergleichender Messungen und Beobachtungen, unter ständiger Berücksichtigung jedes einzelnen der hier und im folgenden berührten Punkte, wenn man der Lösung unserer Frage näher kommen und dieselbe womöglichst soweit klären will, daß an die Stelle der bloßen Schätzung einmal eine wirkliche Rechnung treten kann.

c) *Verteilung der Kulturarten.* Die Pflanzenbedeckung ist von wesentlichem Einfluß auf die Verdunstung. Letztere wird am meisten durch Grasland, am wenigsten, abgesehen von kahlen Flächen, durch Wald gefördert. Dafür ist aber der Wald imstande, durch seine das Wasser schwammartig aufsaugende Streudecke große Wassermassen zurückzuhalten, sowie auch die Versickerung zu befördern, indem das Wasser an den Wurzeln der Bäume entlang den Weg in den Untergrund findet. Weitere Vorteile gewährt er insofern, als er im Frühjahr durch seinen Schatten die Schneeschmelze verzögert und durch seine Wurzeln den Boden befestigt, so daß sich keine den Abfluß fördernde Risse bilden können und das Fortschwemmen von Erdmassen und Geröllen verhindert wird. Der Wald hemmt demnach den Abbruch der Gebirge, verhindert Bergstürze und Murbrüche, verringert die Menge des Geschiebes in den Flüssen der Täler und schützt sie so gegen Stauungen und Vermurungen u. dergl., durch welche die Gleichmäßigkeit des Abflusses so nachteilig beeinflusst wird. Bei andauernden Regenfällen wird sich schließlich die Streudecke des Waldes sättigen und der günstige Einfluß desselben auf einen geregelten Wasserabfluß wird mehr und mehr zurücktreten. Da nun allen großen Überschwemmungen längere Regenperioden vorauszugehen pflegen, so wird man sich hüten müssen, die vom Walde zurückgehaltenen Wassermengen zu überschätzen. Man pflegt dieselben höchstens auf 25 % der gesamten Niederschläge anzunehmen.

Grasländer haben eine ähnliche Wirkung auf den Wasserabfluß, wie Wälder. Auch sie befestigen den Boden, nehmen bedeutende Regenmengen im Rasen und mit den Blättern der Gräser auf und bringen sie zu rascher Verdunstung. Auf Moorwiesen, welche in ihrer stets nassen Lage auch ohne Regen schon bedeutenden Wasserüberfluß haben, trifft dies indessen nicht in gleichem Maße zu. Wo diese Ländereien den Wasserabfluß verzögern, ist dies mehr Folge ihrer an den Rändern erhöhten, im Innern vollständig ebenen Lage, durch welche das Wasser wie in einem Becken zurückgehalten wird.

Seen und Becken der ebenbesprochenen Art sind die vorzüglichsten Regulatoren des Wasserabflusses, da ihr Niveau auch bei starkem Zufluß nur langsam steigt, so daß nur eine verhältnismäßig geringe Beschleunigung des Abflusses erzeugt wird. So ist z. B. im Rhein das Verhältnis der höchsten zu niedrigsten Wasserständen oberhalb des Bodensees 1:70, unterhalb desselben 1:14.

Die Schwankungen des Wasserstandes im St. Lorenzstrom, welcher ausgedehnte Seeflächen durchströmt, betragen nur ca. 0,5 m. Ähnlich ist die Wirkung solcher im Niederschlagsgebiet liegender Seen, welche vom Flusse selbst nicht berührt werden. Sie nehmen die Wasser ihres Sammelgebietes auf, um sie nur ganz allmählich wieder abzugeben.

d) *Die Abdachung.* Je schneller bei starker Neigung der Terrainoberfläche das Wasser abfließt, desto weniger Zeit bleibt zum Verdunsten und Versickern. Die in den Fluß gelangende Wassermenge ist daher in stark geneigtem Terrain unter sonst gleichen Umständen größer als in der Ebene, und, was die Hauptsache ist, die Wasser sammeln und vereinigen sich schneller, so daß in kurzer Zeit große Wassermengen in den Fluß gelangen und ein starkes Anschwellen des Wasserstandes bewirken, während andererseits die Hochwasser sich um so rascher wieder verlaufen.

Südliche Abdachung beschleunigt die Schneeschmelze, erhöht auch die Niederschläge, da die Regenwinde vorzugsweise aus südlicher Richtung kommen (Luvseite der Gebirge, im Gegensatz zur Leeseite, welche ärmer an Niederschlägen ist). Der Einfluß der Terrainneigung überhaupt wird daher durch eine südliche Richtung derselben noch gesteigert.

e) *Die Grösse des Niederschlagsgebietes.* Je weitere Wege die Regenwasser zurückzulegen haben, ehe sie in den Fluß gelangen können, desto allmählicher erfolgt ihre Vereinigung im Flußbette, desto geringer, aber desto andauernder sind also die Hochwasser. In kleinen Gebieten mit kurzen Wegen können Regenmengen, welche in kurzer Zeit herniedergehen, auch entsprechend rasch sich sammeln, hier werden daher durch die Stundenmaxima ($h = 0,04$ m per Stunde) die größten Wasserstände bedingt, während deren Einfluß bei zunehmender Größe des Gebietes mehr und mehr verschwindet, da die in einer Stunde gefallenen Regenmengen sich nicht mehr zum größten Teil schon während der Fallzeit vereinigen können. Dazu haben große Gebiete die Chance, daß sie nur strichweise gleichzeitig von starken Regengüssen berührt werden, welche stets nur lokal auftreten.

Die Länge der Wege wird übrigens nicht allein von der Größe, sondern auch von der Gestalt des Sammelgebietes und von seiner Lage zum Flußlaufe selbst abhängig sein. Je nachdem das Gebiet langgestreckt oder mehr quadratisch ist, je nachdem es in

seiner Längenausdehnung dem Flusse parallel oder quer zu demselben liegt und endlich vom Flusse inmitten durchschnitten oder ungleich geteilt wird, wird die Länge der Wege eine verschiedene sein. Nicht minder kommt in dieser Beziehung das Relief des Niederschlagsgebietes in Betracht, besonders, ob die Neigung in allen Teilen nach dem Fluß hin, oder derartig gerichtet ist, daß das Wasser nur auf Umwegen in den Fluß gelangen kann.

f) *Die Durchfurchung des Flussgebietes.* Ein stark verästeltes Grabnetz beschleunigt den Wasserabfluß. In dieser Hinsicht kommt auch speziell die Länge des Flußlaufes selbst in ihrem Verhältnis zur Größe des Flußgebietes in Betracht, oder mit anderen Worten die schon oben berührte Frage, ob das Sammelgebiet mehr langgestreckt oder quadratisch ist etc.

3. Schätzung des Abflußkoeffizienten.

a) *Frühjahreshochwasser.* Man pflegt anzunehmen, daß die im Laufe des Winters herniedergegangenen erstarrten Niederschläge während der Tauperiode binnen 14 Tagen schmelzen und abfließen. Danach würde sich für eine Winter-Regenhöhe h ein sekundlicher Abfluß $Q = \frac{F h}{14 \times 24 \times 60 \times 60}$ cbm ergeben, oder per qkm (= 1 000 000 qm):

$$Q = 0,83 \text{ cbm.} \quad (3)$$

Diese Wassermenge ist, wie wir eben gesehen haben, noch mit einem Koeffizienten k zu multiplizieren, der in der Regel ein echter Bruch sein wird, weil nicht die ganzen Niederschläge in den Fluß gelangen. Da indessen der Abfluß periodenweise erheblich rascher erfolgt als im Durchschnitt, so kann der Koeffizient k unter Umständen, welche den Abfluß begünstigen (Gebirge), für die höchsten Wasserstände den Wert 1 leicht erheblich überschreiten. Dieser Koeffizient ist also selbst während der nur 14-tägigen Abflußperiode sehr variabel, und es kommt für die Schätzung der höchsten Wasserstände darauf an, das Maximum desselben zu bestimmen. Nun sind aber die oben besprochenen Einflüsse selbst in einem und demselben Gebiete so mannigfaltig wechselnde und zum Teil so unberechenbar, daß es sehr schwer ist, eine allgemein gültige Regel für diese Bestimmung zu geben. Immerhin muß jedoch empfohlen werden, nicht lediglich das allzubunte und darum verwirrende Gesamtbild des Niederschlagsgebietes gleichzeitig auf das Urteil

einwirken zu lassen, sondern jedes Objekt desselben für sich zu betrachten und einzeln zu bewerten, wie man dies ja auch bei jeder anderen Taxe, z. B. bei der Kostenveranschlagung eines Bauwerkes gewöhnt ist, wenn dieselbe zu einem einigermaßen zutreffenden Resultate führen soll. Bei solcher Handhabung der Sache wird der Abflußkoeffizient k als ein Produkt mehrerer Koeffizienten sich darstellen, deren jeder einzeln durch nähere Prüfung der ihn beeinflussenden Verhältnisse zu bestimmen ist. Um für diese Bestimmung einen brauchbaren Anhalt zu geben, dürfte zur Zeit kaum ein anderes Mittel zu denken sein, als die Aufstellung von Koeffizientenskalen, denen die einzelnen Faktoren des Abflußkoeffizienten wenigstens als rohe Durchschnittswerte entnommen werden können. Bestehen solche Skalen erst einmal, so wird es möglich sein, sie im Laufe der Zeit auf Grund vergleichender Beobachtungen zu verbessern. Es ist daher im folgenden ein dahin gehender Versuch gemacht worden. Dazu ist neben den wenigen allgemein gehaltenen Angaben verschiedener Lehrbücher besonders eine Formel von *Cramer* benutzt worden, welche sich (nach *Tolkmitt*, Wasserbaukunst) verhältnismäßig großen Vertrauens erfreuen soll. Danach ist die sekundliche Hochwassermenge deutscher Flüsse bei einer Größe F (qkm), des Niederschlagsgebietes und einer Durchschnittsneigung α desselben, sowie bei einer durchschnittlichen jährlichen Regenhöhe h :

$$Q = \frac{80 \mu F h \sqrt[3]{\sin \alpha}}{9 + \sqrt[3]{\mu F h}} \quad (4a)$$

Hierin ist gewöhnlich $\mu = 1$, wird indessen ein See mit dem Flächeninhalte f und dem Niederschlagsgebiete F^1 durchströmt oder liegt ein solcher wenigstens innerhalb des Sammelgebietes, so ist

$$\mu = 1 - \sin \left(\text{tang } 18 \frac{f}{F^1 h} \right) \quad (4b)$$

Diese Formel nimmt keine Rücksicht auf die Bodenarten im Flußgebiete. In sehr großen Gebieten gleichen sich am Ende die Einflüsse der verschiedenen Bodenarten im allgemeinen wohl einigermaßen aus, sodaß dieser Mangel hier nicht allzuschwer ins Gewicht fallen mag; in kleinen Gebieten dagegen, wie sie den Kulturtechniker

interessieren, sind sie von vorwiegender Bedeutung und können ganz unmöglich außer acht gelassen werden. Durch Aufstellung der in Spalte 1 der folgenden Tabelle gegebenen Koeffizientenskala habe ich daher versucht, die Formel, welche übrigens bei Anwendung dieser Tabelle in der einfachen Form der folgenden Gleichung ⁽⁵⁾ erscheint, den üblichen Angaben der Lehrbücher näher zu bringen. Für die Berechnung der Koeffizienten in Spalte 2

ist statt der 3. Wurzel $\sqrt[3]{\sin \alpha}$ die 4. Wurzel eingeführt, weil ich fand, daß diese sich eben diesen Angaben besser anschmiegt. Spalte 3 gibt die Werte $\frac{10}{9 + \sqrt{F}}$, — (s. den Nenner obiger Formel),

in welchem h unter dem Wurzelzeichen bei der Berechnung der Skala unberücksichtigt geblieben ist, weil die 3. Wurzel der jährlichen Regenhöhen im Mittel = 1 gesetzt werden können, kleinere Schwankungen aber im Vergleich zur Konstanten 9 nicht sehr ins Gewicht fallen, schließlich auch durch entsprechenden Ansatz der Koeffizienten in Spalte 1 zum Ausgleich kommen, insofern mit den Gebirgsbodenarten (Fels) auch die höheren Gebirgsniederschläge gewissermaßen verbunden sind. — Ähnlich ist auch in dem Ausdruck für μ die Regenhöhe h bei Berechnung der Skala 4 nur insoweit berücksichtigt, als von den beiden dort angegebenen Werten der größere für Gebirgsgegenden mit größeren, der kleinere für die Ebene mit kleinen Niederschlägen gilt. Für mittelgroße Regenhöhen, Hügel-land, Küste, ist zu interpolieren. Endlich hielt ich es, mit Rücksicht auf die überwiegende Bedeutung der Frühjahrshochwasser, für zweckmäßig, statt der durchschnittlichen *jährlichen* die durchschnittliche Winterregenhöhe einzuführen und dafür die Koeffizienten in Spalte 1 entsprechend zu modifizieren.

Die Formel für Hochwassermengen erhält nun unter Anwendung dieser Koeffizientenskalen folgende Form:

$$Q = k_1 k_2 k_3 k_4 F h. \quad (5)$$

Die Koeffizienten k_1 bis k_3 sind der Tabelle direkt zu entnehmen, $k_4 = 1 - \frac{F^1}{F} \mu$ ist nach Entnahme von μ zu berechnen, F ist in qkm, h in m auszudrücken und der Regenkarte zu entnehmen.

Je nach den sonstigen, in der Tabelle nicht zum Ausdruck gebrachten Eigenschaften des Niederschlagsgebietes können die

Koeffizienten in Spalte 1 etwas höher oder niedriger genommen werden, als die Tabelle sie angibt.

Koeffizientenskalen.

k_1	Höchste Wasser	Sommer- Hochwasser	k_2		k_3		$k_4 = 1 - \mu \frac{F^1}{F}$		
			Ge- fälle %	k_2	F qkm	k_3	$\frac{f}{F^1}$	Ebene	Ge- birge
1	a	b	2		3		4		
Kahler Fels, südlich abgedacht	5,5	3,5	0,2	0,20	1	1,0	0,005	0,05	0,09
Kahler Fels, nördlich abgedacht	5,0	3,05	0,5	0,27	2	0,97	0,01	0,10	0,17
Fels, bewaldet	4,5	2,50	1,0	0,32	3	0,95	0,02	0,17	0,34
Lehm, in Bete geackert	4,5	2,75	2,0	0,36	4	0,93	0,03	0,25	0,47
Desgl. eben	4,25	2,5	3,0	0,40	5	0,91	0,04	0,34	0,57
Sand, Wiesen in ebener Lage	3,75	2,3	4,0	0,44	10	0,90	0,05	0,40	0,64
Desgl. bewaldet	3,0	2,0	5,0	0,47	20	0,86	0,06	0,47	0,72
			10	0,56	30	0,82	0,07	0,51	0,78
			20	0,67	40	0,80	0,08	0,55	0,81
			30	0,72	125	0,70	0,09	0,60	0,85
			40	0,77	300	0,65	0,10	0,64	0,87
			50	0,82					
			100	0,92					

Beispiel: Ein 50 qkm großes Flußgebiet enthält 3 qkm bewaldete Sandflächen, 22 qkm sandigen, 25 qkm lehmigen Boden, dann findet man nach der Tabelle als größte zu erwartende Frühjahrshochwassermenge

$$k_1 = \frac{3 \times 3,0 + 22 \times 3,75 + 25 \times 4,5}{50} = 4,1.$$

Das Terraingefälle betrage nach Ausweis des Meßtischblattes auf 35 qkm durchschnittlich 0,5 %, auf 15 qkm 2 %, so ist

$$k_2 = \frac{35 \times 0,27 + 15 \times 0,36}{50} = 0,3.$$

Für $F = 50$ liefert die Tabelle:

$$k_3 = 0,78.$$

Im Flußgebiete liege ein See von $f = 1$ qkm mit einem Sammelgebiete von $F^1 = 20$ qkm, dann gibt die Tabelle für

$\frac{f}{F^1} = 0,05$ und für ebenes Gelände: $\mu = 0,40$, also

$$k_4 = 1 - \frac{F^1}{F} \mu = 1 - \frac{20}{50} \times 0,40 = 0,84.$$

Die Regenhöhe der 4 Wintermonate betrage

$$h = 0,13 \text{ m,}$$

so ist

$$Q_{\text{sec}} = 4,1 \times 0,3 \times 0,78 \times 0,84 \times 50 \times 0,13 = 5,24 \text{ cbm}$$

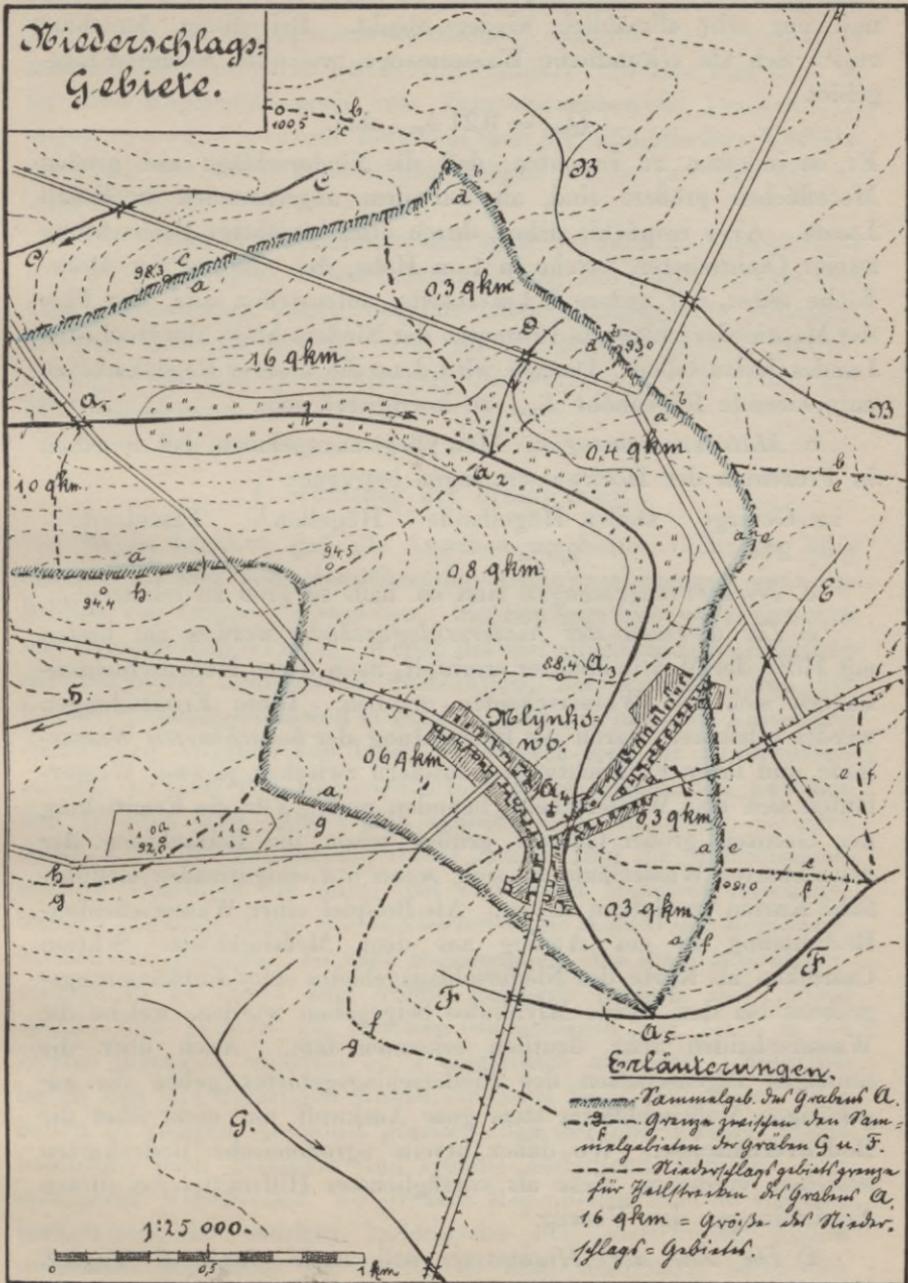
oder pro qkm:

$$q_{\text{sec}} = 0,101 \text{ cbm} = 101 \text{ l.}$$

b. *Sommerhochwasser*. Wenn nach längerer Regenperiode das Erdreich und die Luft mit Wasser gesättigt, alle Reservoirs gefüllt sind, so können bei weiter andauernden Niederschlägen auch im Sommer Niederschläge entstehen, welche den Frühjahrshochwassern nicht nachstehen. Solche Vorkommnisse sind indessen selten und versteht man unter Sommerhochwasser im allgemeinen nicht die höchsten, sondern *mittlere* Sommerfluten, wie sie für manche Bauwerke (Entwässerungsgräben, Sommerdeiche usw.) in Frage kommen. Je höher die Schäden einer Sommerüberflutung je nach Kulturart und Kulturzustand des Geländes sich stellen, um so höhere Kosten wird man aufwenden dürfen, um auch höhere bzw. die höchsten Sommerfluten unschädlich zu halten. Darüber hat die Rentabilitätsberechnung zu entscheiden. Jedenfalls wird man einen Maßstab für die Sommerhochwasser in den maximalen Monatsregenhöhen zu suchen haben, welche statt der Winterregenhöhen in obige Formel einzusetzen sind. Indessen ist im Sommer, abgesehen von dem oben angedeuteten Falle, in welchem die höchsten Sommerfluten entstehen, der Boden für die Aufnahme von Wasser viel geeigneter, Pflanzen und Luft zur Beförderung der Verdunstung viel fähiger als im Frühjahr und man wird daher statt der Koeffizienten in Spalte 1a die kleineren der Spalte 1b einsetzen dürfen, welche indessen, je nach der Sicherheit, welche man gegen Sommerüberflutungen anstrebt, eventuell zu erhöhen sein werden.

Hat man Grund, außergewöhnliche Ereignisse, Wolkenbrüche, zu berücksichtigen, so wird man mit einer Niederschlagshöhe von 8 cm binnen ca. 2 Stunden zu rechnen haben, jedoch annehmen können, daß sich so starke Regenfälle gleichzeitig über eine Fläche von mehr als 20 qkm nicht erstrecken.

Bei *Moorentwässerungen* wird in der Regel auf Grund allgemeiner Erfahrung angenommen, daß der Hauptentwässerungskanal genügt, wenn er die maximalen Niederschläge eines Monats binnen 2 Monaten abzuführen vermag. Im Frühjahr ist nämlich ein zeitweiliges Anschwellen des Wasserstandes im Moor von keinem Nachteil, in trockener Jahreszeit aber nicht zu erwarten,



weil dann der verhältnismäßig trockene Moorboden vermöge seiner außerordentlichen Wasserkapazität das Wasser in sich aufnimmt und nur sehr allmählich wieder abgibt. Bei dieser Annahme ergibt sich als sekundliche Wassermenge pro qkm Niederschlagsgebiet

$$Q_{\text{sec}} = 0,21 h_{\text{max}} \text{ cbm.}$$

Es ist indessen zu beachten, daß die Niederschläge auf großen Moorflächen größere sind, als auf dem angrenzenden trockenen Lande. *Krey* empfiehlt daher, durch etwa einjährige Beobachtung zweier Ombrometer, welche in 1 m Höhe, der eine auf der Moorfläche selbst, der andere 2 km abseits, aufzustellen sind, das Plus der Moorniederschläge in Prozenten der Niederschläge des trockenen Landes festzustellen. Danach wird dann die unserer Regenkarte zu entnehmende Regenhöhe h_{max} zu korrigieren sein.

c. *Mittelwassermengen.* Man pflegt anzunehmen, daß dieselben in Prozenten der Hochwassermengen betragen:

im Gebirge	steilen Hügellande	Hügellande	Flachlande
2%	2,5%	3%	5%

d. *Niederwassermengen* sind ca. halb so groß zu schätzen.

e. *Die Grenzen des Niederschlagsgebietes* werden am besten mit Hilfe der Meßtischblätter ermittelt, nach deren Höhenschichtenkurven sich die Wasserscheiden ergeben. Diese Ermittlungen werden erleichtert durch die Betrachtung der *benachbarten* Wasserläufe und ihrer Flußrichtungen, insofern zwischen je zwei Wasserläufen sich eine Wasserscheide befinden muß. Für die Ermittlung der Grenzen großer Gebiete genügt schon die Betrachtung der benachbarten Wasserläufe an sich, wenn nur einigermaßen ausführliche Karten zu Gebote stehen. Als Beispiel einer Wasserscheiden-Bestimmung ist ein Auszug aus dem Meßtischblatte Sektion Czarnikau als Karte des Niederschlagsgebietes eines Entwässerungsgrabens bei dem Dorfe Mlynkowo beigegeben worden, welche die Wasserscheiden sehr deutlich erkennen läßt. Auch über die sonstigen Eigenschaften des Niederschlagsgebietes geben die zugehörigen Meßtischblätter stets gute Auskunft, nur nicht über die Bodenverhältnisse. Wo daher bereits agronomische Bodenkarten bestehen, verdienen diese als vorzüglichstes Hilfsmittel bei diesen Ermittlungen den Vorzug.

f) *Die Zeit der Hochwasser* soll nach *Gerhard (Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik)* beginnen, wenn die Temperatur auf $2,5^{\circ} \text{ C.}$ gestiegen ist. Aus den in den Regenkarten gegebenen

roten Kurven ist ersichtlich, wann dieser Temperaturpunkt in den einzelnen klimatischen Gebieten im allgemeinen zu erwarten ist. Da auch die Temperaturverhältnisse späterer Jahreszeiten in mancher Beziehung für den Kulturtechniker von Interesse sind, so ist dem Regenatlas noch eine Temperaturübersicht Deutschlands angehängt. Ein weiteres Eingehen auf die klimatischen Verhältnisse der einzelnen klimatischen Gebiete würde uns indessen zu weit führen.

Die Dauer der Hochfluten soll nach *Gerhard* im Durchschnitt 6 Wochen betragen. Diese Schätzung mag für große, in verschiedenen klimatischen Zonen liegende Niederschlagsgebiete zutreffen. Kleinere Gewässer stehen, wenn die mittlere Temperatur auf 8° gestiegen ist, nach Beobachtungen des Verfassers stets schon auf Mittelwasserstand.

4. Schätzung der Drainwasser.

Es ist bekannt, daß die Angaben namhafter Techniker über die pro ha und Sek. abzuführenden Drainwassermengen ganz erheblich von einander abweichen. Sie bewegen sich etwa zwischen den Grenzen 0,35 – 1,00 l. Wegen der fast allgemeinen Verbreitung der bekannten schlesischen Instruktion, herausgegeben von der Königl. Generalkommission in Breslau, sind die in dieser Anweisung enthaltenen Angaben von Interesse, wonach sich die Drainwassermengen je nach den Regenverhältnissen im allgemeinen zwischen den Grenzen 0,65 – 0,80 l (für schlesische Verhältnisse) bewegen sollen. Bei der Ermittlung dieser Zahlen sind die Winterniederschläge (Dezember bis März) und maximalen Monatsniederschläge, letztere dividiert durch die durchschnittliche Anzahl der Regentage, in Betracht gezogen. Es wird angenommen, daß die Winterniederschläge in 14 Tagen zum Abfluß gelangen müssen, daß jedoch sowohl von Winter- wie Sommerniederschlägen nur 50 % in die Drains gelangen, während 50 % oberirdisch abfließen. Natürlich lassen sich alle derartigen Annahmen stets leicht anfechten. Wir haben im vorigen Abschnitt gesehen, daß der oberirdische Abfluß besonders nach Bodenart und Gefälle bedeutend variiert. Für schlesische Verhältnisse, wo größere Regenhöhen nur im Gebirge vorkommen, in welchen andererseits der oberirdische Abfluß wesentlich begünstigt ist, dürfte es wohl überflüssig sein, den größeren Regenhöhen entsprechend auch größere Drainwassermengen anzunehmen. Auch sagt *Nielsen* wohl nicht mit Unrecht, daß

die Berücksichtigung der Sommerniederschläge vollständig zwecklos sei, da eine Drainleitung, welche den Anforderungen der Frühjahrsentwässerung gewachsen ist, zweifellos auch im Sommer sicher sei. So scheinen denn die Vorschläge, welche *Nielsen* für die Bestimmung der Wasserführung pro ha und Sek. macht, noch am plausibelsten, jedenfalls aber als sehr beachtenswert. Derselbe nimmt an, daß folgende Prozente der in den 4 Monaten Dezember bis März als Schnee und Eis angestauten Niederschläge während der Tauperiode, d. i. binnen 14 Tagen, abzuführen sind, daß dagegen die Sommerniederschläge außer Betracht bleiben können:

Terrainneigung	0—2%	2—8%	8—14%	14—20%	darüber
Abflußmenge	50%	45%	40%	35%	30%

Zugleich fügt er hinzu, daß diese Zahlen je nach der Bodenart noch zu modifizieren sein werden. Wir haben nun oben gesehen, daß bei einer in 14 Tagen abfließenden Wassermenge von 1 m Höhe ein sekundlicher Abfluß von 0,83 cbm pro qkm, d. i. von 8,3 l pro ha entsteht (s. Gl. (3)). Multipliziert man daher die obigen Prozente mit 0,083, so erhält man diejenigen Koeffizienten, mit denen die Winterregenhöhe h zu multiplizieren ist, um den sekundlichen Abfluß pro ha in Litern zu erhalten. Indem wir diese Multiplikation ausführen und zugleich die angegebenen Prozente nach den Hauptbodenarten etwas modifizieren, erhalten wir die folgenden Koeffizienten, welche mit h multipliziert die Abflußmenge pro ha ergeben:

Terrainneigung	0—2%	2—8%	8—14%	14—20%	darüber	
Abfluß- koeffizienten	{ Sand { Lehm	5,5 4,2	5,0 3,8	4,5 3,4	4,0 3,0	3,3 2,4

Beispiel für Posen mit $h = 0,12$ (s. die Regenkarte): Die Wasserführung pro ha ergibt sich in ebener Lage

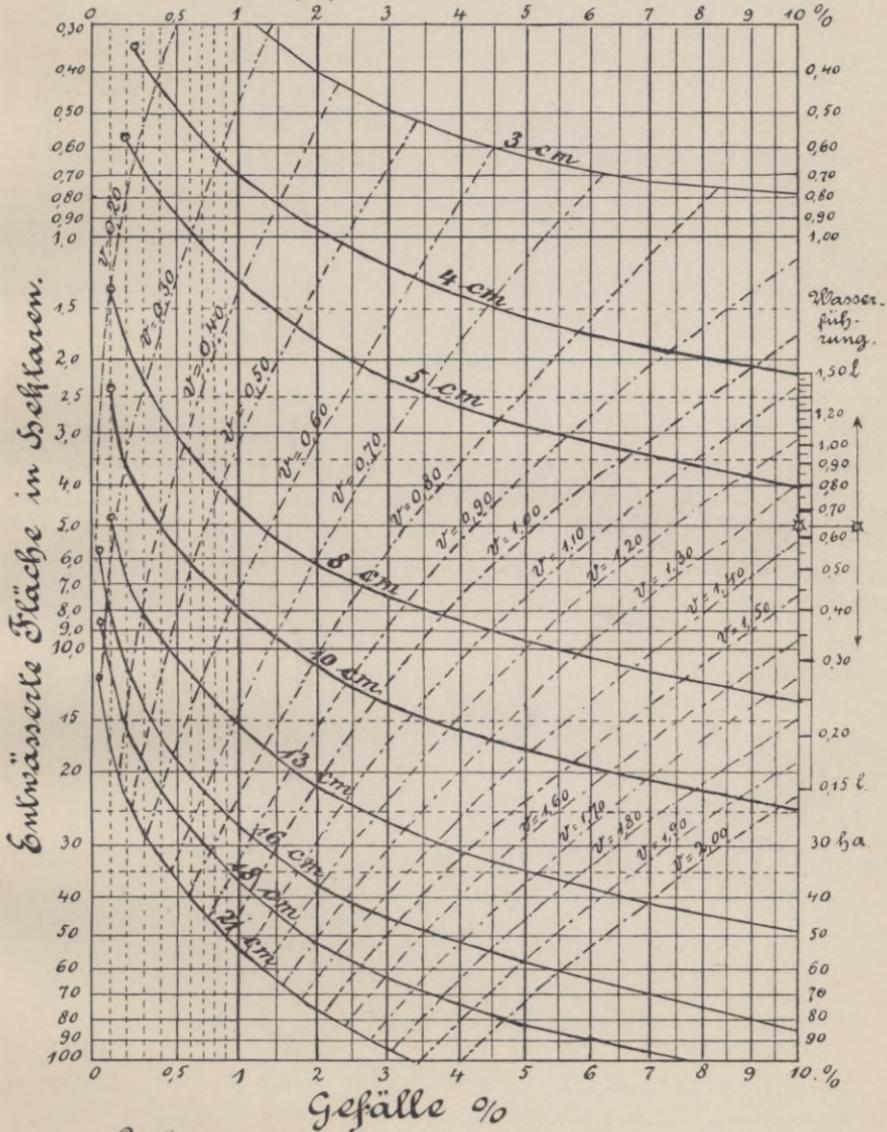
- a) für Sandboden $Q = 5,5 \times 0,12 = 0,66$ l
 b) für Lehmboden $Q = 4,2 \times 0,12 = 0,50$ l.

Es ergeben sich hiernach für verschiedene Verhältnisse sehr variierende Zahlen und man braucht sich nicht zu wundern, wenn die von verschiedenen Technikern an deren Stelle angegebenen *konstanten* Werte so erheblich verschieden sind. Sie beruhen auf Erfahrungen, welche in verschiedenen Gegenden gesammelt wurden.

Will man nach Maßgabe dieser Ausführungen mit örtlich *wechselnden* Wasserführungen rechnen, so ist es wünschenswert,

Tafel

zur Bestimmung des Röhrenkalibers
für eine Abflussmenge von 0,65 l. pr. ha.
Gefälle %



Erläuterung.

Wasserführung von 0,65 aus abgreifen und in der Pfeilrichtung von der Kaliberkurve aus abtragen.



eine Tabelle zu besitzen, nach welcher sich die Drainrohrweiten für jede beliebige Wasserführung leicht bestimmen lassen. Solche Tabelle ist hier gegeben. Sie beruht auf dem logarithmischen Prinzip des Rechenschiebers. Die Haupttafel gibt unmittelbar die Geschwindigkeiten v für die verschiedenen Gefälle und Röhrenkaliber, sowie die entwässerten Flächen F für eine Wasserführung von 0,65 l pro ha. Ist F für irgend eine andere Wasserführung zu bestimmen, so nehme man den entsprechenden Abschnitt der Skala „Wasserführung“, von der Marke 0,65 aus abgreifend, in den Zirkel und trage ihn in der Pfeilrichtung von der betreffenden Kaliberkurve aus auf der in Betracht kommenden Gefällslinie ab. Die so gefundene F -Linie gibt die entwässerte Fläche.

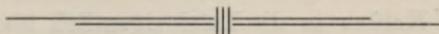
Da die häufige Benutzung des Zirkels das Papier angreift, so kann man besser die Skala „Wasserführung“ auf einen Streifen Karton zeichnen und die Abtragung des betreffenden Skalenabschnittes durch Anlegen dieser Skala bewirken. Der Skalenpunkt 0,65 wird zu dem Ende auf die Kaliberkurve aufgelegt und die F -Linie in dem der betreffenden Wasserführung entsprechenden Skalenpunkt der Kartonskala abgelesen.

Drainbewässerungen erfordern bisweilen eine größere Wasserführung als 1,5 l, womit die Wasserführungsskala abschließt. Man dividiere dann die gegebene Wasserführung und sodann die damit gefundene Fläche F durch 10. Z. B. erhält man für die Wasserfläche 1,5 l bei einem Gefälle von 1% für das 10 cm-Kaliber, wenn man die Wasserführungsmarke 1,5 benutzt, $F = 3,5$ ha, und bei Benutzung der 10 mal kleineren Wasserführungsmarke 0,15: $F = \frac{35}{10} = 3,5$ ha.

Da nach der schlesischen Instruktion die Länge der Sauger nicht über 150 m hinausgehen soll, so erscheint die Aufnahme der 3- und 4 cm-Kaliber in die Tafel eigentlich überflüssig.*) Die genannte Vorschrift dürfte indessen für die in derselben Instruktion vorgeschriebene Querdrainage durch nichts zu motivieren sein. Veranlassung zu derselben hat wohl eine in gewissen Fällen der *Längsdrainage* gemachte Erfahrung gegeben. Wo nämlich in wasserführenden Adern und Schichten ein starker Andrang des Grundwassers stattfindet, hat sich die häufige Einlegung *quer* zum

*) Das 3 cm-Kaliber soll nach der schlesischen Instruktion nicht mehr angewandt werden, wird aber noch von manchen Technikern bei Längsdrainagen benutzt und mußte daher ebenfalls in die Tafel mit aufgenommen werden.

Gefälle liegender Sammler, mithin eine Abkürzung der Sauger als vorteilhaft erwiesen. In anderen Verhältnissen, und zumal bei Querdrainage, hat eine solche Maßnahme keinen Sinn, sofern nicht Gründe anderer Art, als Abnahme des Gefälles, Wechsel der Strangentfernungen etc. dazu nötigen. Es ist daher, wo man nicht an die genannte, nun einmal bestehende Vorschrift gebunden ist, schwerlich dagegen etwas zu erinnern, daß die Saugertängen nach der durch das 4 cm-Kaliber zu entwässernden Fläche bestimmt werden, wie dies in der Tat von vielen Technikern geschieht. Danach wird sich für die Sauger eine je nach den bestehenden Verhältnissen wechselnde Maximallänge ergeben, welche im allgemeinen erheblich größer als 150 m ist, bei großen Strangentfernungen und geringem Gefälle aber auch bisweilen kleiner ausfallen kann, sodaß unter solchen Verhältnissen jedenfalls zu prüfen sein wird, ob die zugelassene Maximallänge von 150 m sich nicht etwa schon als zu groß erweist. Es drängt sich uns hier eine treffende Bemerkung *Nielsen's* auf, mit welcher es gestattet sei, dies Kapitel zu schließen. *Nielsen* geißelt die übertriebene Bevormundung des Technikers mit folgenden sehr bemerkenswerten Worten: „Auf eine solche amtliche Anweisung den ausführenden Techniker zu verpflichten, heißt nichts anderes, als ihn in seiner wissenschaftlichen und praktischen Tätigkeit zu lähmen, sowie die reine Schablonenarbeit zu begünstigen. Auch ist eine solche bürokratische Bevormundung wissenschaftlich gebildeter Leute wenig geeignet, dieselben zu weiteren Forschungen auf dem keineswegs abgeschlossenen wichtigen Meliorationsgebiet der Entwässerung anzuregen.“



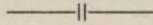
Regen-Atlas

von

== Deutschland ==

nebst

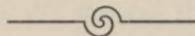
Temperaturübersicht.



Benutzte Literatur:

- Hellmann:* Regenkarten der preußischen Provinzen.
 " Regenverhältnisse Deutschlands (Meteorolog.
 Zeitschrift 1886).
van Beber: Die Niederschlagsverhältnisse Deutschlands.
Schreiber: Das Klima des Königreichs Sachsen.
Moldenhauer: Geographische Verteilung der Niederschläge
 im nordwestlichen Deutschland.
Thiele: Landwirthshaftliche Klimatographie Deutsch-
 lands.

Ferner die meteorologischen Aufzeichnungen der
 meisten deutschen meteorologischen Institute.



Erläuterungen.

Die den schwarzen Kurven — Isohyeten — beige-schriebenen Zahlen bezeichnen die Regenhöhen der vier Wintermonate Dezember bis ^{Januar} in cm.

Die durchschnittlichen Regenhöhen der einzelnen Monate sind in Prozenten der Winterregenhöhen in den Tabellen „Monatsprozente“ gegeben, welche, soweit der Platz es zuließ, auf den Karten selbst, im übrigen auf folgender Seite enthalten sind. Beispiel für Görlitz, durchschnittliche Regenhöhe des Juli: a) Winterregenhöhe nach der Karte = 17 cm. Die folgende Tabelle gibt unter „Schlesien“ für eine Winterregenhöhe von 12–20 cm die Regenhöhe des Juli = 58 % der Winterregenhöhe, mithin b) Juli-Regenhöhe $0,17 \times 0,58 = 10$ cm.

Die in Vierecke eingeschlossenen Zahlen, welche sich vereinzelt auf den Karten finden, bezeichnen die maximalen Monatsregenhöhen längerer Beobachtungsreihen.

Über die Bedeutung der roten Kurven s. S. 13/14 ^{38 auf f.} und die Erläuterung zum Anhang des Regenatlas.

Aus der folgenden Tabelle ergibt sich, daß nicht nur die Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Jahreszeiten, sondern auch die Regenmenge an sich wesentlich durch die Höhenlage (und die Lage zum Meere) bedingt ist. Wenn ein dunstgesättigter Luftstrom durch eine Bergwand genötigt wird, aufwärts in kältere Luftschichten zu steigen, so ist eine Kondensation der Wasserdämpfe die notwendige Folge. Da die meisten Regenwinde aus Süden bis Westen kommen, so sind die Niederschläge an der

Monatsprocente.

Distrikt	Winter	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
Schlesien	12—20	23	22	27	32	40	58	58	52	37	30	30	27	436
	20—25	23	23	28	29	35	47	47	43	35	29	29	26	394
	25—35	24	23	27	28	30	35	35	34	33	27	27	26	349
Pommern		25	23	22	29	31	43	49	49	36	32	33	30	402
Mecklenburg		24	23	22	24	30	42	50	43	34	28	28	31	379
Schleswig														
a) Nordsee		26	21	19	24	23	31	33	40	52	43	34	34	380
b) Ostsee		25	21	20	21	26	34	35	41	44	33	33	34	367
Hannover	20	25	21	24	23	27	39	37	40	37	29	29	30	361
	25	23	23	24	23	26	37	38	38	33	27	28	30	350
	30	22	24	25	23	25	34	39	36	28	25	26	29	336
Rheinland	15—20	27	22	23	27	35	40	44	39	30	33	32	28	380
Westfalen	20—25	26	23	22	25	31	36	38	36	28	30	30	29	354
Hessen	25—30	25	23	23	24	28	34	35	32	26	28	28	29	335
Württemberg	15—20	25	21	28	28	38	45	43	47	33	31	32	26	397
	20—25	24	22	27	26	33	38	36	38	27	27	23	26	363
	25—30	24	22	27	24	27	30	30	30	25	24	24	26	314
Baden	15—20	22	22	27	33	46	42	42	46	33	44	42	30	429
	20—25	23	23	26	30	40	35	35	40	30	38	36	28	384
	25—30	25	23	25	26	33	28	28	33	26	31	30	27	335
Elsaß-Lothringen	15—25	27	21	26	28	39	40	39	38	33	31	31	26	379
	25—35	28	21	26	24	31	32	31	30	26	27	27	25	328
	darüber	29	21	26	20	23	24	23	22	20	22	23	24	277

Südwestseite der Gebirge am größten (Luvseite), an der Nordostseite derselben am geringsten (Regenschattenseite), weil die Luft beim Überschreiten des Gebirges ihre Feuchtigkeit abgegeben hat. So sieht man auf der Karte der

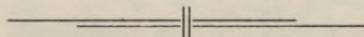
Provinz Sachsen die Regenmengen in nordöstlicher Richtung vom Harz, etwa bis Anhalt, rasch abnehmen, von hier aus weiter nördlich nach dem Meere zu langsam steigen. Dieselbe Erscheinung zeigt sich bei allen anderen Gebirgen (siehe die Karte von Schlesien, Elsaß-Lothringen [Vogesen, Schwarzwald] etc.).

Außergewöhnliche Niederschläge während 24 Stunden sind beobachtet:

In Berlin	in Höhe von	6	cm,
„ Kolberg	„ „	11	„
„ Klaustal	„ „	10	„
„ Friedrichshaven „ „	„ „	11	„

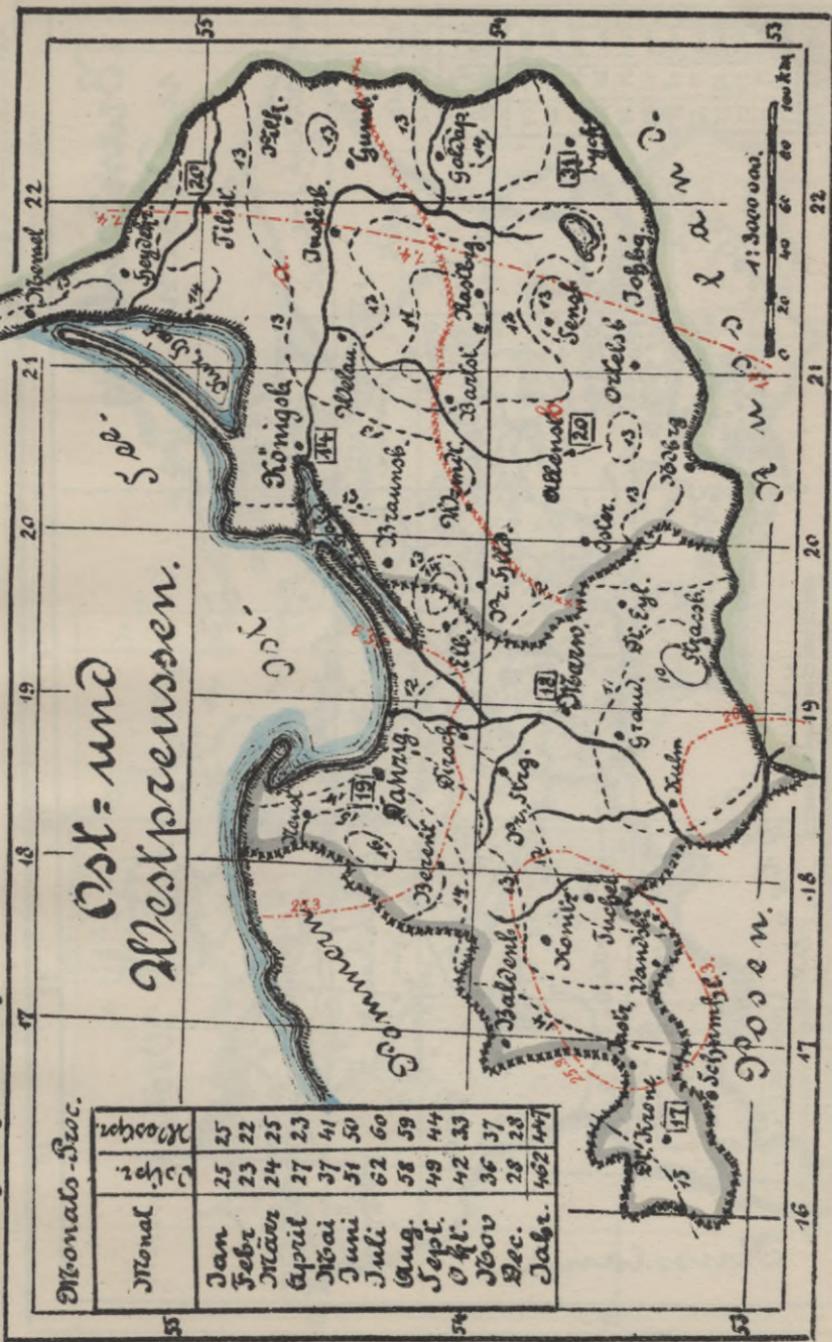
Solche Niederschläge sind zwar im Gebirge häufiger als in der Ebene, können aber auch hier aller Orten vorkommen.

Von diesen Regenmengen fällt oft der größere Teil in einer Stunde (Wolkenbrüche), so daß Stundenmaxima von 6–9 cm keineswegs zu den Seltenheiten gehören.



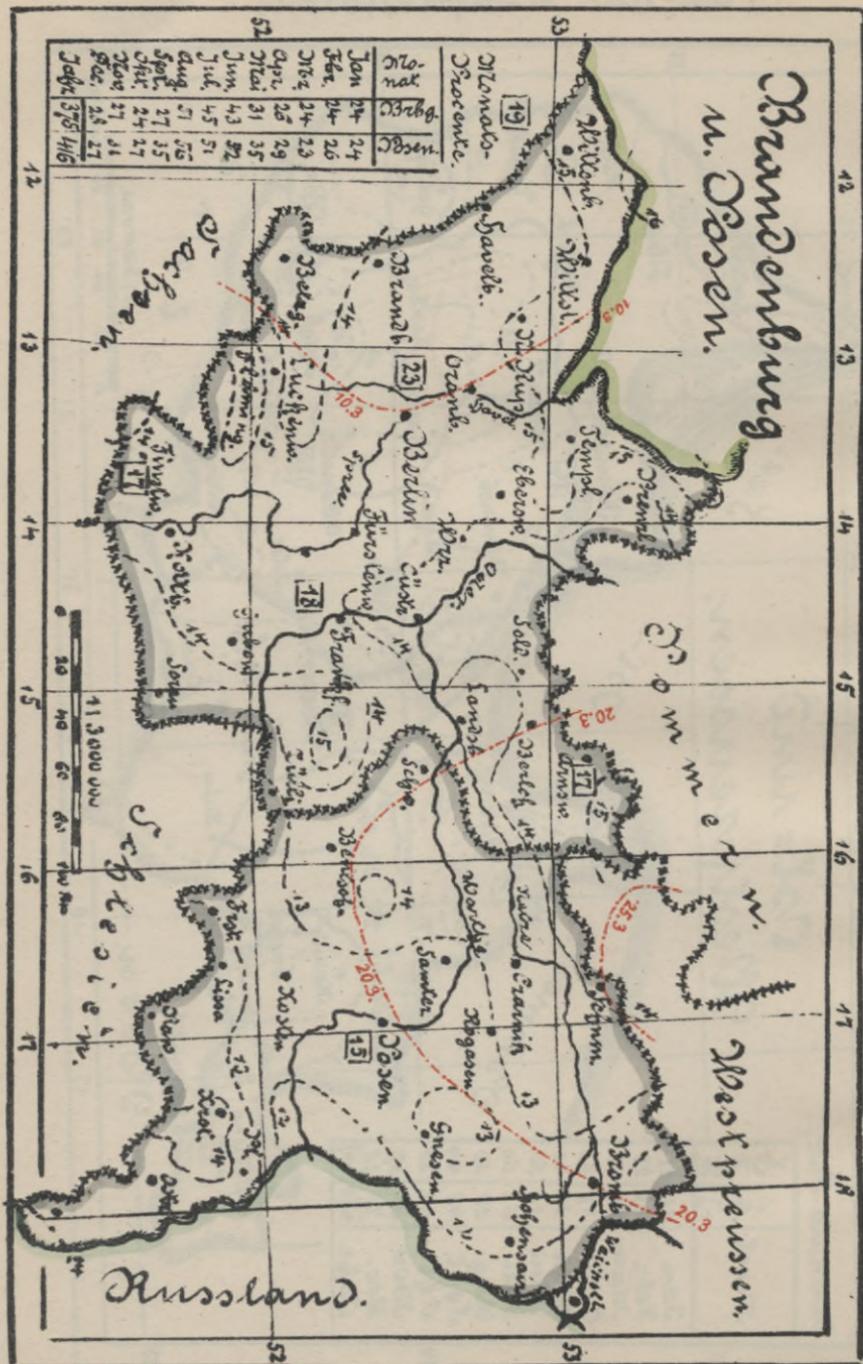
1 Ost- und Westpreussen.

Östl. Länge v. Greenwich.



2. Brandenburg und Posen.

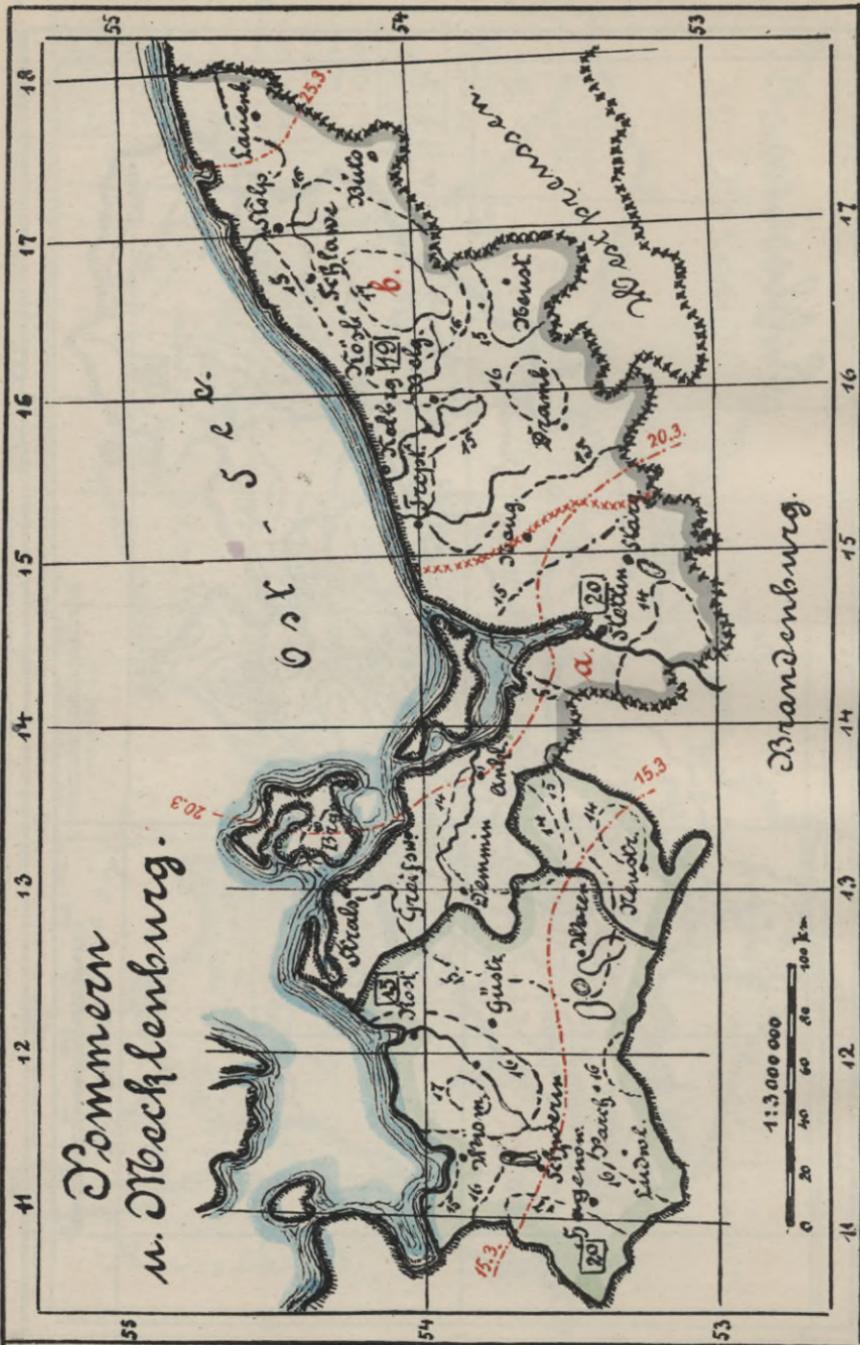
21
 Maßst. Länge von 5 zentimeter.



4. Pommern u. Necklenburg.

voll. Länge von Grenzschiff.

Pommern
u. Necklenburg.

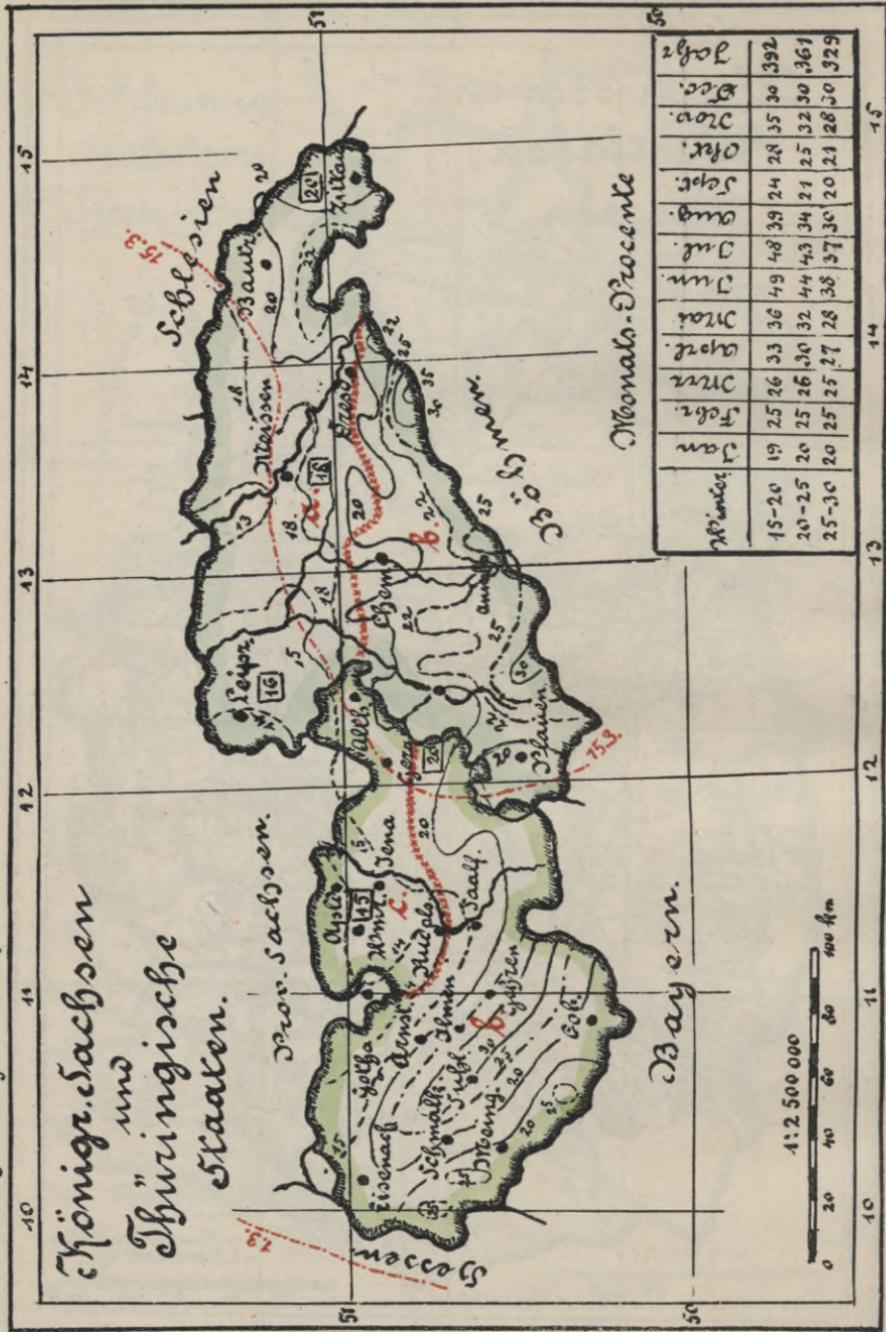


Brandenburg.

8. Königr. Sachsen u. Thüring. Staaten.

„ Ostl. Länge von Greenwich.

Königr. Sachsen
und
Thüringische
Staaten.



Monats-Procente

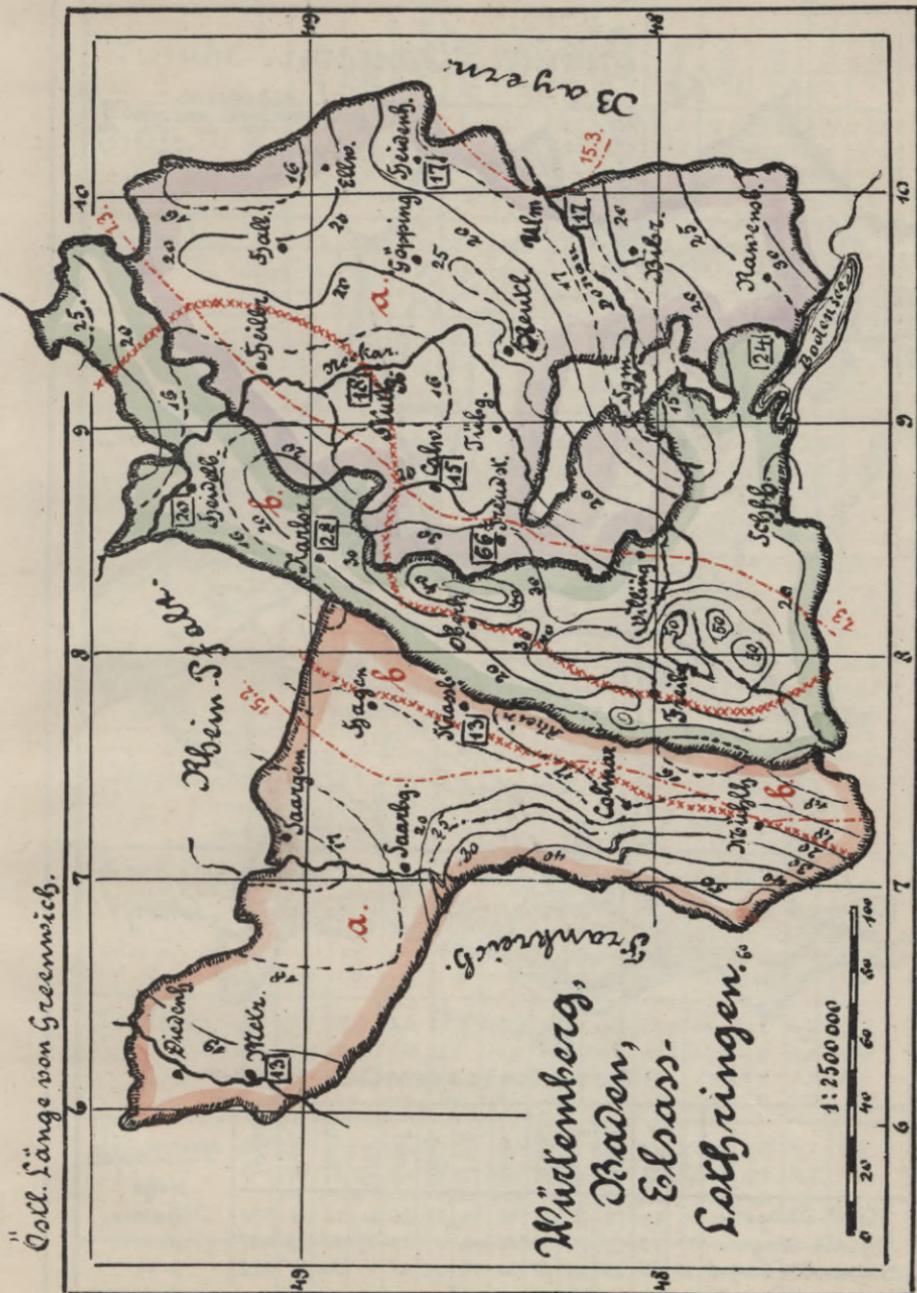
Monats-Procente	Jan	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahrg.
15-20	19	25	26	33	36	49	48	39	24	28	35	30	392
20-25	20	25	26	30	32	44	43	34	21	25	32	30	361
25-30	20	25	25	27	28	38	37	30	20	21	28	30	329

1:2,500,000



10 11 12 13 14 15

9 Württemberg, Baden, Els.-Lothr.

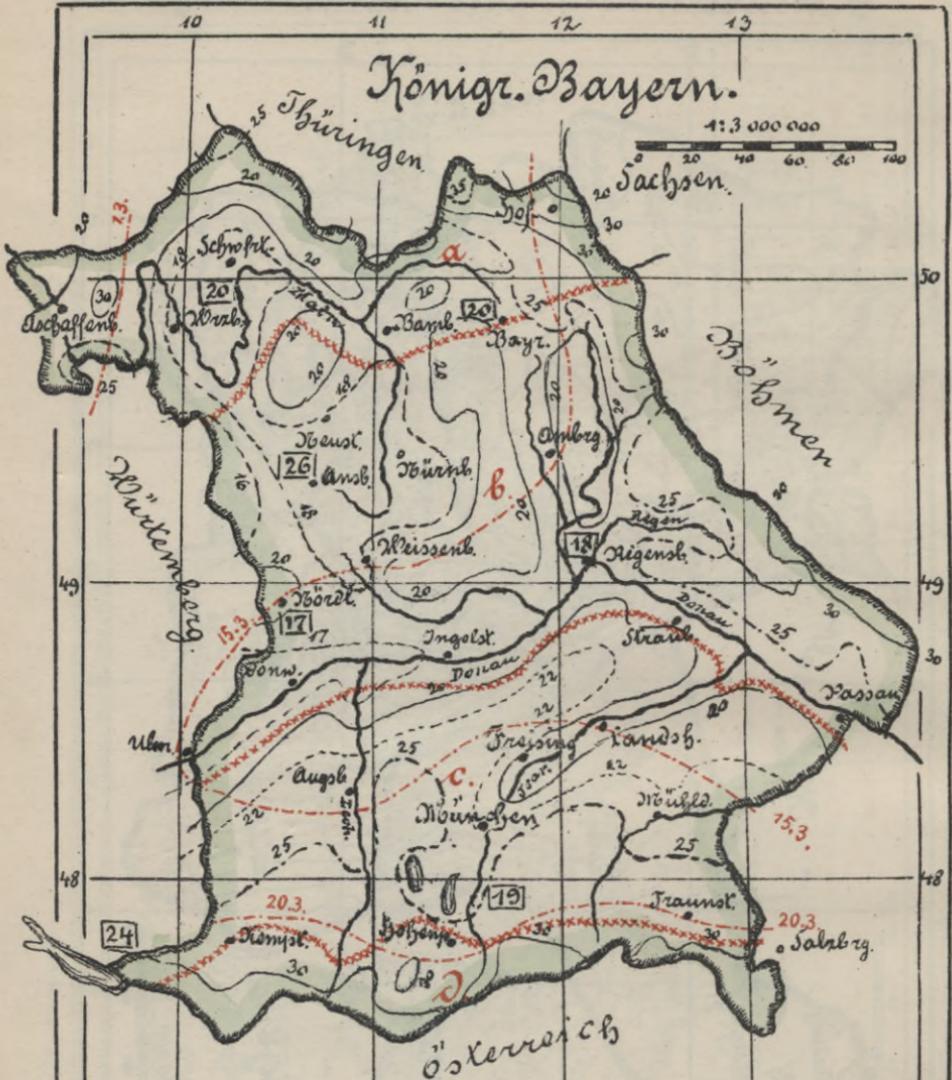


11 Coll. Länge von Greenwich.

Württemberg,
Baden,
Elsaß-
Lothringen.

1:250000

Östl. Länge von Greenwich.



Monatsprocente.

	Jan	Febr.	März	April	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Ok.	Nov.	Dec.	Jahr
Nord-Bayern	19	24	24	25	33	46	34	39	25	30	38	33	370
Schwäb. Bayr.	27	23	27	36	48	52	62	53	39	37	26	23	457
Böhmenl. [Wachab.]	25	23	25	22	25	30	32	32	25	27	30	27	323

Rheinspfalz
 rhein-
 provinz
 p.p.

Anhang.

Temperatur-Übersicht.

District.		Jan.	Febr.	März	April.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1	a	-3,3	-2,8	-0,1	5,4	10,6	15,5	17,3	16,8	13,0	7,9	1,7	-2,1
	b	-5,1	-3,4	-1,1	5,5	12,1	16,4	17,7	16,5	12,9	7,0	0,6	-3,6
	max.	+8	+8	+11	+14	+15	+14	+13	+13	+11	+10	+8	+8
	min.	-14	-14	-10	-8	-11	-9	-8	-9	-9	-10	-10	-13
2.	a	-3,2	-2,5	0,2	5,6	10,9	15,9	17,3	16,4	12,5	7,3	1,3	-2,2
	max.	+8	+8	+11	+14	+14	+14	+13	+13	+13	+11	+8	+8
	min.	-14	-13	-12	-11	-12	-12	-10	-10	-10	-10	-11	-13
3.	a	-2,0	-0,6	1,9	7,4	12,4	17,2	18,5	17,5	13,7	8,6	2,6	-3,0
	max.	+9	+9	+12	+14	+15	+14	+13	+13	+13	+12	+9	+9
	min.	-14	-13	-11	-11	-12	-11	-10	-10	-12	-11	-10	-13
4.	a	-2,8	-1,1	1,9	7,7	13,0	16,6	18,1	17,7	13,8	8,8	3,0	-1,0
	b	-1,8	-0,2	2,3	7,6	12,2	16,5	17,9	17,2	13,8	8,5	2,6	-0,8
	max.	+9	+9	+11	+13	+12	+11	+12	+11	+11	+11	+9	+9
	min.	-12	-12	-10	-10	-10	-8	-8	-7	-9	-9	-9	-11
5.	a	-1,2	0,5	2,8	8,0	12,7	17,2	17,9	17,6	14,1	9,1	3,2	0,0
	max.	+10	+10	+13	+15	+17	+17	+15	+14	+14	+11	+9	+9
	min.	-14	-11	-10	-13	-14	-14	-12	-12	-13	-13	-12	-13
6.	a	-1,1	0,8	1,9	5,1	10,3	15,6	17,7	16,4	13,9	8,3	3,3	0,2
	b	-1,6	-1,8	1,3	5,8	10,2	15,2	16,8	16,2	13,0	8,3	2,7	-0,8
	max.	+9	+9	+12	+15	+16	+15	+14	+13	+14	+11	+9	+9
	min.	-14	-12	-11	-12	-13	-13	-11	-11	-12	-12	-12	-12
7.	a	-0,5	0,8	1,7	5,3	10,2	15,4	17,3	16,0	13,6	8,6	3,7	0,9
	max.	+7	+8	+8	+12	+15	+11	+12	+10	+10	+9	+7	+7
	min.	-10	-9	-7	-7	-9	-9	-7	-6	-7	-8	-8	-9
8.	a	-0,8	0,7	2,8	8,2	12,7	16,8	18,3	17,5	14,3	8,5	3,6	0,0
	b	-1,0	-0,2	2,9	7,8	11,9	15,9	18,0	17,1	14,1	8,4	3,2	-0,9
	max.	+10	+9	+14	+14	+16	+13	+14	+13	+13	+11	+10	+9
	min.	-14	-10	-11	-10	-11	-12	-10	-12	-11	-11	-11	-10
9.	a	0,8	2,6	3,4	6,9	10,3	15,4	16,6	16,3	14,0	9,5	4,9	2,2
	b	0,6	1,2	2,6	6,8	11,0	14,9	16,6	16,2	13,3	9,0	4,0	1,6
	max.	+7	+8	+8	+9	+12	+10	+10	+8	+8	+8	+7	+6
	min.	-8	-8	-9	-10	-10	-9	-8	-8	-9	-9	-9	-10
10.	a	0,5	1,8	3,4	7,5	11,3	15,6	17,3	16,9	13,4	9,2	4,2	1,7
	b	0,0	2,0	3,0	8,0	12,6	16,3	17,2	16,6	12,8	8,2	3,7	0,9
	max.	+9	+10	+14	+14	+13	+12	+12	+10	+10	+10	+8	+8
	min.	-11	-9	-11	-10	-10	-9	-8	-8	-10	-9	-10	-12

Temperatur-Übersicht.

Distrikt.	Jan.	Febr.	März	April.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Westf. Essen, Büding.	-0,2	4,5	3,3	8,0	12,0	16,0	17,0	16,5	13,7	15,4	3,8	0,6
10 max.	+9	+9	+13	+14	+15	+14	+14	+13	+13	+11	+9	+9
min.	-12	-11	-10	-10	-12	-11	-10	-10	-11	-10	-10	-11
Rheinland a)	1,5	2,7	4,8	9,5	13,2	17,1	18,7	17,9	14,6	10,1	4,8	1,8
11 max.	+9	+9	+11	+13	+13	+13	+15	+13	+12	+10	+9	+9
min.	-11	-10	-11	-11	-11	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-11
Els. Lothr. a)	-0,4	2,6	4,6	8,7	12,5	16,7	18,5	17,6	14,0	8,5	5,1	1,4
b)	0,3	1,2	4,6	9,6	13,5	17,7	19,1	18,5	14,9	8,8	3,9	0,3
12 max.	+8	+9	+11	+12	+11	+11	+11	+11	+10	+9	+8	+9
min.	-10	-10	-9	-10	-9	-8	-7	-8	-9	-8	-9	-8
Baden a)	-2,0	1,0	3,2	7,8	12,4	15,6	17,4	16,7	13,6	7,5	3,5	-0,7
Württemberg b)	0,4	2,6	5,5	10,6	15,5	18,9	20,0	19,3	15,9	10,8	4,8	-1,8
13. max.	+11	+10	+12	+13	+13	+13	+13	+12	+11	+11	+10	+10
min.	-12	-12	-12	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-12
Bayern a)	-1,0	0,2	3,7	8,8	12,8	17,1	18,4	17,8	14,0	9,0	3,1	-0,3
max.	+11	+11	+12	+13	+13	+13	+13	+12	+12	+11	+10	+10
min.	-13	-13	-11	-11	-12	-11	-10	-10	-11	-11	-11	-11
14 b)	-2,6	-1,6	2,5	8,3	12,8	16,9	18,4	17,4	13,8	8,6	4,7	-2,4
c)	-3,0	-1,1	2,3	7,4	12,0	15,6	17,2	16,5	12,9	8,0	2,1	-1,6
max.	+11	+11	+13	+13	+13	+12	+12	+12	+12	+12	+10	+10
min.	-13	-13	-12	-11	-11	-11	-10	-10	-11	-10	-11	-12
d)	-2,6	-2,0	0,2	4,5	8,3	12,3	14,4	14,0	10,8	5,6	-0,3	-3,3

Erläuterung.

Die Grenzen der mit a, b) c) bezeichneten Distrikte sind in den Regenkarten nachzusehen.

Unter den mittleren Monatstemperaturen findet sich die Abweichung der mittleren Maxima und Minima von den ersteren angegeben.

Z. B. findet man für Rheinland, Monat April:

Monatmittel 9,5; Durchschnittl. Maximum 24,5; Durchschnittl. Minimum -1,5, also sind hier im April Nachfröste noch die Regel.



S-96

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298939