A. Schüngel,

Wassergeschwindigkeits-Tafeln.

Tafeln

zur

Graphischen Ermittelung der Wassergeschwindigkeit v

für trapezförmige Fluss- und Grabenprofile.

Zum Gebrauche beim Entwerfen von Meliorations-Anlagen

bearbeitet von

A. Schüngel,

Königlichem Regierungs-Baumeister.

Herausgegeben mit Unterstützung des Königl. Preuss. Ministeriums für Landwirthschaft, Domänen und Forsten.

Klindworth's Verlag, Hannover.

Vorwort.

Der Verfasser ist seinerzeit zur Konstruktion der vorliegenden Tafeln angeregt worden, als im Mai 1896 vom Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten eine Tafel zur graphischen Ermittelung der Wassergeschwindigkeit v nach der allgemein gebräuchlichen Formel von Ganguillet und Kutter an die unterstellten Behörden zum Gebrauche übersandt wurde. Diese Tafel gestattet die Ablesung der Geschwindigkeit v des fliessenden Wassers aus dem als berechnet vorausgesetzten hydraulischen Radius R und dem Wasserspiegelgefälle J und zwar für die beiden Rauhigkeitsgrade n = 0,03 und n = 0,025, so zwar, dass in ein Netz von Millimeterlinien, von welchen die Horizontalen (R-Linien) die Werte für den hydraulischen Radius R und die Senkrechten (v-Linien) die Werte für die Geschwindigkeit v darstellen, die Kurven für das Wasserspiegelgefälle J eingetragen sind, für n = 0,03 als eine Schar von schwarzen, für n = 0,025 als eine solche von blauen Kurven. Diese seinerzeit allzubeschränkte Tafel ist vom Verfasser sehr wesentlich erweitert worden und gestattet nunmehr die Berechnung von v für alle Gefällverhältnisse bis zu 15 bezw. 20 ‰ für die kleinsten Grabenprofile bis zu Flussprofilen mit einem hydraulischen Radius R = 2,0 und einer mittleren Geschwindigkeit v = 2,6 m.

Diese sehr einfache Tafel erwies sich bereits als sehr zweckmässig, da die bisherige zeitraubende und selbst unter Benutzung der der „Hütte“, den Kutter'schen Tabellen und andern Büchern beigegebenen graphischen Tafel noch sehr umständliche und wenig befriedigende Berechnung hierdurch vollständig erspart wird. Indessen befriedigt diese Tafel allein bei Berechnung von fast ausschliesslich für Korrektionen angewandten trapezförmigen Flussprofilen den so einfache, aber zeitraubende Berechnungen, wie die von R, aufs tiefste verabscheuenden Ingenieur noch nicht. Es lag nun nahe, diese dem Ingenieur so widerwärtige Berechnung von R ebenfalls mittelst graphischer Tafeln zu bewirken, welche zweckmässig als Ergänzungstafeln zu der Haupttafel zu konstruieren waren und zwar derart, dass die horizontalen R-Linien der Haupttafel in der Nebentafel ihre Fortsetzung fanden. Damit war eine Koordinatenschar gegeben. Eine zweite Schar von Koordinaten wird zweckmässig durch die Linien für die Tiefe t gebildet, welche für unendlich grosse Flussbreiten bekanntlich gleich R wird. Diese Linien sind vom Verfasser unter 45° schräg gelegt und in dieses Koordinatensystem die Kurven für die Sohlenbreiten b = 0 bis zu 20, 30 . . . . 50 m für die verschiedenen Böschungsverhältnisse 1 : x eingezeichnet. Auf diese Weise entstanden 7 verschiedene Tafeln, richtiger Doppeltafeln, deren rechte Seite die obenbeschriebene Haupttafel und deren linke Seite die zur Berechnung von R dienenden Ergänzungstafeln für die Böschungsverhältnisse 1 : 0,5; 1 : 1; 1 : 1,5; 1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 3 und 1 : 5, letztere mit Zusatztafel für senkrechte Böschungen, darstellt.

Hiernach stellt sich die Berechnung von v für ein beliebiges trapezförmiges Profil mit einem der genannten Böschungsverhältnisse aus der Sohlenbreite b und der Wassertiefe t nunmehr so einfach wie nur möglich, indem man auf der Horizontalen durch den Schnittpunkt der b- und t-Linien in ihrem Schnittpunkt mit der J-Linie sofort die Geschwindigkeit v abliest. Ebenso einfach wird auch die Gesamtberechnung, da ausser der Berechnung der unbedingt zu wissen nötigen Werte F (Querschnitt), v und Q (= F. v) gar keine Zwischenrechnungen mehr erforderlich werden. Interpolationen kommen ebenfalls hierbei überhaupt nicht vor. Da v aus den Tafeln unmittelbar abgelesen wird, bleibt an Berechnungen nur die von F und Q übrig. Letztere ist so einfach und in allen Fällen völlig genügend genau mit dem Rechenschieber zu bewirken, dass sie bei Anwendung eines Rechenschiebers als Rechnung ebenfalls nicht in Betracht kommt. Fast ebenso einfach stellt sich jedoch bei Anwendung des Rechenschiebers auch die Berechnung von F = (t. x + b) . t, da dieselbe ebenfalls durch eine einzige Einstellung des Rechenstabes ohne Niederschreiben irgend welcher Zahl erfolgt. Die Berechnungen sind in dem „Inhalt“ ausführlich und an der Hand von Figuren für jeden Laien verständlich erläutert. Für den

Ingenieur, welcher mit der Handhabung des Rechenschiebers vertraut ist, — und das sollte heutzutage jeder Techniker sein —, ist demnach eine etwa noch mögliche weitere Vereinfachung hiernach gänzlich überflüssig. Dieselbe dürfte indessen auch nicht leicht möglich sein ohne erhebliche Beeinträchtigung der Genauigkeit oder eine erhebliche Beschränkung in der Anwendungsfähigkeit oder schliesslich Steigerung der Zahl der Tafeln ins Ungemessene, wobei die Tafeln, abgesehen von den höheren Kosten, gleichzeitig an Uebersichtlichkeit sehr verlieren und durch längeres Nachschlagen der etwaige Zeitgewinn, vielleicht sogar gleichzeitig auf Kosten der Genauigkeit oder der Anwendungsfähigkeit, vollständig wieder verloren gehen würde. Auch läge die Versuchung nahe, dass bei der unmittelbaren Ablesung der Wassermenge die Geschwindigkeit nicht oder nicht genügend berücksichtigt werden könnte. Den Verfasser aber würde es freuen, durch diese Tafeln gleichzeitig zur weiteren Verbreitung des Rechenschiebers, dessen Wohlthat er zur Genüge kennen gelernt hat, in etwas beitragen zu können.

Fulda, den 24. März 1900.

Schüngel,

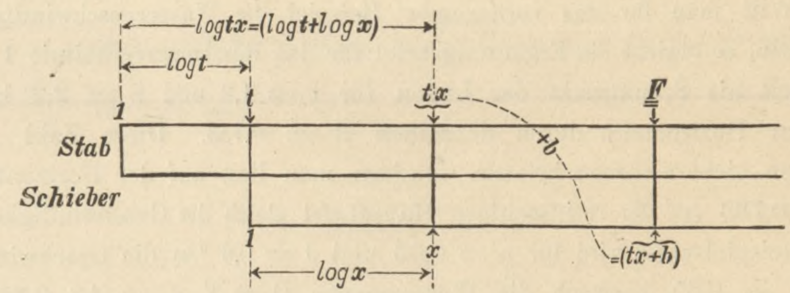
Königlicher Regierungs-Baumeister.

Die nachfolgenden graphischen Tafeln sollen für trapezförmige Fluss- oder Grabenprofile aus der Sohlenbreite b und der Wassertiefe t eine unmittelbare Ablesung der Wassergeschwindigkeit v gewähren. Sie bestehen aus zwei Teilen, von denen der rechtsseitige, eine seinerzeit vom Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten herausgegebene und vom Verfasser wesentlich erweiterte „Tafel zur graphischen Ermittelung der Wassergeschwindigkeit v", zur Berechnung von v aus dem hydraulischen Radius R und dem Wasserspiegelgefälle J dient und für beliebig gestaltete Profile verwandt werden kann, während der linke Teil neu hinzukonstruiert ist, um für trapezförmige Profile die Berechnung des hydraulischen Radius $R = \frac{F}{p} = \frac{\text{Flächeninhalt des Wasserquerschnittes}}{\text{benetzten Umfang (Parameter)}}$ zu ersparen.

Die so zusammengesetzten Tafeln gestatten nur die Ablesung der Geschwindigkeit v. Der Wasserquerschnitt F und die Wassermenge Q sind aus denselben nicht zu entnehmen. Es ist davon Abstand genommen, auch hierfür weitere Kurven bezw. eine weitere graphische Tafel zu entwerfen, einmal weil wegen der bedeutenderen Differenzen in den Grössen für F und Q eine graphische Ermittelung zu ungenau würde, sodann aber auch, weil F und Q mit dem Rechenschieber in der einfachsten Weise und mit völlig genügender Genauigkeit zu ermitteln sind. Für denjenigen, der noch nicht im Besitze eines Rechenschiebers ist, möge an dieser Stelle die Anwendung desselben bei der Berechnung von F und Q gezeigt werden.

Ist neben den bisher erwähnten Bezeichnungen das Böschungsverhältniss 1 : x oder der Böschungsfuss = x, so ist $F = (tx + b) . t$ mittelst einer einzigen Einstellung unmittelbar abzulesen. Man stelle hierfür die 1 des Schiebers auf die Wassertiefe t am Stabe ein (vergl. Fig. 1), in welcher nur eine der beiden Teilungen des Stabes dargestellt ist:

Fig. 1.



Man liesst alsdann bei x am Schieber auf dem Stabe das Produkt tx ab. Hierzu addiere man im Kopfe das Mass für die Sohlenbreite b und man findet alsdann bei derselben Einstellung bei der erhaltenen Summe (tx + b) am Schieber auf dem Stabe das Produkt dieser Grösse (tx + b) mit t gleich $(tx + b) . t = F$.

Nachdem nun v aus den Tafeln entnommen, ergiebt sich Q als einfaches Produkt von F und v, d. i. $Q = Fv$ aus folgender Einstellung:

Fig. 2.

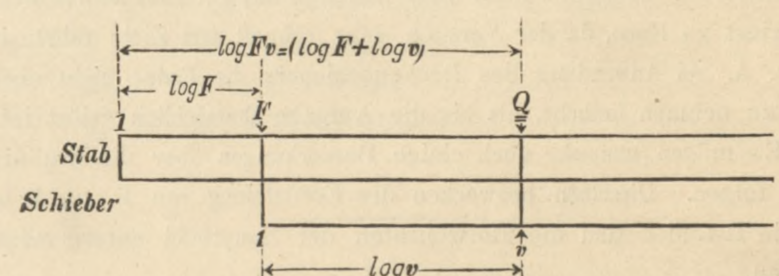
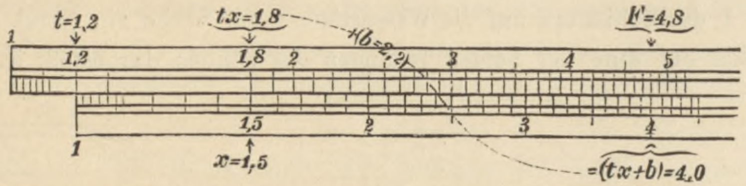


Fig. 3 zeigt die Berechnung von F für t = 1,2 m; b = 2,2 m und x = 1,5 facher Böschung.

Fig. 3.



Es ergiebt sich F = t.(tx + b) = 1,2 . 4,0 = 4,8 qm.

Will man für das vorliegende Beispiel die Wassergeschwindigkeit ermitteln, so ergiebt die Ergänzungstafel für das Böschungsverhältnis 1 : 1,5 zunächst als Schnittpunkt der Linien für t = 1,2 und b = 2,2 bezw. auf der Horizontalen durch denselben R = 0,733. Diese Zahl wird indessen nicht niedergeschrieben, sondern man liest auf der Horizontalen R = 0,733 auf der rechtsseitigen Haupttafel gleich die Geschwindigkeit v ab. Beispielsweise wird für n = 0,03 und J = 0,6 ‰ die Geschwindigkeit v = 0,65, demnach die Wassermenge Q = F . v = 4,8 . 0,65 = 3,12 cbm.

Wie aus dem Vorstehenden ersichtlich ist, gestaltet sich die Berechnung an der Hand der vorliegenden Tafeln und mit Hülfe eines Rechenschiebers möglichst einfach, da sie sich lediglich auf die Grössen beschränkt, deren Kenntnis unbedingt notwendig ist, nämlich F, v und Q.

Die Aufgabe, die zumeist an den Techniker herantritt, nämlich die, für eine bestimmte Wassermenge ein zweckmässiges Profil zu bestimmen, ist allerdings auf direktem Wege nicht zu lösen, sondern man ist auf den Versuch angewiesen, indem man stets zunächst ein Profil annehmen und für dieses die Wassermenge berechnen muss, um es danach zu vergrössern oder zu verkleinern, je nachdem die Wassermenge zu klein oder zu gross ausgefallen ist. Jedoch ist auch diese Aufgabe mit nur ganz unwesentlichem Zeitverlust zu lösen, da der Versuch sehr schnell zum Ziele führt, indem man u. A. bei Anwendung des Rechenschiebers die Feder nicht eher zur Hand zu nehmen braucht, als bis die Aufgabe thatsächlich gelöst ist.

Es mögen nunmehr noch einige Bemerkungen über die Ergänzungstafeln folgen. Dieselben bezwecken die Ermittelung von R aus b und t. Für die R-Linien sind die Horizontalen der Haupttafel naturgemäss beibehalten.

Ferner ist für die t-Werte eine zweite Schaar gerader Linien gewählt, welche die R-Linien unter 45° schneiden*) und zwar so, dass das Mass für t auf der Senkrechten durch den Koordinatenanfangspunkt in gleicher Grösse wie R erscheint. In dieses Liniensystem sind nun die Kurven für die Sohlenbreite b hineinkonstruiert und zwar mit Hülfe der Linien für $\frac{b}{t} = \frac{\text{Sohlenbreite}}{\text{Wassertiefe}}$. Die $\frac{b}{t}$ = Linien stellen sich nämlich als gerade Linien (Strahlen) dar, welche durch den Koordinatenanfangspunkt gehen. Die Formel für $\frac{b}{t}$ entwickelt sich folgendermassen:

$$1)\quad R = \frac{F}{p} = \frac{(tx + b)\,.\,t}{b + 2t\sqrt{1 + x^2}}$$

$$2)\quad Rb + 2Rt\sqrt{1 + x^2} = t^2 x + tb$$

Durch Zusammenziehung und Division durch t erhält man:

$$3)\quad \frac{b}{t}\,(t - R) - 2R\sqrt{1 + x^2} + tx = 0.$$

Für einen bestimmten Wert für $\frac{b}{t} = k$ erhält man, nach t und R geordnet, die Formel:

$$(k + x)\,.\,t - (k + 2\sqrt{1 + x^2})\,.\,R = 0.$$

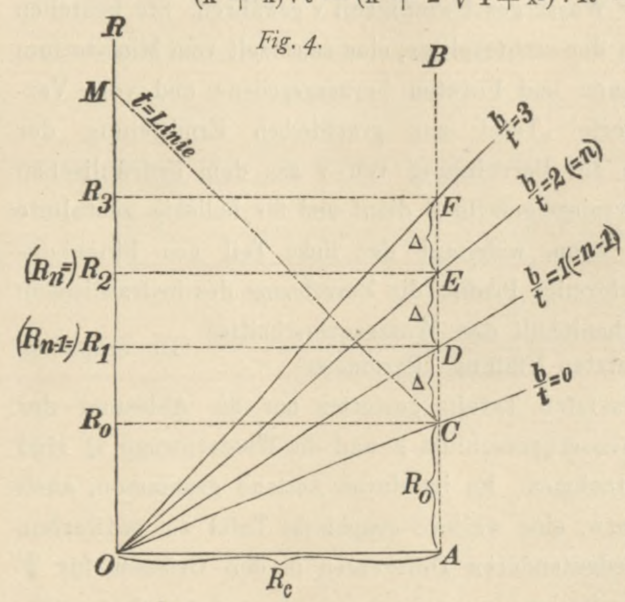


Fig. 4.

Hierin sind die Faktoren von t und R konstant und mögen mit A bezw. B bezeichnet werden, so dass die Formel nunmehr lautet:

$$A\,.\,t - B\,.\,R = 0.$$

Die Koordinaten t und R erscheinen hier in der ersten Potenz, d. h. die $\frac{b}{t}$ - Linien sind gerade Linien, welche zugleich durch den Nullpunkt gehen, da die Formel keine von t und R unabhängige Konstante enthält.

Die $\frac{b}{t}$ - Linien besitzen die Eigenschaft, dass sie auf einer Senkrechten AB, die parallel zur R-Achse OR ist (s. Fig. 4), gleiche Stücke △ abschneiden, deren Grösse nachstehend berechnet werden soll.

*) Die Richtung unter 45° ergab sich für die Ablesung und für die Darstellung der Kurven als die zweckmässigste.

Aus der Formel 1) entwickelt sich leicht:

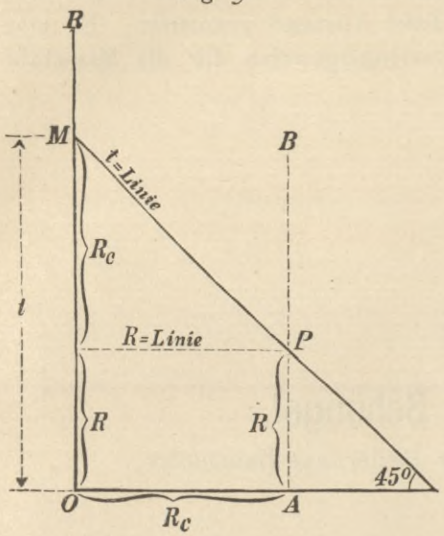


Fig. 5.

$$4)\ \frac{t}{R} = \frac{\frac{b}{t} + 2\sqrt{1+x^2}}{\frac{b}{t} + x}$$

welche Grösse mit α bezeichnet werden möge, d. i.

$$5)\ \frac{t}{R} = \alpha$$

Der Abstand $\overline{OA}$ der Linie AB von O soll als konstante Grösse, im Massstab für R gemessen, mit R_c bezeichnet werden.

Es ist sodann $\overline{AC} = \overline{OR_0} = R_0$. Die Summe beider Grössen stellt zugleich das Mass $t = \overline{OM}$ derjenigen t-Linie dar, welche durch den Punkt C geht. Allgemein ist daher (s. Fig. 5)

$$6)\ t = R_c + R$$

Durch Einsetzung in Formel 5) entsteht daher:

$$7)\ \alpha = \frac{R_c + R}{R}$$

Für $\frac{b}{t} = 0$ wird $R = R_0$ und $\alpha = \alpha_0$ mithin

$$8)\ \alpha_0 = \frac{R_c + R_0}{R_0} \quad \text{oder } R_c = R_0\ (\alpha_0 - 1),$$

ferner vermittelst der Formeln 4) und 5):

$$9)\ \alpha_0 = \frac{2\sqrt{1+x^2}}{R}$$

Nunmehr ist es möglich, die Grösse $\triangle$ zu bestimmen, welche von zwei Linien für $\frac{b}{t} = n$ und $\left(\frac{b}{t} - 1\right) = (n - 1)$ auf der Senkrechten AB abgeschnitten wird. Beispielsweise ist nach Fig. 4

$$\triangle = \overline{ED} = \overline{AE} - \overline{AD} = R_2 - R_1,$$

allgemein demnach

$$10)\ \triangle = R_n - R_{n-1}$$

Nach Formel 7) bezw. 8) ist aber:

11a) $R_n = \frac{R_c}{\alpha_n - 1}$ und nach Einsetzung von R_c aus Formel 8) und α_n aus 5) und 4):

$$11b)\ R_n = \frac{(\alpha_0 - 1)\,R_0}{\frac{n + 2\sqrt{1+x^2}}{n + x} - 1} = \frac{(\alpha_0 - 1)\,R_0\,(n + x)}{2\sqrt{1+x^2} - x}$$

Hierin nach Formel 9): $\alpha_0 = \frac{2\sqrt{1+x^2}}{x}$ eingesetzt ergiebt schliesslich

$$12)\ R_n = \frac{(2\sqrt{1+x^2} - x)\,R_0\,(n + x)}{(2\sqrt{1+x^2} - x)\,x} = \frac{R_0}{x}(n + x).$$

Hiernach wird:

$$13a)\ \triangle = R_n - R_{n-1} = \frac{R_0}{x}\,[(n + x) - (n - 1 + x)], \text{ also}$$

$$13b)\ \triangle = \frac{R_0}{x}$$

Ein Beispiel möge die Anwendung dieser Formeln erläutern: Es sollen die $\frac{b}{t}$-Linien für das Böschungsverhältnis 1:2, also für $x = 2$ konstruiert werden.

Hierfür ist:

$$9)\ \alpha_0 = \frac{2\sqrt{1+2^2}}{2}\ \sqrt{1+4} = \sqrt{5} = 2{,}236, \text{ demnach}$$

$$8)\ R_c = R_0\ (2{,}236 - 1) = 1{,}236\ R_0.$$

Man wird nun für $\triangle$ eine zweckmässige Teilung wählen, also z. B. $\triangle = 0{,}5$, sodass nach Formel 13b) zu wählen ist:

$R_0 = \triangle \cdot x = 0{,}5 \cdot 2 = 1{,}0$, so dass der Abstand der senkrechten Teilungslinie AB vom Nullpunkt O sich ergiebt zu:

$$8)\ R_c = 1{,}236 \cdot R_0 = 1{,}236 \cdot 1 = 1{,}236$$

Für $\triangle = 0{,}2$ hätte sich ergeben:

$R_0 = 0{,}2 \cdot 2 = 0{,}4$ und

$R_c = 1{,}236 \cdot 0{,}4 = 0{,}4944.$

Nach dem Vorigen möchte es den Anschein haben, als ob die Anwendung der $\frac{b}{t}$ -Linien an Stelle der b-Kurven vielleicht noch einfacher wäre. In der That würde alsdann für sämmtliche Böschungsverhältnisse eine einzige Ergänzungstafel genügen. Eine solche ist auch vom Unterzeichneten entworfen und zwar so, dass der rechte Winkel am Nullpunkt in 90 Grade geteilt und ein Gradnetz gezeichnet ist. In dieses sind an Stelle der $\frac{b}{t}$ -Linien nur Massstäbe für dieselben und zwar für die gebräuchlichen Böschungsverhältnisse in konzentrischen Ringen um den Nullpunkt eingezeichnet uud zwar so, dass auch für andere Böschungsverhältnisse die Berechnung durch Interpolation leicht zu bewerkstelligen ist. Die Anwendung ist indessen aus mehreren Gründen unbequemer und deshalb von der Hinzufügung dieser Tafel Abstand genommen. Es mag deshalb auch die Erläuterung der Berechnungsweise für die Massstäbe hier unterbleiben.

Hannover, im $\frac{\text{Oktober 1896.}}{\text{März 1899.}}$

Schüngel,
Königlicher Regierungs-Baumeister

Tafel

zur

graphischen Ermittelung der Wassergeschwindigkeit v

aus

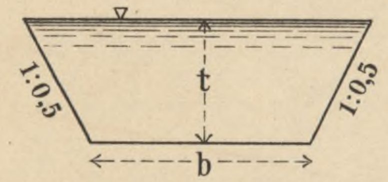
der Wassertiefe t und der Sohlenbreite b eines trapezförmigen Profils

(nach der Formel von Ganguillet und Kutter).

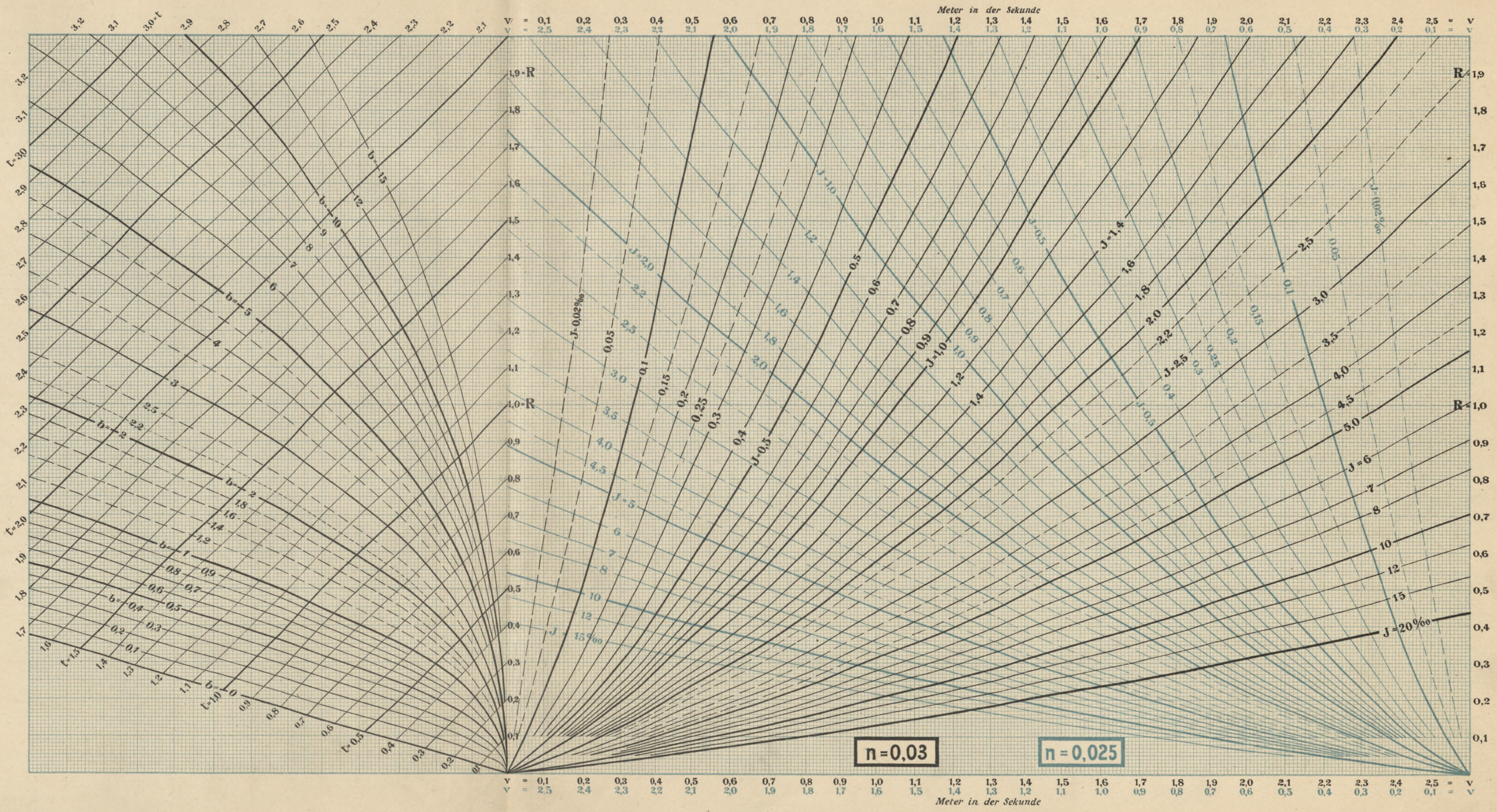
$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}\sqrt{RJ}.$$

n = Rauhigkeit
J = relatives Gefälle ‰
F = Querschnitt
p = benetzter Umfang
R = hydraulischer Radius $= \frac{F}{p}$.
v = Geschwindigkeit in Sekundenmetern.

Böschungsverhältniss 1:0,5.



$F = (t \cdot 0{,}5 + b) \cdot t$
$Q = F \cdot v =$ *Wassermenge.*



Tafel

zur

graphischen Ermittelung der Wassergeschwindigkeit v

aus

der Wassertiefe t und der Sohlenbreite b eines trapezförmigen Profils

(nach der Formel von Ganguillet und Kutter).

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}\sqrt{RJ}\cdot$$

---

n = Rauhigkeit

J = relatives Gefälle ‰

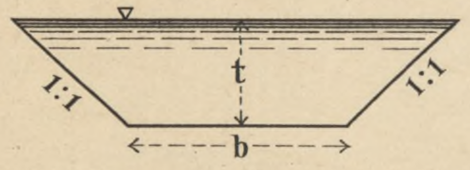
F = Querschnitt

p = benetzter Umfang

R = hydraulischer Radius = $\frac{F}{p}$.

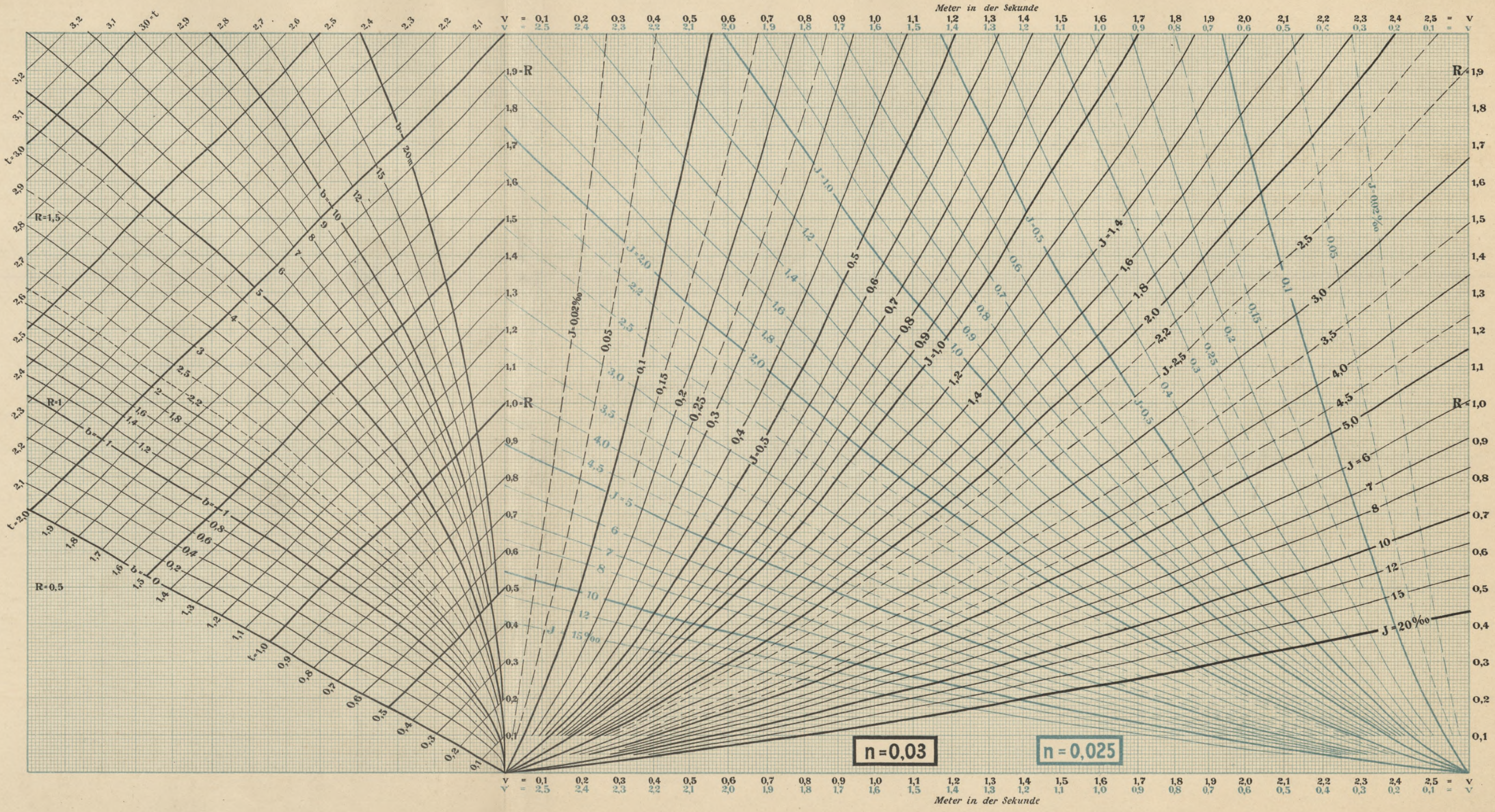
v = Geschwindigkeit in Sekundenmetern.

Böschungsverhältniss 1 : 1.



F = (t· + b)·t

Q = F·v = *Wassermenge.*



Tafel

zur

graphischen Ermittelung der Wassergeschwindigkeit v

aus

der Wassertiefe t und der Sohlenbreite b eines trapezförmigen Profils

(nach der Formel von Ganguillet und Kutter).

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}\sqrt{RJ}.$$

---

n = Rauhigkeit

J = relatives Gefälle ‰

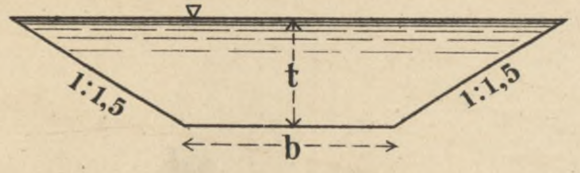
F = Querschnitt

p = benetzter Umfang

R = hydraulischer Radius = $\frac{F}{p}$.

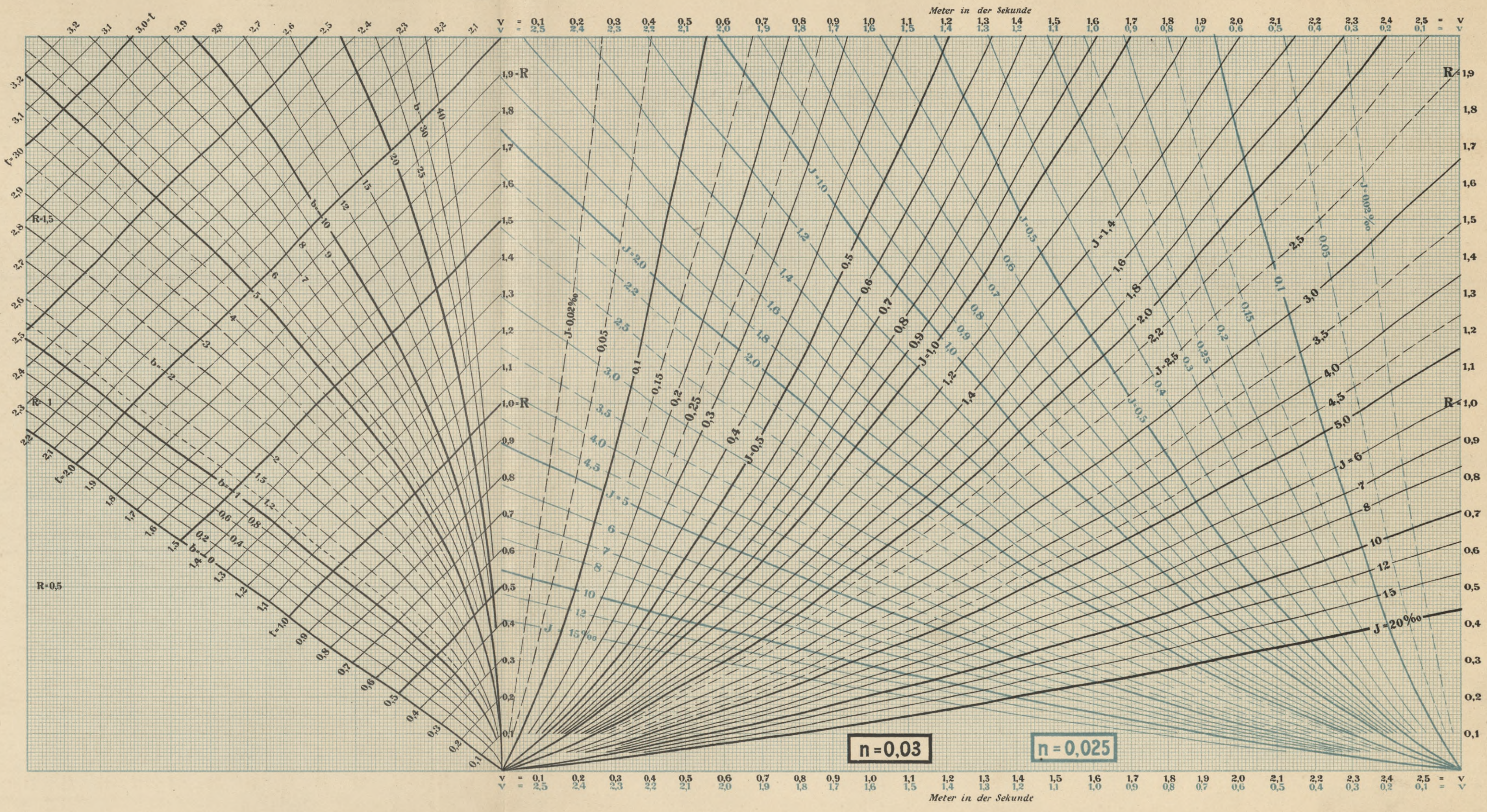
v = Geschwindigkeit in Sekundenmetern.

Böschungsverhältniss 1:1,5.



F = (t·1,5 + b)·t

Q = F·v = *Wassermenge.*



Tafel

zur

graphischen Ermittelung der Wassergeschwindigkeit v

aus

der Wassertiefe t und der Sohlenbreite b eines trapezförmigen Profils

(nach der Formel von Ganguillet und Kutter).

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}\sqrt{RJ}\cdot$$

---

n = Rauhigkeit

J = relatives Gefälle ‰

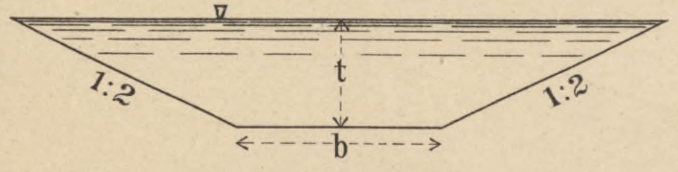
F = Querschnitt

p = benetzter Umfang

R = hydraulischer Radius $= \frac{F}{p}$.

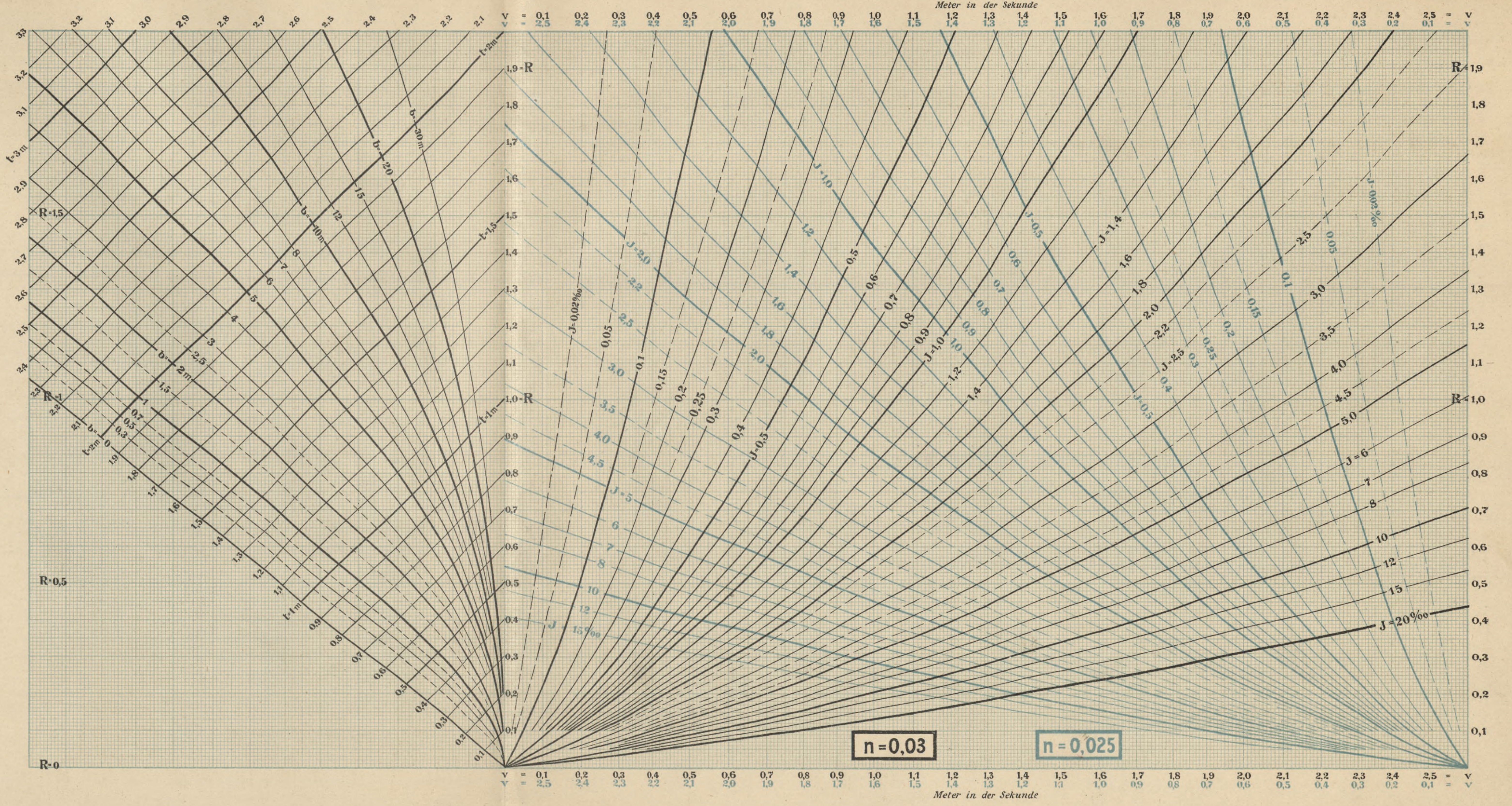
v = Geschwindigkeit in Sekundenmetern.

Böschungsverhältniss 1: 2.



$F = (t \cdot 2 + b) \cdot t$

$Q = F \cdot v =$ *Wassermenge.*



Tafel

zur

graphischen Ermittelung der Wassergeschwindigkeit v

aus

der Wassertiefe t und der Sohlenbreite b eines trapezförmigen Profils

(nach der Formel von Ganguillet und Kutter).

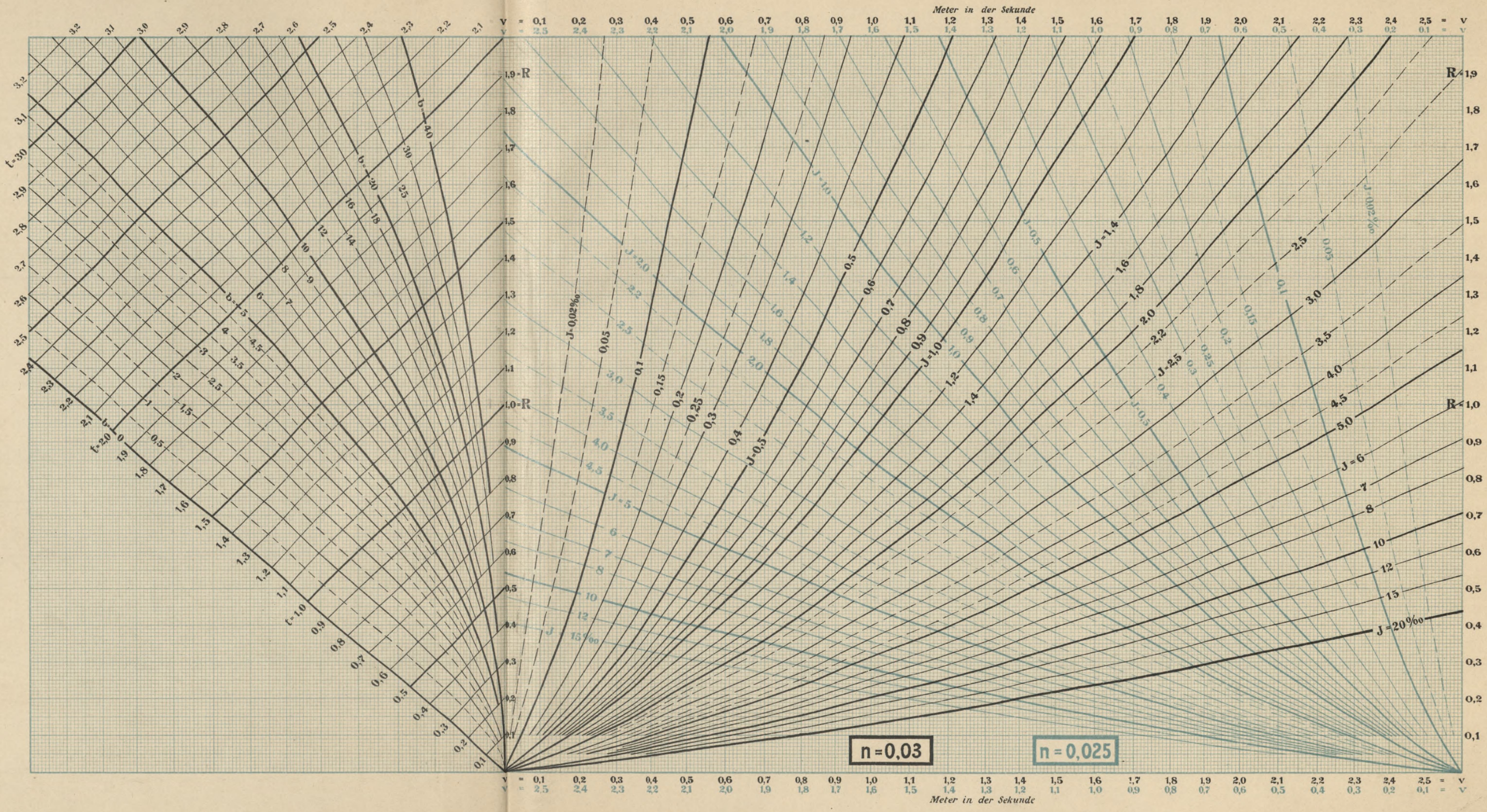
$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}\sqrt{RJ}.$$

---

n = Rauhigkeit
J = relatives Gefälle ‰
F = Querschnitt
p = benetzter Umfang
R = hydraulischer Radius $= \frac{F}{p}$.
v = Geschwindigkeit in Sekundenmetern.

Böschungsverhältniss 1:2,5.

$F = (t \cdot 2{,}5 + b) \cdot t$
$Q = F \cdot v =$ *Wassermenge.*



Tafel

zur

graphischen Ermittelung der Wassergeschwindigkeit v

aus

der Wassertiefe t und der Sohlenbreite b eines trapezförmigen Profils

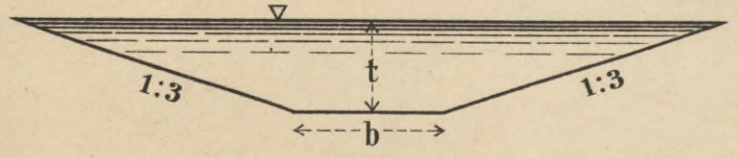
(nach der Formel von Ganguillet und Kutter).

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RJ}.$$

---

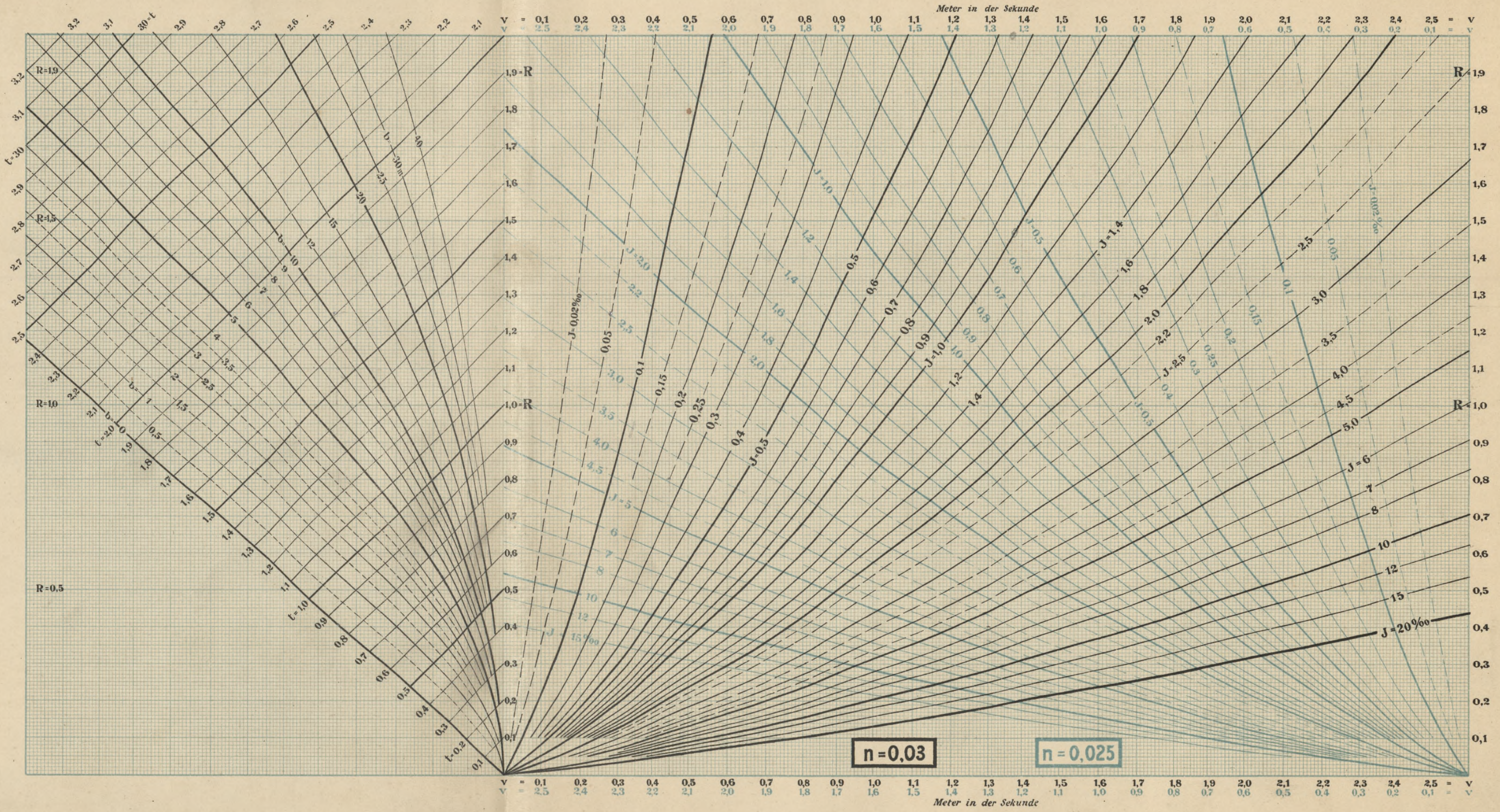
n = Rauhigkeit
J = relatives Gefälle ‰
F = Querschnitt
p = benetzter Umfang
R = hydraulischer Radius $= \frac{F}{p}$.
v = Geschwindigkeit in Sekundenmetern.

Böschungsverhältniss 1:3.



F = (t·3 + b)·t

Q = F·v = *Wassermenge.*



Tafel

zur

graphischen Ermittelung der Wassergeschwindigkeit v

aus

der Wassertiefe t und der Sohlenbreite b eines trapezförmigen Profils

(nach der Formel von Ganguillet und Kutter).

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}\sqrt{RJ}\cdot$$

---

n = Rauhigkeit

J = relatives Gefälle ‰

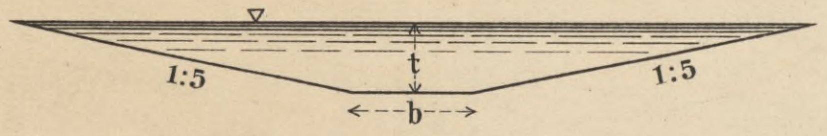
F = Querschnitt

p = benetzter Umfang

R = hydraulischer Radius $= \frac{F}{p}$.

v = Geschwindigkeit in Sekundenmetern.

Böschungsverhältniss 1:5.



$F = (t \cdot 5 + b) \cdot t$

$Q = F \cdot v =$ *Wassermenge.*