



Das Feldmessen

Schewior, Georg

Leipzig, 1917

b) Bestimmung der Geschwindigkeit durch Rechnung

[urn:nbn:de:hbz:466:1-97252](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-97252)

werden die Messungen auch hier in verschiedenen Entfernungen vom Ufer vorgenommen, im übrigen wird, wie auf Seite 250 usw., verfahren.

b) Bestimmung der Geschwindigkeit durch Rechnung.

Die Geschwindigkeit des Wassers läßt sich unter gewissen Voraussetzungen durch Rechnung aus Erfahrungssätzen ableiten. In der allgemeinen Geschwindigkeitsformel

$$v = c \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

bedeutet:

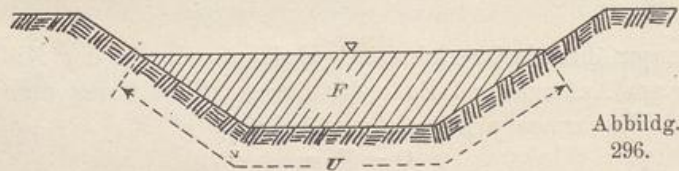
c einen Geschwindigkeitswert;

v, wie vor, die mittlere Geschwindigkeit;

R den mittleren Halbmesser nach $\frac{F}{U} = \frac{\text{wasserführender Querschnitt}}{\text{benetzter Umfang}}$,

siehe Abbil. 296;

J das Gefälle des Wasserspiegels auf die Längeneinheit (m), d. h. die Senkung des Spiegels auf 1 m Länge. J wird nach einer der auf Seite 99 u. 269 angegebenen Messungen erhalten und an beliebiger Stelle des Flußlaufes einem Längenschnitt (s. S. 99 und Tafel V) entnommen.



Abbildg.
296.

Der Geschwindigkeitswert c ist eine von R und der Beschaffenheit des Flußbettes abhängige Größe und wird in Deutschland in der Regel nach den älteren Angaben von Kutter oder nach den neueren Untersuchungen von Ganguillet und Kutter bestimmt.

Die ältere Formel nach Kutter gibt nach:

$$c = \frac{100 \sqrt{R}}{a + \sqrt{R}}$$

für Flußbette verschiedener Art die Zahlenwerte der „Rauhigkeitsgrade“ a an. Letztere sind in der Zahlentafel 3 (Seite 257) aufgeführt.

Auf Grund zahlreicher fremder und eigener Versuche haben Ganguillet und Kutter gefunden, daß c auch durch ein geringes Gefälle nicht unwesentlich beeinflusst wird.

Die beiden Schweizer Ingenieure gelangten zu einem allgemein gültigen Ausdrucke für den Geschwindigkeitswert, der zurzeit für offene Gerinne weit verbreitet ist. Hiernach ist

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

Zahlentafel 3.

Zahlenwerte für a zur Berechnung des Geschwindigkeitswertes c nach der älteren Formel von Kutter.

Klasse	Art des Bettes	a
I.	Reiner, glatter Zement, halbkreisförmiger Querschnitt, oder glatt gehobelte Bretter, rechtwinkliger Querschnitt	0,12
II.	Reiner Zement, rechtwinkelig, Zement mit $\frac{1}{3}$ Sand, halbkreisförmiger Querschnitt	0,15
III.	Gut gefügte Bretter, rechtwinkliger Querschnitt	0,20
IV.	Gewöhnliche raube Bretter, sorgfältig hergestelltes Backstein- und rein gearbeitetes Quadermauerwerk	0,25
V.	Gewöhnliches Backsteinmauerwerk und Bohlenwände	0,35
VI.	Gewöhnliches Mörtelmauerwerk mit gespitzten Steinen	0,45
VII.	Bestocktes Bruchsteinmauerwerk, Sohle etwas mit Schlamm bedeckt, rechtwinkliger Querschnitt	0,55
VIII.	Rauhmauerwerk mit schlammiger Sohle, rechtwinkliger Querschnitt	0,75
IX.	Älteres Mauerwerk, moos- und pflanzenfrei, mit schlammiger Sohle, rechtwinkliger Querschnitt	1,00
X.	In felsigen Boden, Sohle unter 1,50 m breit, wenig Wasserpflanzen	1,25

und damit die allgemeine Geschwindigkeitsformel:

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

Neben den bekannten Bezeichnungen v , R und J bedeutet n den Rauigkeitsgrad, der aus der nachstehenden Zahlentafel 4 zu entnehmen ist.

Die Berechnung des Geschwindigkeitswertes c ist sehr zeitraubend und umständlich. In seinem Werke: „Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen“, Verlag Paul Parey, Berlin 1904, gibt Kutter eine zeichnerische Darstellung der Formel, die eine einfache und schnelle Ermittlung von c für beliebige Rauigkeitsgrade ermöglicht. Die Geschwindigkeit v wird sodann nach $v = c\sqrt{RJ}$ durch weitere Rechnung erhalten.

Ein unmittelbares Ablesen der Geschwindigkeit gestattet die vom Verfasser gezeichnete Tafel 8 der „Hilfstafeln zur Bearbeitung von Meliorationsentwürfen und anderen wasserbautechnischen Aufgaben“*) desselben Verlages für gleichfalls beliebige Rauigkeitsgrade n . Es wird dort unter Einführung des mittleren Halbmessers R das Ergebnis für kleinste und größte Gefälle in wenigen Augenblicken gewonnen.

In neuester Zeit ist auf grund eingehender Messungen durch den Amerikaner Fortier der Nachweis geliefert worden, daß die Rauigkeitsgrade n für

*) Siehe Anmerkung auf Seite 261.

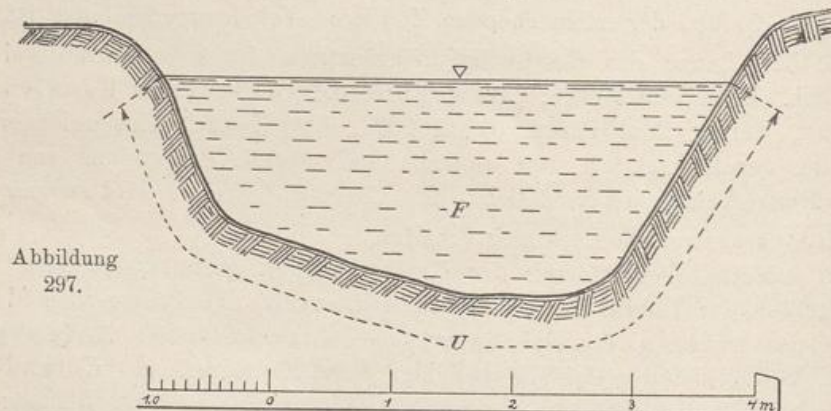
Schewior, Das Feldmessen II.

Zahlentafel 4.

Rauhigkeitsgrad n nach der neueren Formel von Ganguillet und Kutter.

Klasse	Art des Bettes	n	$\frac{1}{n}^{*)}$
1.	Sehr glatte Kanäle, von fein gehobeltem Holze, mit Stahl geschliffenem Zement	0,010	100
2.	Kanäle von Brettern	0,012	83
3.	Kanäle von Quader- und Backsteinen (Ziegeln)	0,015	67
4.	Kanäle von Brettern mit angebrachten Abflußschwerungen und Kanäle von Bruchsteinen	0,0175	57
5.	Kanäle in Erde mit ebener Sohle und gemauerten Seitenwänden, sorgfältig unterhalten, Wasser ohne Sinkstoffe	0,020	50
6.	Ganz reine Gewässer in Erde, Letten usw. ohne Steine, ohne Wasserpflanzen, ohne Unregelmäßigkeiten, mit sorgfältiger Unterhaltung	0,025	40
7.	Etwas unregelmäßige und nicht sorgfältig unterhaltene Gewässer, hier und da mit Steinen an der Sohle oder hier und da mit Wasserpflanzen	0,030	33
8.	Gewässer mit grobem Schotter, Geschieben, Wasserpflanzen usw., unregelmäßig, schlecht unterhalten	0,035	29

Gräben in erheblich weiteren Grenzen sich bewegen, als sie Kutter in seinem vorerwähnten Werke angibt. Die Untersuchungen haben insbesondere gezeigt, daß die Wasserpflanzen, die gerade in kleinen Gräben sehr häufig auftreten, die Strömung des Wassers sehr ungünstig beeinflussen. Die von Fortier vorgeschlagenen Rauhigkeitswerte n sind in der folgenden Zahlentafel 5 aufgeführt



Die Geschwindigkeitswerte c werden im übrigen nach der neueren Formel von Ganguillet und Kutter (S. 256 unten) bestimmt.

*) Die Werte $\frac{1}{n}$ sind auf ganze Zahlen abgerundet.

Zahlentafel 5.

Rauhigkeitswerte n für Gräben und Bäche nach Fortier.

Klasse	Art des Bettes	n	$\frac{1}{n}^*)$
1.	Vorzüglich unterhaltene regelmäßige Gräben in fester Erde, das Bett durch Sinkstoffe geglättet und schlüpfrig gemacht	0,0175	57
2.	Gut unterhaltene, pflanzenfreie Gräben, teilweise durch Sinkstoffe geglättet	0,020	50
3.	Gräben in gutem Zustande, Böschungen mit Sinkstoffen bekleidet und mit gelegentlichen Pflanzenbüscheln, oder bestehend aus losem Kies, und in diesem Falle frei von Pflanzenwuchs	0,0225	44
4.	Mittelmäßige Unterhaltung, einzelne scharfe Biegungen, Böschungen und Sohle mit Sinkstoffen und niedrigen Pflanzen bekleidet, oder bestehend aus losem Kies mit kleineren Steinen bis höchstens 5 cm Durchmesser	0,025	40
5.	Wenig guter Zustand, unregelmäßige Böschungen und Sohle, Kies und lose Steine in den Vertiefungen, oder Böschungen und Sohle aus grobem Kies oder unregelmäßig gelagerten Steinbrocken, oder, wenn die steinfreie Erde eingeschnitten, mit glatten Böschungen, der Wasserraum teilweise gefüllt mit Wasserpflanzen	0,0275	36
6.	Ziemlich schlechte Unterhaltung, entweder das Bett teilweise mit losen Steinen bedeckt, oder die glatten Böschungen und Sohle mit Grasbüscheln und sonstigen Wasserpflanzen bewachsen, oder Unkräuter in das Wasser hineinhängend	0,030	33
7.	Kleine Gräben mit unebenem Bett oder Gräben in gutem Zustande, jedoch teilweise mit Wasserpflanzen gefüllt	0,035	29
8.	Gräben halb voll Wasserpflanzen	0,040	25
9.	Kleinere Gräben, zu zwei Drittel voll Wasserpflanzen	0,050	20

Entsprechend den hier gegebenen Ausführungen wird es nicht schwer fallen, die Abflußmengen in natürlichen und künstlich angelegten Wasserläufen festzustellen; trotzdem mögen zwei Beispiele zur weiteren Erläuterung dienen.

Beispiel 1. In einem unregelmäßigen, schlecht unterhaltenen Bache sind an verschiedenen Stellen die Querschnitte ermittelt und die Höhen des Wasserstandes bestimmt (s. S. 99). Die Aufnahme zeigt unter anderen den Querschnitt nach Abbil. 297, das Wasserspiegelgefälle beträgt $J=1\text{‰}$. Es ist unter Annahme eines Rauhigkeitsgrades $n=0,035$ (neuere Formel von Ganguillet und Kutter) die Wassermenge zu bestimmen, die der gegebene wasserführende Querschnitt in 1 Sekunde abführt.

*) Die Werte $\frac{1}{n}$ sind auf ganze Zahlen abgerundet.

Lösung. Erforderlich ist zunächst die Geschwindigkeit v , die mit der gegebenen Querschnittsfläche F multipliziert die Wassermenge Q ergibt.

Nach der allgemeinen Geschwindigkeitsformel (S. 256) ist

$$v = c \sqrt{R \cdot J}.$$

In dieser Formel ist

R der mittlere Halbmesser und $= \frac{F}{U}$, hier $\frac{12,25}{6,35} = 1,93$;

J das Gefälle auf die Längeneinheit (1 m), hier $= 0,001$;

c der Geschwindigkeitswert.

Nach Ganguillet und Kutter (Seite 256) ist

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

Setzt man die Werte für n , R und J in die Formeln ein, so erhält man:

$$\begin{aligned} v &= \frac{23 + \frac{1}{0,035} + \frac{0,00155}{0,001}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{0,001}\right) \frac{0,035}{\sqrt{1,93}}} \cdot \sqrt{1,93 \cdot 0,001} \\ &= \frac{23 + 28,57 + 1,55}{1 + (23 + 1,55) \frac{0,035}{1,389}} \cdot \sqrt{0,00193} = \frac{53,12}{1 + \frac{0,859}{1,389}} \cdot 0,044 \\ &= \frac{53,12}{1,618} \cdot 0,044 = 32,8 \cdot 0,044 \\ &= 1,44 \text{ m.} \end{aligned}$$

Es ist sodann die gesuchte Wassermenge:

$$\begin{aligned} Q &= F \cdot v \\ &= 12,25 \cdot 1,44 \\ &= 17,64 \text{ cbm.} \end{aligned}$$

Beispiel 2. Ein regelmäßig ausgebauter, sorgfältig unterhaltener Bewässerungsgraben zeigt eine Sohlenbreite $s = 0,7$ m, eine größte Wassertiefe $t = 0,60$ m, die Böschungsanlage $1 : 1\frac{1}{2}$ (Abbil. 298) und das Gefälle 3‰ . Es ist die Wassermenge zu ermitteln, die der Graben bei dem Rauigkeitsgrad $n = 0,025$ (S. 258) abführt.

Abbildung 298.



Lösung. Es ist allgemein $Q = F \cdot v$. Hierbei ist

$$\begin{aligned} F &= (1,5t + s)t \text{ nach Seite 236} \\ &= (1,5 \cdot 0,6 + 0,7) 0,6 \\ &= 1,60 \cdot 0,6 \\ &= 0,96 \text{ qm.} \end{aligned}$$

Die Geschwindigkeit ist $v = c \cdot \sqrt{R \cdot J}$, dabei

$$R = \frac{F}{U} = \frac{F}{s + 2 \sqrt{t^2 + (1,5t)^2}} = \frac{F}{s + 2t \sqrt{3,25}} = \frac{0,96}{2,86} = 0,34$$

$$J = 0,003 \text{ m (auf 1 m)}$$

$$c = 31,2 \text{ für } n = 0,025 \text{ nach Seite 256,}$$

$$\text{demnach ist } v = c \cdot \sqrt{R \cdot J} = 31,2 \sqrt{0,34 \cdot 0,003} = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{und } Q = F \cdot v = 0,96 \cdot 1,00 \\ = 0,960 \text{ cbm.}$$

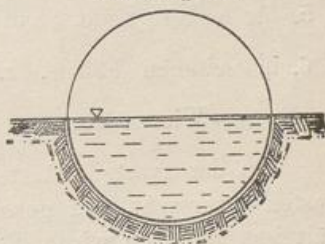
Sehr oft ist die Aufgabe so gestellt, daß zu einer gegebenen Wassermenge Q die Abmessungen eines Flußbettes gesucht werden. Die Lösung ist nur durch Versuchsrechnung möglich. Um diese sehr umständliche und zeitraubende Arbeit zu sparen, hat Kutter in dem schon genannten Werke (siehe S. 257) für eine Reihe häufig vorkommender trapezförmiger Querschnitte mit der Böschung $1:1\frac{1}{2}$ die Wassermengen und Geschwindigkeiten in Zahlentafeln zusammengestellt. Letztere sind nach den Rauigkeitsgraden $n = 0,025, 0,030$ und $0,035$ für Gefälle bis 3‰ geordnet.

Das gleichfalls Seite 257 aufgeführte Tafelwerk*) des Verfassers gestattet die unmittelbare Entnahme der Wassermengen für kleinste und größte Querschnitte mit den Böschungen $1:0, 1:1, 1:1\frac{1}{2}, 1:2$ und $1:3$. Die Tafeln umfassen die Rauigkeitsgrade $n = 0,025$ und $n = 0,030$ und die Gefälle $J = 0,05\text{‰}$ bis 100‰ .

c) Günstigster Querschnitt des Wasserlaufes.

Die Geschwindigkeit des Wassers erleidet, wie schon Seite 233 gesagt ist, durch die Reibungswiderstände an den Wandungen des Bettes und an der Luft eine Verminderung, die nach einschlägigen Beobachtungen mit der Größe des benetzten Umfanges U (Abbil. 296) wächst und mit der Größe des Wasserquerschnittes F abnimmt. Für die Bewegung des Wassers wird demnach von verschiedenen Querschnitten derjenige der günstigste sein, bei dem — ein gleicher Fassungsraum vorausgesetzt — der benetzte Umfang den kleinsten Betrag erreicht. Unter

Abbildung 299.



*) Hilfstafeln zur Bearbeitung von Meliorationsentwürfen und anderen wasserbautechnischen Aufgaben. Umfassend: Drainrohrweiten; Wassermengen in den Gräben $1:0, 1:1, 1:1\frac{1}{2}, 1:2$ und $1:3$; Wassergeschwindigkeit in Gerinnen und Gräben mit beliebigem Querschnitte und Rauigkeitsgrade; Querschnittsflächen, Böschungflächen und Grabenbreiten; Durchflußmengen in kurzen, vollaufenden Rohrleitungen; Abflußmengen für Ueberfallwehre, Grundwehre, Schleusen und Brücken; Staulängen und Stauhöhen. Aufgestellt und herausgegeben von G. Schewior. Verlag Paul Parey, Berlin 1907.

Die Tafeln sind durch den Herrn Minister für Landwirtschaft, Domänen und Forsten in Preußen, durch den Herrn Minister des Innern im Großherzogtum Hessen-Darmstadt, durch den Herrn Staatssekretär des Reichskolonialamtes und durch das k. k. österreichische Ackerbauministerium für den Gebrauch empfohlen. Nach dem technischen Mitgliede der kgl. Württembergischen Regierung Baurat Fauser („Meliorationen“, Verlag Göschen-Leipzig 1913, I. Teil, S. 72) sind von sämtlichen Tafeln „vor allem diejenigen von Schewior als für kulturtechnische Zwecke sehr brauchbar zu bezeichnen“.