

562

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298478

Studie
über eine
NEUE FORMEL

zur Ermittlung der
Geschwindigkeit des Wassers in Bächen
und künstlichen Gerinnen.

Von

Richard Siedek

k. k. Ober-Baurat im Ministerium des Innern.

Technisches Bureau für den Ausbau
der Hochwasserflüsse.

Erw. und Ber. Nr. 167



WIEN

WILHELM BRAUMÜLLER

k. u. k. Hof- und Universitäts-Buchhändler

1908.

Eingetragen im Bibliotheksbuch unter
Nr. *Blla.*

Wg
393

562

Studie
NEUE FORMELN

zur Ermittlung der
Geschwindigkeit des Wassers in Böden
und künstlichen Gerinnen.

Sonder-Abdruck aus der „Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architekten-
Veraines“ 1903, Nr. 7 und 8.



II 31763

Druck von R. Spies & Co. in Wien.

Akc. Nr. 4025/50



Meiner Studie über eine neue Formel zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen und Strömen, welche ich am 7. März 1901 im Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine *) mitgeteilt habe, lasse ich nunmehr als Abschluß der Untersuchungen über die Bewegung des Wassers in offenen Gerinnen die vorliegende Arbeit folgen und halte es vor allem für meine Pflicht, allen jenen, welche mich durch die Bekanntgabe von Ergebnissen durchgeführter Geschwindigkeitsmessungen unterstützt haben, den besten Dank zu sagen. Es sind dies vor allem das k. k. hydrographische Zentralbureau in Wien, das eidgenössische Oberbauinspektorat, bezw. das hydrotechnische Bureau in Bern und das königl. württembergische statistische Landesamt in Stuttgart.

Man dürfte vielleicht die Frage stellen, weshalb ich die vorliegende Studie getrennt und nicht gleich im Zusammenhang mit jener über Flüsse und Ströme gebracht habe? Ich kann hierauf nur erwidern, daß einerseits, als ich die Arbeiten über den ersten Teil abgeschlossen hatte, es infolge der Menge des zu bewältigenden Materiales gar nicht möglich war, vorausszusehen, wann es mir gelingen würde, eine Formel für kleinere Gerinne aufzustellen, andererseits mir auch der Gedanke vorschwebte, eine von wählbaren Koeffizienten unabhängige Formel für künstliche Gerinne zu finden, welche naturgemäß mit der für kleinere Gerinne hätte nahezu identisch sein sollen. Endlich fühlte ich mich damals gedrängt, dem schon lange in hydrotechnischen Kreisen wesentlich empfundenen Bedürfnisse nach

*) Siehe „Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“ 1901, Nr. 22, 23 und 26, bezw. „Studie über eine neue Formel zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen und Strömen“ von R. Siedek, bei Wilhelm Braumüller in Wien.

einer sogenannten starren Formel, welche nach Feststellung der Grundelemente, wie Querschnitt und Gefälle, vollkommen lösbar ist, wenn auch nur zum Teile, das ist, was Flüsse und Ströme anbelangt, möglichst bald nachzukommen.

Leider ist es mir nicht gelungen, für die Berechnung der Geschwindigkeit des Wassers in kleineren natürlichen sowie in künstlichen Gerinnen ein und denselben Formel-ausdruck in Vorschlag bringen zu können. Der Grund hierfür liegt wohl in dem Umstande, daß die Verhältnisse des Abflusses in Gerinnen geringerer Abmessungen und in künstlichen zu wesentlich verschieden voneinander sind, um dieselben für praktische Zwecke in einen Ausdruck zu zwingen, der dann sehr kompliziert und unhandlich geworden wäre. Immerhin gelangte ich aber durch meine Untersuchungen zu einer Lösung, die mir als ein nicht unwesentlicher Fortschritt in der Art der Berechnung der mittleren Geschwindigkeit kleiner natürlicher und künstlicher Gerinne erscheint. Vor allem sei die von mir für kleinere natürliche Gerinne aufgestellte Formel ausführlich erläutert, während ich auf jene für künstliche Gerinne später zurückkommen will.

Schon bei Aufstellung der Formel zur Ermittlung der Geschwindigkeit in Flüssen und Strömen mußte ich auf die Wahl eines Ausdruckes bedacht sein, der seinem Baue nach noch für Profile von geringerer Breite als 10 m Anwendung finden kann, denn die Grenze von 10 m für die Flußbreite war füglich willkürlich gewählt und ein plötzliches Abbrechen der Giltigkeit der Formel bei geringeren Breiten nicht begründet gewesen.

Es wird daher begreiflich erscheinen, wenn ich die zur Bestimmung der Geschwindigkeit in Gerinnen mit größeren Breiten aufgestellte Gleichung

$$v = \frac{TV\bar{J}}{20 \sqrt{B} \sqrt{0.001}} + \frac{T - T_n}{\alpha} + \frac{J - J_n}{\beta(J + J_n)} + \frac{TV\bar{J}}{20 \sqrt{B} \sqrt{0.001}} \cdot \frac{T_n - T}{\gamma}$$

bezw.

$$v = v' + \frac{T - T_n}{\alpha} + \frac{J - J_n}{\beta(J + J_n)} + v' \frac{T_n - T}{\gamma} \dots \dots 1)$$

beizubehalten getrachtet und hienach meine weiteren Untersuchungen eingerichtet habe.

Diese ergaben bei kleineren Gerinnen und bei verhältnismäßig geringen Tiefen eine annehmbare Übereinstimmung der nach obiger Formel berechneten mit den erhobenen Geschwindigkeiten; doch war eine Verminderung des Einflusses des Gefalles unverkennbar, ein Umstand, der

zu der Folgerung führte, daß das Gefälle des idealen Gewässers J_n für geringere Breiten nach einem anderen als dem von mir für Flußbreiten über 10 m aufgestellten Verhältnisse zu berechnen war. Es zeigte sich somit die Notwendigkeit, in Bezug auf die Breiten der Gerinne unter 10 m für J_n eine neue Gleichung aufzustellen, die aber jedenfalls die Bedingung erfüllen mußte, daß die Werte für J_n bei Breiten von nahe 10 m mit den nach der ursprünglichen Gleichung ermittelten nahezu dieselben sind, bzw. daß beide nach den Gleichungen analytisch gegebenen Kurven sich in dem Punkte $B = 10$ m unter einem stumpfen Winkel schneiden.

Die Gleichung für J_n für Breiten über 10 m wurde, wie ich diesbezüglich in meiner ersten Studie ausführte, zur Vereinfachung bloß als lineare Funktion festgestellt und lautet:

$$J_n = 0.0010222 - 0.00000222 B \dots 2).$$

Bei der Gleichung für Breiten unter 10 m konnte das Auskommen mit einer linearen Funktion nicht mehr gefunden werden, und es ergab sich für solche Fälle am zutreffendsten die Gleichung einer Parabel in der Form

$$J_n = 0.01166 - \sqrt{0.000058195 + 0.00000552 B} \dots 3).$$

Wie überhaupt bei diesen Studien ließ ich mich auch bei Aufstellung dieser Gleichung in erster Linie immer von den Ergebnissen der Empirik, die mir als Grundlagen dienten, leiten, und so kommt es auch, daß in diesem Ausdrucke nicht, wie es die Theorie eigentlich fordern würde, bei dem Werte von $B = 0$ $J_n = \infty$ wird, sondern den Wert von 0.00402 annimmt. Auch habe ich mich entschlossen, die Untersuchungen nur auf Gerinne zu erstrecken, die eine größere Breite als ein Meter besitzen, da die bei natürlichen Gewässern stets auftretenden Unebenheiten des benetzten Umfanges bei Gerinnen unter einem Meter im Verhältnis zur Abflußfläche zumeist bedeutend sind und daher durch ihren gesteigerten Einfluß die Bedingungen des Abflusses wesentlich komplizieren, wodurch eine Berechnung äußerst schwierig wird. Überhaupt kann, sobald nicht eine sehr große Zahl peinlichst durchgeführter Messungen in ganz kleinen natürlichen Gerinnen vorliegt, an die Aufstellung einer Formel für Gerinne unter einem Meter Breite gar nicht gedacht werden, und es ist auch noch zu bezweifeln, ob dieselbe von praktischem Erfolge gekrönt sein würde.

Praktische Erwägungen haben mich auch geleitet, die untere Grenze der Anwendung der Gleichung 1) mit 3 m

anzusetzen, wobei das Gefälle J_n für Gerinne von 3—10 m Breite nach der Gleichung 3), für Gerinne von über 10 m Breite nach der Gleichung 2) zu bestimmen wäre.

Was die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit in natürlichen Gerinnen von 1 bis 3 m Breite anbelangt, so will ich später darauf zurückkommen und vorläufig die Untersuchungen hinsichtlich des Zutreffens der Formel 1) des weiteren verfolgen. Wie wohl schon vom theoretischen Standpunkte anzunehmen war, folgen auch für die Gerinne von 3 bis 10 m Breite die in die Formel einzusetzenden Koeffizienten α , β und γ denselben Gesetzen wie für Gerinne über 10 m Breite. Dieselben sind in Tabelle I zusammengestellt und haben gegenüber den in meiner früheren Studie aufgestellten bloß eine ganz geringfügige Änderung erfahren. Diese besteht darin, daß für den Koeffizienten α , im Falle J kleiner ist als J_n , bei einem Gefälle J von 0.0037 bis 0.0006 der Wert von 5.0 zu nehmen ist, ein Wert, der auch bei Flüssen und Strömen ganz günstige Resultate liefert*), weshalb diese Tabelle I für die Werte der Koeffizienten α , β und γ nicht nur für Bäche, sondern nunmehr auch allgemein für alle natürlichen Gerinne Anwendung finden soll. Hiemit ist die Formel für die natürlichen Gerinne von 3 bis 10 m Breite gegeben, und zeigt sie sich sonach bis auf die Bestimmungsart des Wertes von J_n identisch mit jener für Flüsse und Ströme.

Es ist aber noch auf einen ziemlich wesentlichen Korrekturfaktor aufmerksam zu machen, dessen Anwendung in gewissen Fällen bei Berechnung der Geschwindigkeit in natürlichen Gerinnen überhaupt zu erfolgen hat, dessen Nützlichkeit und Notwendigkeit mir aber erst deutlich bei den kleinen Gerinnen erkenntlich wurde, weshalb ich denselben auch erst jetzt zur Einführung bringen konnte.

Bei Profilen nämlich, bei welchen die Wasserspiegelsbreite geringer ist als die 15fache Tiefe, hat die hier aufgestellte Geschwindigkeitsformel gegenüber den Ergebnissen der Messungen zu hohe Werte ergeben. Dies konnte nur darauf zurückgeführt werden, daß sich das Wasser in solchen Profilen unter einem gewissen Zwang bewegt, den die Profilform herbeiführt. Solche Fälle sind zwar gewissermaßen Ausnahmen, aber jedenfalls unbedingt zu berücksichtigen, da sie oft ganz wesentliche Änderungen der zu berechnenden Werte ergeben. Den bezüglich in die Formel

*) Siehe die Beispiele in meiner „Studie über eine neue Formel zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen und Strömen“. Tabelle III, Nr. 15, 49, 52, 53, 55, 66, 68, 100, 121, 123, 137, 139, 148, 152, 187, 217, 232, 256, 258 und 259.

Tabelle I. Werte von α , β und γ .

Bei einer Tiefe T , wenn $T > T_n$, oder T_n , wenn $T_n > T$ ist	α	Bei einem Gefälle J von		β		Bei der Differenz $T_n - T$	γ	
		$J > J_n$	$J < J_n$	$J > J_n$	$J < J_n$		$J > J_n$	$J < J_n$
von 0.0 bis 0.3 m	1	0.006	bis 0.005	6-5	.			
" 0.3 " 0.5 "	1.5	0.005	" 0.004	5-4	.			
" 0.5 " 1.0 "	2	0.004	" 0.003	4-3	5			
" 1.0 " 1.5 "	3	0.003	" 0.002	3-2	5	+ 1.0 bis + 0.7 m	2	1
" 1.5 " 2.0 "	4	0.002	" 0.001	2-1	5	+ 0.7 " + 0.5 "	2	0.75
" 2.0 " 2.5 "	6	0.001	" 0.0009	1	5	+ 0.5 " + 0.0 "	1	0.5
" 2.5 " 3.0 "	10	0.0009	" 0.0008	1.5	5	- 0.0 " - 1.0 "	10	10
" 3.0 " 3.5 "	15	0.0008	" 0.0007	2.0	5	- 1.0 " - 2.0 "	15	15
" 3.5 " 4.0 "	20	0.0007	" 0.0006	2.5	5	über - 2.0 "	20	20
" 4.0 " 4.5 "	30	0.0006	" 0.0005	3.5	10			
" 4.5 " 5.0 "	40	0.0005	" 0.0004	4.5	∞			
" 5.0 " 5.5 "	60	0.0004	" 0.0003	6	∞			
" 5.5 " 6.0 "	80	0.0003	" 0.0002	8	∞			
" 6.0 " 6.5 "	100	0.0002	" 0.0001	10	∞			
üb. 6.5 m . . .	∞	unter	0.0001	∞	∞			

neu einzuführenden Faktor will ich den Faktor des Profiles oder kurz den Profilmfaktor nennen, und habe ich dafür den

Ausdruck $\frac{T_n - T}{\sqrt{B}}$ gefunden, der der Formel additionell anzufügen ist. Da T_n bei Breiten über ein Meter immer kleiner sein muß als T , wenn B kleiner als die 15fache Tiefe ist, so wird der Profilmfaktor immer negativ und somit auch dem Faktor der Tiefe dem Zeichen nach immer entgegengesetzt sein.

Es lautet sonach die Formel nunmehr allgemein

$$v = v' + \frac{T - T_n}{\alpha} + \frac{J - J_n}{\beta(J + J_n)} + v' \frac{T_n - T}{\gamma} + \frac{T_n - T}{\sqrt{B}} \dots \dots \dots 4)$$

Um den Vorgang bei der Berechnung der Geschwindigkeit darzustellen, sind in nebenstehender Tabelle II eine

Tabelle II.

Post	Bezeichnung der Messung	Jahr	Gewässer	Wasserstand	Bei der Messung erhoben				Der Wasserspiegelbreite entsprechende normale		Werte der Koeffizienten nach Tabelle I			Glieder der Formel				Berechnete mittlere Geschwindigkeit	Differenz der erhobenen und berechneten Geschwindigkeit		
					mittlere		Wasserspiegel-Breite	Relatives Gefälle	Tiefe	Gefälle	Tiefe	Gefälle	Masse	Grundformel	Faktoren						
					Geschwindigkeit	Tiefe									Tiefe	Gefälle	Masse			Tiefe	Gefälle
					v	T	B	J	T_n	J_n	α	β	γ	$v' = \frac{20 T \sqrt{J}}{\sqrt{B} \sqrt{0.001}}$	$\frac{T-T_n}{\alpha}$	$\frac{J-J_n}{\beta(J+J_n)}$	$\frac{T_n-T}{\gamma}$			$\frac{T_n-T}{\sqrt{B}}$	
1	Tübingen (am Schlaachth.)	1892	Ammer	0.66	0.45	0.23	1.20	0.003720	—	—	—	—	—	—	0.440	—	—	—	—	0.440	0.010
2	Weitra	1890	Lainsitz	0.85	0.62	0.25	2.20	0.006000	—	—	—	—	—	—	0.589	—	—	—	—	0.589	0.031
3	Davos-Dorf	1901	Landwasser	1.854	0.077	0.242	3.48	0.000599	0.220	0.002860	1	7.5	10	0.176	0.022	-0.087	0.000	-0.012	0.099	0.022	
4	Versam	1901	Rabjusa	1.63	0.766	0.311	3.95	0.005548	0.238	0.002702	1.5	5.5	10	0.684	0.049	0.062	-0.005	-0.037	0.753	0.013	
5	Mulfingen	1896	Ette	—	0.44	0.18	4.00	0.004600	0.240	0.002687	1	4.6	1	0.360	0.060	0.057	0.022	—	0.379	0.061	
6	Wildalpe	1901	Seisenbach	197.0	1.40	0.316	5.10	0.019083	0.277	0.002355	1.5	19.1	10	1.272	0.026	0.041	-0.005	—	1.334	0.066	
7	Disentis	1901	Vorder-Rhein	1.284	0.591	0.362	6.60	0.002808	0.321	0.001920	1.5	2.8	10	0.552	0.027	0.067	-0.002	—	0.644	0.053	
8	Oberhalb Wendlingen	1892	Lauter	0.81	0.74	0.57	7.40	0.002000	0.342	0.001696	1	—	—	0.729	0.114	0.041	-0.017	-0.084	0.783	0.043	
9	Baiersbronn	1891	Forbach	0.81	0.45	0.49	7.70	0.000900	0.350	0.001620	1.5	5.0	10	0.420	0.093	-0.057	-0.006	—	0.450	0.000	
10	Hallenkau	1901	Beczwa	—	0.34	0.155	8.60	0.004800	0.372	0.001370	1.5	4.8	1	0.305	-0.145	0.116	0.066	—	0.342	0.002	
11	Peidner-Bad	1898	Glenner	7.33	0.801	0.302	9.15	0.007400	0.384	0.001220	1.5	7.4	1	0.735	-0.055	0.097	0.060	—	0.837	0.036	
12	Unterhalb Calw	1894	Nagold	1.15	0.42	1.07	9.45	0.000220	0.391	0.001145	3	∞	10	0.449	0.226	0	-0.031	-0.221	0.423	0.003	

Anzahl Beispiele angeführt, bei denen die Berechnung sowohl nach Formel 1) [wie Post Nr 5, 6, 7, 9, 10 und 11] als auch nach Formel 4) [wie Post Nr. 3, 4, 8 und 12] erfolgte, je nachdem sich das Verhältnis der mittleren Tiefe zur Breite ergab.

Auch zur Berechnung der nachstehenden Tabelle III, welche die von mir bei der Aufstellung der Formel benutzten Beispiele mit dem Ergebnisse der Messung und der Rechnung sowie die Differenz aus beiden enthält, wurde je nach dem Profilverhältnisse die Formel 1) oder die Formel 4) angewendet, und sind jene Beispiele, bei denen letztere Formel benützt wurde, zum Unterschiede mit einem Sterne versehen. Aus beiden Tabellen ist die Notwendigkeit der Einführung des Profilkoeffizienten zu entnehmen, doch sei hier auch noch ein eklatantes Beispiel hinsichtlich der Anwendung desselben bei Profilen mit Breiten von über 10 m angeführt. Unter Nr. 77—80 der Tabelle III meiner Publikation, betreffend die Ermittlung der Geschwindigkeit in Flüssen und Strömen*), sind die am Gruber-

kanale bei Laibach vorgenommenen Messungen angeführt, wobei sich die Breite bei Nr. 77 und 78 größer, bei Nr. 79 und 80 geringer als die 15fache Tiefe ergibt. Bei ersteren beiden Beispielen zeigten die Geschwindigkeiten, nach der Formel 1) berechnet, gegenüber den Messungsergebnissen nur geringe Differenzen, u. zw. 0.026 und 0.119, während bei letzteren der Unterschied 0.192 und 0.423 betrug. Berücksichtigt man aber bei Berechnung der Beispiele Nr. 79 und 80 auch den neu eingeführten Profilkoeffizienten, der sich auf -0.214, bzw. -0.470 stellt, so resultiert eine Differenz von 0.022, bzw. 0.047, was einer nahezu vollkommenen Übereinstimmung gleichkommt.

Es sei hier aber auch noch besonders betont, daß mir gleich wie bei der früheren Studie so auch bei dieser bloß ein ganz allgemein gesammeltes und nicht besonders ausgewähltes Material zur Verfügung stand, und daß somit demselben die gleichen Mängel anhaften dürften wie jenem, welches meiner ersten Studie zugrunde lag. Ich habe damals insbesondere mit Nachdruck auf die zumeist mangelhafte Gefällsermittlung aufmerksam gemacht, die bei kleinen Gerinnen umso leichter auftreten kann, als die Schwierigkeit

*) Siehe erste Fußnote.

Tabelle III.

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Jahr	Gewässer	Wasser- stand	Erhebungsdaten				Berechnete Ge- schwindigkeit	Differenz der erhobenen und berechneten Geschwindigkeit
					mittlere		Wasser- spiegel- breite	Relatives Gefälle		
					Ge- schwindig- keit	Tiefe				
					V	T	B	J	V	
1	Oberhalb Jagstzell	1899	Rothbach	1.00	0.23	0.16	1.00	0.005000	0.358	0.128
2	"	1896	"	1.34	0.35	0.17	2.85	0.002500	0.255	0.095
3	Oberhalb Aalen	1896	Aal	0.30	0.58	0.10	1.15	0.015000	0.385	0.195
*4	"	1900	"	2.60	1.51	0.98	5.50	0.002750	1.477	0.033
5	Tübingen (am Schlachthaus)	1892	Ammer	0.66	0.45	0.23	1.20	0.003720	0.440	0.010
6	"	1892	"	0.95	0.87	0.30	1.40	0.003750	0.571	0.299
7	Disentis (Raveras)	1901	Bachd. Val Acletta	1.311	0.274	0.225	1.20	0.010197	0.712	0.438
8	Langwies	1901	Fondeier- Bach	9.566	0.403	0.149	1.36	0.001477	0.179	0.224
9	Oberhalb Schwabsberg	1897	Sechta	0.98	0.06	0.22	1.40	0.000500	0.153	0.093
10	"	1896	"	1.34	0.27	0.47	2.70	0.001600	0.566	0.232
11	Oberhalb Lustenau	1892	Golders- bach	0.66	0.40	0.10	1.50	0.010000	0.310	0.090
*12	"	1892	"	0.94	0.08	0.36	3.50	0.000400	0.230	0.150
13	Tschamut	1901	Vorder- rhein	1.559	0.256	0.250	1.50	0.006774	0.649	0.393
14	Schnaus	1901	Bach des Sether Tobels	1.885	0.257	0.278	1.62	0.002054	0.389	0.132
15	Chur (Pension Friedheim)	1901	Oberth or. Mühlbach	9.836	1.278	0.512	1.63	0.004795	1.095	0.183
16	Schleuis	1901	Bach des Schleuiser Tobels	1.679	0.263	0.185	1.75	0.017813	0.759	0.496
17	Curaglia	1901	Bach der ValPlattas	1.759	0.331	0.184	1.90	0.006816	0.465	0.134
18	Laax	1901	Laaxer Bach	1.797	0.526	0.185	2.07	0.007873	0.530	0.004
19	Fideris	1901	Ariesch- Bach	9.708	0.380	0.125	2.07	0.001190	0.131	0.249
20	Oberhalb Sindringen	1897	Sall	0.88	0.60	0.12	2.10	0.027330	0.605	0.005
*21	"	1896	"	1.23	1.12	0.29	3.50	0.007000	0.808	0.312
22	"	1896	"	1.14	0.70	0.14	3.20	0.005500	0.317	0.383
23	Unterhalb Unterroth	1899	Fichten- berger Roth	0.28	0.61	0.21	2.10	0.005250	0.464	0.146
24	"	1896	"	0.34	0.50	0.17	4.00	0.002000	0.141	0.359

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Jahr	Gewässer	Wasser- stand	Erhebungsdaten				Berechnete Ge- schwindigkeit	Differenz der erhobenen und berechneten Geschwindigkeit
					mittlere		Wasser- spiegel- breite	Relatives Gefälle		
					Ge- schwindig- keit <i>V</i>	Tiefe <i>T</i>				
25	Reichenau (Farsch)	1901	Säge- Kanal	587-573	0.409	0.186	2.15	0.004514	0.380	0.029
26	Weitra	1900	Lainsitz	0.85	0.62	0.25	2.20	0.006000	0.589	0.031
27	Wsetin	1901	Rokitenka Bach	—	0.30	0.122	2.22	0.004600	0.251	0.049
28	Oberhalb Widdern	1897	Kessach	0.74	0.59	0.30	2.30	0.020500	1.303	0.713
29	"	1896	"	0.95	0.76	0.22	2.30	0.019000	0.920	0.160
30	Langwies	1901	Sapüner Bach	9.529	0.432	0.194	2.31	0.003655	0.356	0.076
31	Surrhein	1901	Bach der Val Nalps	1.730	0.393	0.280	2.37	0.009262	0.816	0.423
32	Perdatsch	1901	Bach der Val Cris- tallina	1.737	0.213	0.229	2.53	0.001286	0.248	0.035
33	Trinser Mühle (Mulins)	1901	Aua da Mulins	1.785	0.253	0.202	2.58	0.001910	0.266	0.013
34	Tavanasa	1901	Tschar- Bach	1.760	0.231	0.238	2.60	0.001886	0.312	0.081
35	Vrin	1898	Vriner- Glenner	9.617	0.611	0.281	2.60	0.006071	0.660	0.049
36	Surrhein	1901	Bach der Val Somix	1.674	0.296	0.405	2.62	0.000805	0.346	0.050
37	Davos-Dorf	1901	Flüela- Bach	1.753	0.258	0.182	2.65	0.005597	0.409	0.151
38	Gössl	1900	Mühlbach	0	0.28	0.18	2.70	0.005400	0.398	0.118
39	Gmünd	1900	Lainsitz- bach	— 0.12	0.47	0.27	2.70	0.001760	0.341	0.129
40	Gußwerk	1901	Falbers- bach	171.3	0.331	0.215	2.70	0.006049	0.503	0.172
41	Baiersbronn	1891	Sanken- bach	0.74	0.33	0.32	2.80	0.001000	0.304	0.026
42	Unterhalb Unterkothen	1896	Weißer Kocher	0.32	0.36	0.29	2.87	0.000320	0.156	0.204
43	Brigels	1901	Bach der Val Frisal	1.687	0.296	0.268	2.88	0.002800	0.425	0.129
*44	Küblis	1901	Schani- elen-Bach	9.712	0.400	0.325	3.00	0.000215	0.152	0.248
*45	Mühlen	1898	Val da Faller	9.08	0.309	0.271	3.07	0.002444	0.407	0.098
*46	Unlingen	1894	Kanzach	0.74	0.44	0.32	3.10	0.004400	0.682	0.242
*47	"	1894	"	1.47	0.74	0.60	3.25	0.002360	0.793	0.033
48	Oberh. Schäu- felles Mühle	1897	Adel- manns- felder Roth	0.30	0.35	0.23	3.50	0.000850	0.098	0.252

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Jahr	Gewässer	Wasserstand	Erhebungsdaten				Berechnete Geschwindigkeit	Differenz der erhobenen und berechneten Geschwindigkeit
					mittlere		Wasserspiegelbreite	Relatives Gefälle		
					Geschwindigkeit	Tiefe				
V	T	B	J	V						
*49	Ruiß-Andest	1901	Ual Schmuèr	1-710	0-349	0-244	3-12	0-003480	0-468	0-119
50	Klosters-Dörfl	1901	Schlappin-Bach	9-743	0-488	0-176	3-18	0-001734	0-142	0-346
51	Gmünd	1900	Vereinigte Lainsitz	0-12	0-44	0-20	3-20	0-003060	0-331	0-109
*52	Rottenacker	1894	Stehenbach	1-02	0-22	0-53	3-20	0-001700	0-560	0-340
*53	"	1894	"	1-65	0-53	0-89	3-50	0-002000	1-045	0-515
*54	Lasseë	1900	Stempfelbach	—	0-43	0-23	3-20	0-002600	0-346	0-084
*55	Oberhalb Westheim	1896	Biber	0-38	0-18	0-40	3-20	0-000270	0-212	0-032
*56	"	1897	"	0-48	0-57	0-62	4-20	0-000500	0-146	0-424
57	Rožnau	1901	Rožnauer-Beczwa	—	0-22	0-127	3-22	0-003400	0-178	0-042
*58	Safien-Platz	1901	Rabiusa	1-701	0-348	0-334	3-26	0-007812	0-941	0-593
*59	Oberhalb Ohrnberg	1899	Ohrn	0-76	0-26	0-49	3-30	0-002250	0-680	0-420
*60	"	1897	"	0-88	0-24	0-55	7-70	0-000780	0-388	0-148
*61	"	1896	"	1-17	0-24	0-58	7-90	0-001000	0-500	0-260
*62	Unterhalb Thalheim	1894	Schozach	0-42	0-13	0-38	3-30	0-000520	0-203	0-073
*63	"	1890	"	1-97	0-36	0-52	3-60	0-001860	0-596	0-236
*64	St. Gion	1901	Medelser-Rhein	1-890	0-362	0-238	3-35	0-000475	0-164	0-198
65	Rottweil	1890	Prim	0-44	1-08	0-18	3-40	0-032000	0-972	0-108
66	Hinterrhein	1898	Hinterrhein	6-80	0-393	0-151	3-45	0-006000	0-363	0-030
*67	Davos-Dorf	1901	Landwasser	1-854	0-077	0-242	3-48	0-000599	0-099	0-022
68	Weichselboden	1901	Höllbach	209-0	0-660	0-229	3-50	0-015048	0-886	0-226
*69	Andest	1901	Bach der Val Frisal	1-851	0-299	0-356	3-55	0-001477	0-356	0-057
*70	Madernal (Ruseinbrücke)	1901	Bach der Val Rusein	1-655	0-343	0-278	3-57	0-006111	0-727	0-384
*71	Oberhalb Bieringen	1897	Erlenbach	0-74	0-18	0-34	3-70	0-001000	0-236	0-056
*72	"	1896	"	0-96	0-20	0-33	3-90	0-001000	0-228	0-028
*73	Oberh. Lauffen	1890	Zaber	2-10	0-91	0-38	3-75	0-001900	0-468	0-442
74	"	1894	"	0-70	0-58	0-13	3-75	0-002300	0-085	0-495
75	St. Antönien	1901	Schanielen-Bach	9-833	0-248	0-233	3-80	0-002024	0-282	0-034
*76	Selva	1901	Vorderrhein	1-765	0-226	0-368	3-80	0-004072	0-755	0-529

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Jahr	Gewässer	Wasserstand	Erhebungsdaten				Berechnete Geschwindigkeit	Differenz der erhobenen und berechneten Geschwindigkeit
					mittlere		Wasser- spiegel- breite	Relatives Gefälle		
					Ge- schwin- digkeit	Tiefe				
V	T	B	J	V						
*77	Gurtellen	—	Gorner- bach	8·895	0·211	0·276	3·85	0·001136	0·213	0·002
*78	Unterh. Aalen	1896	Kocher	0·32	0·59	0·49	3·90	0·001200	0·452	0·138
*79	Versam (Ver- sam-Brücke)	1901	Rabiusa	1·627	0·766	0·311	3·95	0·005548	0·753	0·013
*80	Sonnenrüti	1901	Plessur	9·627	0·391	0·302	3·95	0·002737	0·477	0·086
81	Unterhalb Mulfingen	1896	Ette	1·34 (0·86)	0·44	0·18	4·00	0·004600	0·379	0·061
*82	Ausser-Ferrera	1898	Äverser- Rhein	8·06	0·547	0·435	4·05	0·001667	0·501	0·046
*83	Oberhalb Möckmühl	1897	Seckach	0·74	0·83	0·56	4·10	0·003580	0·999	0·169
*84	"	1896	"	0·94	0·75	0·50	4·15	0·003200	0·845	0·095
*85	Oberhalb Steinheim	1890	Bottwar	1·10	0·54	0·32	4·10	0·003500	0·606	0·066
*86	"	1894	"	0·78	0·26	0·30	4·40	0·002500	0·445	0·185
*87	Deizisau	1892	Kersch	0·66	0·20	0·33	4·10	0·000350	0·195	0·005
*88	"	1892	"	0·48	0·10	0·26	4·10	0·000150	0·111	0·011
*89	Unterhalb Unterkochen	1896	Schwarzer Kocher	0·30	0·38	0·38	4·10	0·000400	0·244	0·136
90	Ober-Kastels	1898	Vriner- Glenner	859·665	0·682	0·262	4·15	0·004150	0·567	0·115
91	Oberhalb Elpershofen	1896	Brettach	1·34	0·60	0·28	4·20	0·011000	0·950	0·350
92	"	1897	"	1·00	0·22	0·15	6·30	0·004430	0·311	0·091
*93	Bergün	1901	Albula	1·846	0·504	0·301	4·22	0·004390	0·651	0·147
94	Vrin	1901	Bach von Vanescha	1·870	0·564	0·137	4·22	0·003394	0·188	0·376
95	Tuttlingen	1894	Elta	0·27	0·39	0·16	4·30	0·002900	0·204	0·186
*96	"	1894	"	0·55	0·52	0·46	5·05	0·000570	0·294	0·226
*97	Bühligen	1890	Neckar	0·61	0·33	0·40	4·30	0·000550	0·235	0·095
*98	"	1890	"	0·61	0·31	0·58	8·60	0·000530	0·360	0·050
*99	Wsetin	1901	Mühlbach	—	0·608	0·433	4·30	0·000350	0·267	0·341
100	Vrin	1901	Vriner- Glenner	1·443	0·530	0·188	4·32	0·006166	0·464	0·066
101	Selfranga	1901	Mönch- alpbach	9·744	0·288	0·161	4·40	0·002526	0·164	0·124
*102	Oberhalb Neuenstadt	1897	Brettach	0·86	0·53	0·42	4·40	0·000460	0·293	0·237
103	"	1899	"	0·80	0·40	0·31	4·80	0·002800	0·531	0·131
*104	"	1896	"	1·78	0·26	1·27	5·40	0·000200	0·478	0·218
*105	"	1896	"	1·18	0·09	1·15	5·40	0·000100	0·221	0·131

Post.-Nummer	Bezeichnung der Messung	Jahr	Gewässer	Wasserstand	Erhebungsdaten				Berechnete Geschwindigkeit	Differenz der erhobenen und berechneten Geschwindigkeit
					mittlere		Wasser-spiegel-breite	Relatives Gefälle		
					Ge-schwin-digkeit	Tiefe				
							V	T		
106	Trinser Mühle (Mulins)	1901	Flem	1·791	0·369	0·220	4·43	0·001976	0·236	0·133
*107	Unterhalb Unterkochen	1897	Kocher	0·30	0·36	0·43	4·50	0·000180	0·199	0·161
*108	"	1896	"	0·32	0·40	0·44	4·95	0·000450	0·304	0·096
*109	Splügen	1898	Hinter-Rhein	9·08	0·623	0·370	4·60	0·001687	0·423	0·200
110	Vals-Platz	1898	Vals-er-Glenner	7·201	0·446	0·272	4·65	0·002356	0·390	0·056
*111	Oberensingen	1892	Aich	0·40	0·13	0·430	4·70	0·000250	0·230	0·100
*112	"	1892	"	0·81	0·30	0·510	4·80	0·000700	0·285	0·015
*113	Versam (Versam-Brücke)	1898	Rabiusa	9·773	0·558	0·347	4·72	0·005656	0·844	0·286
114	Lautrach	1894	Lauter	1·04	0·38	0·29	4·80	0·001410	0·286	0·094
*115	"	1894	"	1·65	0·80	0·49	4·90	0·002630	0·781	0·019
*116	Reichenau (Farsch)	1897	Sägekanal	593·065	0·336	0·781	4·88	0·000150	0·290	0·046
117	Ertingen	1894	Schwarz-ach	0·72	0·32	0·24	4·90	0·000910	0·188	0·132
118	"	1894	"	1·36	0·44	0·29	4·95	0·001320	0·267	0·173
*119	Tuttlingen	1894	Donau	0·27	0·23	0·51	4·95	0·000270	0·251	0·021
*120	Epfendorf	1894	Schlichem	0·45	0·42	0·86	5·00	0·004580	0·793	0·373
121	Rothenmoos	1901	Hinter-waldalpen-bach	190·5	1·041	0·194	5·00	0·018667	0·796	0·245
122	"	1901	"	199·0	1·000	0·334	5·00	0·017100	1·323	0·323
123	"	1901	"	199·0	1·069	0·251	5·50	0·017242	1·000	0·069
*124	Rüderswil	1898	Emme	8·596	0·675	0·434	5·06	0·001410	0·451	0·224
*125	Bronnenmühle	1894	Donau	0·58	0·53	0·43	5·10	0·001930	0·557	0·027
126	Lužna	1901	Senica-bach	—	0·32	0·165	5·10	0·002100	0·122	0·198
*127	Kaiserl. Jagd-schloß am Offensee	1900	Offensee-bach	0·15	0·30	0·60	5·10	0·000950	0·456	0·156
128	Curaglia	1901	Medelser-Rhein	1·811	0·465	0·261	5·10	0·000956	0·143	0·322
129	Wildalpe	1901	Seisen-bach	197·0	1·400	0·316	5·10	0·019083	1·334	0·066
*130	"	1901	"	205·0	1·809	0·369	5·10	0·020583	1·629	0·180
131	Vallé	1901	Peiler-bach	1·774	0·340	0·204	5·12	0·001050	0·057	0·283
*132	Bempflingen	1892	Erms	0·96	1·13	0·64	5·20	0·004000	1·225	0·095
*133	Unterhalb Ellwangen	1897	Jagst	1·23	0·56	0·35	5·20	0·002500	0·536	0·024

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Jahr	Gewässer	Wasserstand	Erhebungsdaten				Berechnete Geschwindigkeit	Differenz der erhobenen und berechneten Geschwindigkeit
					mittlere		Wasserspiegelbreite	Relatives Gefälle		
					Ge- schwin- dig- keit	Tiefe				
<i>V</i>	<i>T</i>	<i>B</i>	<i>J</i>	<i>V</i>						
*134	"	1896	"	1.32	0.56	0.43	5.25	0.003100	0.768	0.208
135	(Profil künstl. verengt)	1899	"	1.00	0.41	0.20	2.50	0.006700	0.546	0.136
*136	Canicül	1898	Averser-Rhein	9.55	0.344	0.441	5.28	0.001429	0.467	0.123
137	Oberh. Forchtenberg	1897	Kupfer	0.88	0.10	0.19	5.30	0.001400	0.085	0.015
138	"	1896	"	1.20	0.32	0.27	6.05	0.002000	0.334	0.014
139	Vallé	1901	Valser-Glenner	1.687	0.322	0.275	5.47	0.002394	0.398	0.076
140	Novai	1901	Vereina	9.825	0.313	0.188	5.50	0.003250	0.299	0.014
141	Weichselboden	1901	Radmersbach	215.0	0.446	0.231	5.50	0.001575	0.188	0.258
142	"	1901	"	215.0	0.305	0.323	6.00	0.001722	0.381	0.076
143	"	1901	"	234.0	0.649	0.411	7.00	0.004048	0.891	0.242
144	Christophsthal	1891	Forbach	0.76	0.35	0.29	5.60	0.001400	0.269	0.081
*145	Unterh. Weil der Stadt	1893	Würm	0.74	0.20	0.51	5.80	0.000700	0.299	0.099
*146	"	1894	"	0.98	0.215	0.58	6.40	0.000690	0.358	0.143
147	Cresta	1898	Julia	5.56	0.305	0.325	5.90	0.001125	0.268	0.037
148	b. d. Ostracher Mühle	1894	Ostrach	0.62	0.67	0.29	5.90	0.002600	0.465	0.205
149	"	1894	"	1.47	0.69	0.42	6.40	0.002800	0.766	0.076
*150	Sedrun	1901	Vorder-Rhein	1.816	0.286	0.475	5.90	0.001500	0.533	0.247
*151	Rasing	1901	Grünau-bach	215.4	0.398	0.44	5.90	0.000763	0.288	0.110
152	Fridingen	1894	Beera	0.53	0.41	0.24	6.00	0.002450	0.355	0.055
153	"	1894	"	0.58	0.75	0.38	6.60	0.003020	0.710	0.040
*154	Großenbrunn	1900	Stempfelbach	0.41	0.24	0.78	6.00	0.000560	0.365	0.125
*155	"	1900	"	0.19	0.12	0.56	6.00	0.000540	0.281	0.161
156	Oberhalb Abtsgmünd	1897	Lein	0.30	0.31	0.38	6.00	0.000350	0.255	0.055
157	"	1896	"	0.28	0.30	0.41	6.30	0.000700	0.279	0.021
158	Fridingen	1894	Donau	0.54	0.48	0.35	6.05	0.002600	0.586	0.106
159	Davos-Platz	1901	Landwasser	153.315	0.410	0.239	6.10	0.004688	0.543	0.133
160	Oberhalb Calmbach	1893	Enz	0.74	0.46	0.31	6.20	0.004500	0.684	0.224
*161	"	1894	"	0.81	0.74	0.45	6.40	0.005000	1.029	0.289
*162	Ehingen	1894	Schmiechen	1.02	0.30	0.53	6.20	0.001440	0.556	0.256

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Jahr	Gewässer	Wasserstand	Erhebungsdaten				Berechnete Geschwindigkeit	Differenz der erhobenen und berechneten Geschwindigkeit
					mittlere		Wasser- spiegel- breite	Relatives Gefälle		
					Ge- schwindig- keit	Tiefe				
V	T	B	J	V						
*163	Ehingen	1894	Schmiechen	1·80	0·53	0·66	6·60	0·001760	0·800	0·270
*164	Edersleben	1895	Kleine Helme	1·05	0·472	1·054	6·20	0·000300	0·434	0·038
165	Rautschka	1901	Bystřica- bach	—	0·44	0·200	6·30	0·006100	0·510	0·070
*166	Langenau (bei d. Ostermühle)	1894	Nau	—	0·26	0·48	6·30	0·000170	0·222	0·038
*167	"	1894	"	—	0·41	0·52	6·30	0·000220	0·240	0·170
*168	Rüderswil	1888	Emme	9·720	0·342	0·466	6·47	0·000240	0·245	0·097
*169	"	1897	"	9·739	0·368	0·479	6·90	0·000265	0·264	0·104
170	Altheim	1894	Biber	0·72	0·31	0·38	6·50	0·000510	0·227	0·083
*171	"	1894	"	1·36	0·28	0·54	6·65	0·000760	0·357	0·077
172	Disentis (Stein- brücke)	1901	Vorder- rhein	1·284	0·591	0·362	6·60	0·002808	0·644	0·053
173	Vernayaz	1902	Trient	1·606	0·372	0·264	6·65	0·002708	0·443	0·071
*174	Hundsfluh	—	Sense	1·99	0·246	0·881	6·76	0·000230	0·427	0·181
*175	Oberhalb Geis- lingen	1897	Bühler	0·59	0·58	0·48	7·10	0·002330	0·753	0·173
176	"	1896	"	0·42	0·68	0·43	7·40	0·001400	0·496	0·184
177	Oberthal	1891	Rothmurg	0·78	0·31	0·22	7·20	0·001460	0·173	0·137
178	Chur (oberhalb FlößBrechen)	1901	Plessur	2·629	0·675	0·363	7·25	0·003661	0·758	0·083
179	"	1901	"	2·547	0·522	0·349	7·31	0·003174	0·661	0·139
180	Wannweil	1892	Echaz	0·66	0·50	0·36	7·30	0·001250	0·345	0·155
181	"	1892	"	0·96	0·77	0·48	7·60	0·001750	0·677	0·093
182	Oberhalb Wendlingen	1892	Lauter	0·50	0·29	0·35	7·30	0·000900	0·244	0·046
*183	"	1892	"	0·81	0·74	0·57	7·40	0·002000	0·783	0·043
184	Chur (oberhalb Flössrechen)	1901	Plessur	9·650	0·673	0·325	7·34	0·003893	0·678	0·005
185	Davos-Platz	1896	Land- wasser	1535·27	0·455	0·252	7·49	0·004790	0·584	0·129
186	Oberhalb Eyach	1892	Eyach	0·08	0·17	0·17	7·60	0·002500	0·253	0·083
187	"	1892	"	0·46	0·69	0·46	9·30	0·001600	0·659	0·031
188	Unterhalb Bächlingen	1899	Jagst	0·96	0·35	0·46	7·70	0·001670	0·613	0·263
189	Baiersbronn	1891	Forbach	0·81	0·45	0·49	7·70	0·000900	0·450	0·000
*190	"	1891	"	1·76	1·32	0·71	8·40	0·002400	1·116	0·204
*191	Heringen	1895	Helme	1·00	0·590	1·389	7·80	0·000350	0·640	0·050

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Jahr	Gewässer	Wasserstand	Erhebungsdaten				Berechnete Geschwindigkeit	Differenz der erhobenen und berechneten Geschwindigkeit
					mittlere		Wasserspiegelbreite	Relatives Gefälle		
					Geschwindigkeit	Tiefe				
V	T	B	J	V						
192	Dellmensingen	1894	Roth	0.98	0.38	0.47	7.80	0.000440	0.357	0.023
*193	"	1894	"	1.83	0.76	0.75	7.90	0.001820	0.978	0.218
194	Unterhalb Rohrdorf	1893	Nagold	1.02	0.53	0.24	7.90	0.003260	0.469	0.061
195	"	1894	"	1.13	0.67	0.35	8.35	0.003700	0.724	0.054
196	Hangetried	1898	Sense	5.820	0.468	0.361	8.17	0.002250	0.578	0.110
197	Garfinn	1901	Landquart	9.759	0.296	0.276	8.30	0.001060	0.189	0.107
198	Oberthal	1891	Rechturmurg	0.76	0.29	0.20	8.30	0.001200	0.109	0.181
*199	Zillis	1901	Hinterrhein	1.846	0.605	0.655	8.40	0.000480	0.441	0.164
*200	Bühligen	1894	Eschach	0.50	0.36	0.70	8.40	0.001160	0.687	0.327
201	Hallenkau	1901	Bezwa	—	0.34	0.155	8.60	0.004800	0.342	0.002
202	Emmingen	1893	Nagold	1.05	0.43	0.37	8.60	0.002170	0.594	0.164
203	"	1894	"	1.16	0.58	0.49	9.10	0.002620	0.911	0.331
204	Furth	1898	Valser-Glenner	858.689	0.503	0.229	8.90	0.007250	0.632	0.129
*205	Rottweil (Eisenbahnbrücke)	1890	Neckar	0.44	0.38	0.60	8.90	0.001060	0.559	0.179
206	Ilanz	1898	Glenner	697.014	0.873	0.302	8.95	0.005549	0.749	0.124
207	St. Lorenz	1900	Grieblerache	0.22	0.256	0.52	9.05	0.000590	0.386	0.130
208	Bieringen	1892	Starzel	0.42	0.37	0.36	9.40	0.000660	0.195	0.175
*209	Prinzersdorf	1900	Pielach	0.63	1.07	0.62	9.16	0.003600	1.205	0.135
210	Dellmensingen	1894	Westerschach	0.98	0.35	0.37	9.10	0.001830	0.552	0.202
211	"	1894	"	1.83	0.81	0.48	10.00	0.002000	0.776	0.044
*212	Unterhalb Calw	1893	Nagold	0.94	0.27	0.69	9.15	0.000042	0.175	0.095
*213	"	1894	"	1.15	0.42	1.07	9.45	0.000220	0.423	0.003
214	Peidner-Bad	1898	Glenner	7.330	0.801	0.302	9.15	0.007400	0.837	0.036
215	Fachwerk	1901	Lassingbach	175.0	0.575	0.321	9.40	0.001915	0.506	0.069
216	Unterhalb Rothenbach	1893	Enz	0.73	0.53	0.37	9.30	0.003480	0.761	0.231
217	"	1894	"	0.82	0.67	0.55	9.70	0.004600	1.249	0.579
218	Spiezwyler-Brücke	1895	Kander	1.392	0.875	0.366	9.65	0.006757	0.963	0.088
219	"	1895	"	1.443	0.963	0.417	9.65	0.006757	1.087	0.124
220	Eyach	1892	Eyach	0.46	0.69	0.46	9.30	0.001600	0.640	0.050

der Ermittlung mit der Abnahme der Größe des Gerinnes zunimmt. Bei der Zusammenstellung der Tabelle III wurden selbstverständlich nur wenige der zur Verfügung gestandenen Beispiele ausgeschieden, und zwar nur solche, welche ganz augenscheinlich entweder eine unrichtige Bestimmung des Gefälles aufwiesen oder wo andere Verhältnisse der Meßstelle auf das Ergebnis der Messung ganz wesentlichen Einfluß genommen haben, so daß eine Übereinstimmung des Rechnungsergebnisses mit jenem der Rechnung vollkommen ausgeschlossen schien. In den Tabellen II und III sind aber auch, wie zu sehen, Beispiele von Messungsergebnissen angeführt, bei welchen die Breite des Gerinnes unter 3 m beträgt, und ich habe daher die diesbezüglich von mir aufgestellte Berechnungsart noch zu erläutern.

Bei meinen Untersuchungen über das Zutreffen der Ergebnisse praktischer Beispiele für Wasserspiegelbreiten unter 3 m mit den Resultaten der Rechnung hat sich gezeigt, daß für die Übereinstimmung schon der erste Teil der Formel, nämlich

$$v = \frac{T \sqrt{J}}{20 \sqrt{B} \sqrt{0.001}} \dots \dots \dots 5),$$

genügt, ja sogar dieser zumeist richtigere Werte ergibt als der unter Gleichung 1), bzw. 4) gegebene Ausdruck. Diese Erscheinung ist auf den Einfluß der in den Gleichungen 1) und 4) aufgenommenen Korrekturfaktoren zurückzuführen, der für die kleinen Verhältnisse offenbar zu schwerwiegend ist, was wohl in der bloß für größere Gerinne zweckentsprechenden Bemessung der Faktorenkoeffizienten α , β und γ sowie des Ausdruckes $\frac{T_n - T}{\sqrt{B}}$ seine Begründung haben dürfte.

Insolange aber nicht ein direkt für Zwecke der Berechnung kleiner natürlicher Gerinne mit aller Sorgfalt erhobenes Materiale vorliegt, insolange kann in diesem Punkte meines Erachtens auch nicht ein näheres Eingehen angestrebt werden, umso weniger als noch viel wichtigere Momente, wie z. B. die Erhebung des Gefälles an und für sich, einer besonderen Regelung bedürfen. In Tabelle III, bzw. II sind sonach alle Beispiele für Wasserspiegelbreiten unter 3 m nach Gleichung 5), für Breiten über 3 m, je nachdem sich das Verhältnis der Tiefe zur Breite ergab, nach Gleichung 1) oder 4) berechnet. Untersucht man nun die Übereinstimmung der durch die Rechnung erzielten Resultate mit den Ergebnissen der Messungen in derselben Art, wie ich es bei meiner ersten

Studie getan, also unter Zusammenfassung jener Beispiele, bei denen die beiderseitigen Resultate bis auf 5, 10, 20 und endlich bis auf mehr als 20 *cm* übereinstimmen, so zeigt sich für den ersten Fall ein Zutreffen von 22·7⁰/₀, für den zweiten von 43·6⁰/₀, für den dritten von 73·2⁰/₀, für den vierten von bloß 26·8⁰/₀, das ist mit Rücksicht auf die bereits bezeichnete Qualität des Beobachtungsmateriales gewiß ein ganz befriedigendes Ergebnis, welches sich vollkommen gleichwertig dem nach meiner Formel für Flüsse und Ströme gewonnenen anreicht.

Hiemit glaube ich, die mir gestellte Aufgabe als gelöst betrachten zu können und für die Bestimmung der Geschwindigkeit in natürlichen Gerinnen eine Formel gefunden zu haben, die von wählbaren Koeffizienten unabhängig ist, und bei der sich alle Faktoren aus den Abmessungen des Profiles und aus dem des Gefälles ableiten lassen, so daß der Formelausdruck in dieser Beziehung starr erscheint, d. h. daß derselbe nicht wie bei den bisher gebräuchlichen Berechnungsarten durch die ziemlich freie Annahme der Koeffizienten zur Erlangung eines gewünschten Resultates benützt werden kann.

Wenn meine Formel, wie vor erwiesen wurde, günstige Resultate liefert und ich sie somit zur Anwendung empfehle, so will ich durchaus nicht behaupten, daß dieselbe nicht etwa noch verbessert werden kann; doch glaube ich, man könne erst dann an eine Verbesserung schreiten, wenn ein ziemlich umfangreiches, vollkommen gleichmäßiges, unter gleichen Grundsätzen erhobenes Materiale zur Verfügung stehen wird. Insbesondere müßte hiebei auf die Gefällbestimmung eine besondere Sorgfalt verwendet werden, da ja die Ergebnisse derselben den ausschlaggebendsten Faktor für die Gleichung der Geschwindigkeit beschafft. Offenbar stellt sich uns aber bei Beachtung dieses wichtigen Momentes sofort die Frage entgegen, welches Gefälle des Gewässers für die Geschwindigkeit in einem Querprofile maßgebend sei und welches demnach in die Geschwindigkeitsformel eingesetzt werden solle. So wenig wichtig diese Frage für den ersten Moment erscheint, um so berechtigter dürfte sie sich nach den weiteren Ausführungen zeigen. Schon in meiner ersten Studie habe ich darauf hingewiesen, daß bei Gefällsaufnahmen die Wirkung des Massenmomentes nicht unbeachtet bleiben solle, da die Trägheit der Masse eine Änderung der Geschwindigkeit an Gefällsbrüchen nicht sofort zulasse. Auf Grund dieser Anschauung lag es wohl nahe, auch Untersuchungen anzustellen, ob dem Gefälle oberhalb der Meßstelle nicht ein höheres Gewicht zuzumessen wäre als demjenigen unterhalb derselben. Ich habe auch bei allen jenen Fällen, wo mir eine vollständige Ge-

fällskurve für die Meßstelle zur Verfügung stand, wo demnach das Gefälle nach verschiedener Art und Länge, wie z. B. nach der Tangente oder von 100 *m* ober- bis 100 *m* unterhalb u. s. w., gewählt werden konnte, Studien ange stellt und gefunden, daß sich jenes Gefälle für die Berechnung der Geschwindigkeit am zutreffendsten erweist, das aus der Differenz des Niveaus der Gefällskurve auf zwei Fluß breiten oberhalb und eine Flußbreite unterhalb resultiert. Man hat daher, sobald die Gefällskurve für ein Querprofil erhoben ist, die Höhendifferenz jenes Punktes der Niveaukurve, der zwei Flußbreiten oberhalb des Profiles, und jenes Punktes, der eine Flußbreite unterhalb des Profiles gelegen ist, durch den Längenabstand der beiden Niveaupunkte, sonach durch drei Flußbreiten zu dividieren, um das in Rechnung zu stellende relative Gefälle zu erlangen.

Diesen Vorgang halte ich für alle jene Fälle für zu treffend, wo sich die Breite des Gewässers nicht allzusehr vermindert, da sonst die Gefällsbestimmung auf eine zu kurze Strecke beschränkt würde. Um letzterem vorzubeugen, wird es sich für kleine Gewässer, d. i. für solche, die weniger als 10 *m* Breite besitzen, empfehlen, die Bestimmung wie für 10 *m* beizubehalten, somit das Gefälle nach dem vorbesprochenen Vorgange auf zusammen 30 *m* Länge zu bestimmen. Freilich ist hiebei wieder die Einschränkung zu machen, daß der Lauf des Gewässers in der Strecke vollkommen oder nahezu vollkommen gerade sein muß; wenn dies nicht der Fall ist, so muß die Strecke verkürzt werden, u. zw. in dem Maße, als es die Krümmungsverhältnisse für notwendig ergeben. Hierüber eine Norm zu geben, ist bei der Verschiedenheit der Krümmungsart und bei den vielfachen Unterschieden in den hiebei auftretenden Gefällen schwer tunlich und wird jedenfalls der Einsicht des die Gefällserhebung Durchführenden überlassen bleiben müssen. Im übrigen sollen bei der Bestimmung der Wassergeschwindigkeit ungerade Strecken tunlichst vermieden werden, denn angesichts der großen Schwierigkeit, bei kleinen Gerinnen auf Grund der Rechnung zu verlässlichen Resultaten zu gelangen, ist es unbedingt notwendig, nur ganz regelmäßige Verhältnisse in Betracht zu ziehen. Zu diesen bezüglich der Art der Gefällserhebung gewonnenen Resultaten ist auch das k. k. hydrographische Zentral-Bureau auf Grund einer äußerst ausführlichen und lehrreichen Studie gelangt, die es anläßlich eines Gutachtens über den Einfluß einer eventuellen Eindämmung des Tullnerbeckens auf die Abflußverhältnisse bei Wien durchgeführt hat, welche Studie wohl demnächst auch veröffentlicht werden dürfte. *)

*) „Beiträge zur Hydrographie Österreichs“. Herausgegeben vom k. k. hydrograph. Zentral-Bureau. Heft V (derzeit im Druck).

Mit der hier von mir aufgestellten, aus praktischen Fällen deduzierten Bedingung für die Ermittlung des Gefälles ist insoweit wieder ein Schritt weiter gewonnen, als dadurch die Art der Gefällsbestimmung für die Berechnung nach Formeln genau begrenzt wird, eine Art, die auch theoretisch begründet erscheint, wie schon bei Beginn dieses Themas angedeutet wurde. Wenn hiebei die Flußbreite als Maßstab eingeführt wurde, so hat das seinen Grund darin, daß dieselbe bei natürlichen Gewässern, der ideale Fall vorausgesetzt, in einem bestimmten Verhältnisse zur Masse steht, bezw. dieser gegenüber direkt proportional ist und somit bei der Gefällsermittlung indirekt auch der Einfluß der Wassermenge berücksichtigt wird.

So sehen wir, daß das Gefälle, der Querschnitt und die Masse stets gegenseitig in Beziehung stehen, und daß daher bei einer Geschwindigkeitsformel, welche den tatsächlichen Verhältnissen nachkommen soll, diese Elemente ihre entsprechende Berücksichtigung finden müssen.

Diese hier zum Ausdrucke gebrachte Anschauung fand ich bei meinen Studien hinsichtlich einer Formel für künstliche Gerinne nur noch mehr bestätigt. Durch den Zutritt des hier besonders ausschlaggebenden Einflusses des Rauigkeitsgrades der Wandungen aber gestalten sich die Verhältnisse noch komplizierter.

Da die von mir für natürliche Gerinne gegebene Formel gewissermaßen auf den durch den natürlichen Rauigkeitsgrad gegebenen Verhältnissen aufgebaut war, so war es wohl vor auszusehen, daß bei dem von den Profilverhältnissen ganz unabhängigen Rauigkeitsgrade der Wandungen künstlicher Gerinne meine Formel nicht genüge leisten konnte. Es war daher darauf zu sinnen, in welcher Weise diesem durch die Wandungen gegebenen willkürlichen Rauigkeitsgrade beizukommen sei. Vor allem stellte sich die Frage, wie weit, d. h. auf welche Distanz, vom benetzten Umfange, bezw. von der Wandung, der Einfluß der Rauigkeit überhaupt reicht. Theoretisch genommen wirkt dieser Einfluß immer über das ganze Profil; praktisch genommen wird er sich aber nur auf eine gewisse Distanz, bezw. Fläche beschränken, die sich gleich wie ein Band längs des benetzten Umfanges hinzieht. Die Breite dieses Bandes, sonach die zu berücksichtigende Weite des Einflusses der Rauigkeit auf die Bewegung der einzelnen Wasserfäden hängt einerseits von dem Grade der Rauigkeit selbst, andererseits aber von der Geschwindigkeit, bezw. von der Größe des Bewegungsmomentes des Gewässers ab und ist dem Rauigkeitsgrade direkt, dem Bewegungsmomente verkehrt proportional. Dieser Satz bedarf auf Grund des Standes der

heutigen Forschungen zwar keiner näheren Begründung, doch sei hier noch auf jene Bestätigung desselben verwiesen, die sich aus den Untersuchungen über die Pulsationen der Wassergeschwindigkeit in verschiedenen Lotrechten eines Gerinnes ableiten läßt. *)

Ist das Gefälle konstant, so wird bei variabler Rauigkeit der Influenzstreifen selbstverständlich verschiedene Breiten annehmen, und man könnte aus der Breite des Influenzstreifens, sobald dieselbe bekannt wäre, auf die Rauigkeit schließen und etwa diesbezüglich eine Relation aufstellen. Da aber die Änderung der Streifenbreite bei verschiedener Rauigkeit nicht feststeht und auch nicht so leicht ermittelt werden dürfte, so habe ich für meine weiteren Deduktionen den Streifen als konstant angenommen und mir den zu verwendenden Rauigkeitskoeffizienten für meine Formel berechnet. Zur Bestimmung der konstanten Streifenbreite gelangte ich dadurch, daß ich für mehrere Messungen mit kleiner mittlerer Tiefe und gleicher Rauigkeit der Wandungen den Rauigkeitskoeffizienten feststellte und nun für mehrere Fälle von größerer Tiefe unter Verwendung des vorerhaltenen Rauigkeitskoeffizienten durch näherungsweise Berechnung die Streifenbreite ermittelte. Und zwar wurde das Profil in eine Influenz- und Kernfläche geteilt, sobald die berechnete Geschwindigkeit gegenüber der gemessenen einen zu hohen Wert ergab. Hiebei wird die Kernfläche mit der nach den Formeln 1), 4) und 5) für das ganze Profil berechneten mittleren Geschwindigkeit, die Influenzfläche ebenfalls mit dieser mittleren, jedoch dem Rauigkeitsgrade entsprechend erhöhten Geschwindigkeit multipliziert und aus der Summe (Abflußmenge) mittels Division durch die Gesamtfläche die wahre mittlere Geschwindigkeit erhalten.

Selbstverständlich stellten sich bei diesen Untersuchungen verschiedene Werte für die Breite des Influenzstreifens dar, doch konnte, um den weiteren Vorgang möglichst zu vereinfachen, mit genügender Genauigkeit das Maß von $0.5\ m$ für die Breite angenommen werden, eine Ziffer, die, wie wir aus der Erfahrung wissen, mit jener Höhe über der Sohle nahezu übereinstimmt, von welcher ab aufwärts die Geschwindigkeitskurve in einer Lotrechten eines normalen Profiles keiner wesentlichen Krümmung mehr unterworfen ist, sondern sich ganz entsprechend den Tiefen und Gefällsverhältnissen ändert, während sie unterhalb dieses Maßes, je nach der vorhandenen Sohlen-

*) „Beiträge zur Hydrographie Österreichs“. Herausgegeben vom k. k. hydrographischen Zentral-Bureau. Heft III.

geschwindigkeit, eine mehr oder weniger starke Krümmung besitzt. Die Sohlengeschwindigkeit ist aber in normalen Fällen das Charakteristikum für die Rauhigkeit, und somit ist der von ihr abhängige Kurvenast der Lotrechten auch von der Rauhigkeit des benetzten Umfanges beeinflusst.

Man ersieht somit hierin eine Bestätigung für den auf empirischem Wege gefundenen Wert für die Breite des Influenzstreifens. Andererseits ist mit dem Influenzstreifen auch jene Partie des Querprofiles abgegrenzt, in welcher der Abflußvorgang nicht mehr abhängig von der Rauhigkeit der Wandungen, sondern nur von dem Gefälle und der Profilform beeinflusst wird.

Nachdem ich meine Formeln 1), 4) und 5) für natürliche Gerinne aufgestellt habe und dieselben nach den ihnen zugrunde liegenden Prinzipien auch den in solchen Gewässern durchschnittlich auftretenden Rauhigkeitsverhältnissen Rechnung tragen, so war es notwendig, sobald diese Formeln für die künstlichen Gewässer in Anwendung gelangen sollten, das durch dieselben gewonnene Resultat unter Berücksichtigung des Influenzstreifens zu modifizieren.

Selbstverständlich galt es vor allem, die Rauhigkeitskoeffizienten festzustellen sowie die Art und Weise, wie selbe in die Formeln einzuführen wären. Da dies wegen des vorhandenen Materiales in erster Linie nur an Fällen unter 3 m untersucht wurde, so kam vorläufig auch nur Gleichung 5) in Betracht. Es ergab sich hienach, daß die durch diese Gleichung berechnete mittlere Geschwindigkeit V noch mit einem Koeffizienten ρ zu multiplizieren ist, um die durch die Messung bestimmte Geschwindigkeit zu ergeben. Dieser Koeffizient ρ zeigte aber in den einzelnen Kategorien der Rauhigkeit (und es sei hier immer geringere Rauhigkeit als die natürliche im Auge behalten) noch ziemlich differierende Werte, die insbesondere mit der Zu- oder Abnahme der mittleren Tiefe im Zusammenhange waren. Ich entschloß mich daher nach mehrfachen Versuchen ρ , mit einer Potenz der mittleren Tiefe T in Verbindung zu bringen, und setzte

$$\rho = \frac{w}{T^n} \cdot \dots \dots \dots 6),$$

in welchem Ausdrücke sich sodann in der Tat für den Reibungswiderstand w möglichst konstante Werte für die einzelnen Kategorien der Rauhigkeit herausstellten. Eine Erklärung für dieses Verhalten läßt sich auch aus den Gesetzen der Mechanik für die gleitende Reibung herleiten.

Wir wissen, daß der Reibungskoeffizient, den wir ρ genannt haben, dem Reibungswiderstande w direkt, dem Normaldrucke verkehrt proportional ist,

$$\rho = \frac{w}{N} \dots \dots \dots 7)$$

In der von mir aufgestellten Gleichung 6) repräsentiert nun die Potenz der mittleren Tiefe T^n gewissermaßen den auf die Längeneinheit entfallenden Normaldruck sowie w den der Rauigkeit der Wände entsprechenden Widerstandskoeffizienten. Es ist demnach auch erklärlich, daß die Werte von w gegenüber jenen von ρ in den einzelnen Rauigkeitskategorien nur sehr wenig schwanken, insbesondere bei den Serienbeispielen, wo in ein und demselben Gerinne bei verschiedener Wassermenge die Messungen durchgeführt worden sind. Wenn dies aber trotzdem noch in gewissem Maße der Fall ist, so kann das einerseits auf die Ungenauigkeit der Messung zurückgeführt, andererseits auf die Wahl des Potenzwertes der mittleren Tiefen, der je nach dem Maße der Tiefe variabel ist, bezogen werden. Insoweit nämlich T kleiner als 1 m ist, zeigte sich n auch kleiner als 1, während für Werte von T über 1 m T^n nur sehr wenig von der Einheit abweichen soll, daher bei Zunahme der mittleren Tiefe rasch abnehmen muß, um ein mit der Messung übereinstimmendes Resultat für die mittlere Geschwindigkeit zu liefern. Da mir zur Verfolgung der Abhängigkeit des n von T verhältnismäßig zu wenig Beispiele zur Verfügung standen und auch eine einfache Fixierung des Wertes von n für die Praxis zweckmäßiger erscheint als etwa ein komplizierter Ausdruck, so habe ich für Werte von T unter eins n gleich $\frac{1}{2}$ angenommen, wonach sodann die Gleichung 6) übergeht in die Gleichung

$$\rho = \frac{w}{\sqrt{T}} \dots \dots \dots 8),$$

während ich für Werte von T über 1 m $n = \frac{1}{\infty} = 0$ setzte, somit in diesen Fällen der Nenner gleich 1, daher

$$\rho = w \dots \dots \dots 9)$$

wird.

Beachtet man dies sowie das früher hinsichtlich der Berechnung der mittleren Geschwindigkeit für künstliche Gerinne Besprochene, so lautet nunmehr für künstliche Gerinne mit Breiten von $1\text{--}3\text{ m}$ und mittleren Tiefen unter 1 m die Formel zur Berechnung der mittleren Profilvergeschwindigkeit

$$v = \frac{T \cdot \sqrt{J}}{\sqrt[20]{B \cdot \sqrt{0.001}}} \cdot \frac{w}{\sqrt{T}} \dots \dots \dots 10).$$

Hiebei ist jedoch vorausgesetzt, daß in dem Profile, dessen mittlere Geschwindigkeit nach dieser Formel berechnet werden soll, die gesamte Fläche mit dem Influenzstreifen der Rauigkeit, bezw. des Widerstandes zusammenfällt.

Ist dies nicht der Fall, so hat, wie früher darauf hingewiesen wurde, eine Teilung des Profiles in die Influenzfläche F_i und in die Kernfläche F_k stattzufinden, und es stellt sich sodann die vorangeführte Gleichung 10), wie folgt:

$$v = \left(\frac{F_i \cdot w}{\sqrt{T}} + F_k \right) \frac{T \cdot \sqrt{J}}{F \cdot \sqrt{B} \cdot \sqrt{0.001}} \quad \dots 11),$$

bezw. für Gerinne bis 3 m Breite, deren mittlere Tiefe über 1 m beträgt,

$$v = \left(F_i \cdot w + F_k \right) \frac{T \sqrt{J}}{F \cdot \sqrt{B} \sqrt{0.001}} \quad \dots 12).$$

Um im weiteren eine Abkürzung in der Schreibart der Formel eintreten zu lassen, sei der mit Gleichung 5) gegebene Ausdruck, der schon in der Formel für Flüsse und Ströme zur Vereinfachung mit v' benannt wurde, mit dem gleichen Zeichen bedacht, dann der unter Gleichung 1) gegebene mit v'' , jener unter Gleichung 4) mit v''' bezeichnet. Die beiden Ausdrücke v'' und v''' kommen bei künstlichen Gerinnen über 3 m Wasserspiegelbreite in Betracht, da sich bei denselben schon die eigenartige Gestaltung des Querprofiles sowie die Abweichungen von der normalen Tiefe und dem normalen Gefälle des idealen Gerinnes wesentlich einflußnehmend zeigen.

Daß im übrigen bei künstlichen Gerinnen unter 3 m Wasserspiegelbreite die Querprofilform auch nicht vollkommen unbeachtet bleiben darf, soll noch bei Besprechung des Widerstandskoeffizienten hervorgehoben werden.

Für künstliche Gerinne über 3 m Wasserspiegelbreite hat nun statt des Ausdruckes der Grundformel v' je nach dem Verhältnisse der mittleren Tiefe zur Wasserspiegelbreite v'' oder v''' zu treten, und da unterschieden werden muß, ob die Tiefe größer oder kleiner als 1 m ist, so ergeben sich naturgemäß vier Formelausdrücke, die in der abgekürzten Form, wie folgt, lauten:

$$v = \left(\frac{F_i w}{\sqrt{T}} + F_k \right) \frac{v'''}{F} \quad \dots 13),$$

$$v = \left(\frac{F_i w}{\sqrt{T}} + F_k \right) \frac{v''}{F} \quad \dots 14),$$

$$v = \left(F_i w + F_k \right) \frac{v'''}{F} \dots \dots \dots 15),$$

$$v = \left(F_i w + F_k \right) \frac{v''}{F} \dots \dots \dots 16).$$

Gleichung 13) dient zur Berechnung der mittleren Geschwindigkeit für künstliche Gerinne über 3 m Wasserspiegelbreite, die unter 1 m mittlere Tiefe besitzen, und deren Wasserspiegelbreite kleiner, Gleichung 14), deren Wasserspiegelbreite größer als die 15fache mittlere Tiefe ist, indes Gleichung 15) für solche künstliche Gerinne, die über 1 m mittlere Tiefe besitzen, und deren Wasserspiegelbreite kleiner, Gleichung 16, deren Wasserspiegelbreite größer als die 15fache mittlere Tiefe ist, gilt.

Die hiemit gegebenen Formeln, welche sich, wie gezeigt wurde, aus der Grundformel entwickeln, schließen nun die gesamte Reihe von neun Gleichungen ab, mittels deren die mittlere Geschwindigkeit des Wassers sowohl in künstlichen (Gleichung 11–16) als in natürlichen Gerinnen (Gleichung 1, 4 und 5) berechnet werden kann, und es erübrigt nur mehr, sich noch etwas eingehender mit der Aufstellung des Widerstandskoeffizienten und der Berechnung künstlicher Gerinne, deren Profilfläche größer als der Influenzstreifen ist, zu befassen.

Ich habe schon früher darauf hingewiesen, daß der Rauigkeitskoeffizient ρ zur Berechnung der Influenzstreifenbreite benötigt wird und aus Messungen entnommen wurde, bei denen die mittlere Tiefe sehr gering war. Diese Messungen sowie alle übrigen Beispiele, welche mir zur Aufstellung der Werte des Widerstandskoeffizienten w dienten, sind in Tabelle IV zusammengestellt und aus den Publikationen Bazins und Kutters gesammelt worden, wobei nur solche Beispiele zur Auswahl gelangten, bei denen aus den vorliegenden Daten mit Sicherheit die genaue Bestimmung des Profiles und der Gefällsverhältnisse möglich war. Freilich scheinen für die Feststellung des Widerstandskoeffizienten die vorliegenden 123 Messungen bei strengem Maßstabe noch etwas zu dürftig. Ich erkläre aber, daß die von mir aufgestellten Werte für den Widerstandskoeffizienten Näherungswerte vorstellen, und daß dieselben wie überhaupt die gesamten Formeln nicht schablonenhaft, sondern immer genau mit Bedacht auf den zu untersuchenden Fall angewendet werden müssen. Diese Bedingung ergibt sich auch schon aus der mehrfachen Form der Formeln selbst.

Zurückkehrend zur Besprechung der Tabelle IV ist in erster Linie auf die nach den Gleichungen 1), 4) und 5) berechnete mittlere Geschwindigkeit hinzuweisen, und zwar

bei jenen Beispielen, bei denen die gesamte Profilsfläche innerhalb des Influenzstreifens von 0·5 m Breite fiel. Waren nach einer der genannten drei Gleichungen die Werte v' , v'' oder v''' berechnet, so wurde der Quotient aus der gemessenen mittleren Geschwindigkeit und der in obiger Art berechneten gebildet, welcher den dem bestimmten Falle zugehörigen Rauigkeitskoeffizient ρ darstellt.

Dieser Wert multipliziert, im Falle die mittlere Tiefe T kleiner ist als 1, mit \sqrt{T} , im Falle dieselbe größer ist, mit 1, ergibt sodann den Widerstandskoeffizienten w , der in der letzten Kolonne der Tabelle angeführt ist.

Bei jenen Beispielen, bei welchen eine Teilung des Profiles in die Influenz- und Kernfläche notwendig war, berechnete sich der Widerstandskoeffizient für den Fall, für welchen z. B. die Gleichung 11) galt, mittels des Ausdruckes

$$w = \left(\frac{v F}{v'} - F_k \right) \frac{\sqrt{T}}{F_i} \dots \dots \dots 17)$$

und analog für die übrigen Fälle mittels der Ausdrücke

$$w = \left(\frac{v F}{v'} - F_k \right) \frac{1}{F_i} \dots \dots \dots 18),$$

$$w = \left(\frac{v F}{v'''} - F_k \right) \frac{\sqrt{T}}{F_i} \dots \dots \dots 19),$$

$$w = \left(\frac{v F}{v''} - F_k \right) \frac{\sqrt{T}}{F_i} \dots \dots \dots 20),$$

$$w = \left(\frac{v F}{v'''} - F_k \right) \frac{1}{F_i} \dots \dots \dots 21),$$

$$w = \left(\frac{v F}{v''} - F_k \right) \frac{1}{F_i} \dots \dots \dots 22).$$

Verfolgt man die ermittelten Werte von w nach den Serien, z. B. Post Nr. 3—13, 14—24 u. s. w., so stellt sich heraus, daß dieselben bei kreisförmigen und trapezförmigen Querschnitten, somit bei einer der natürlichen Schalenform sehr ähnlichen Gestaltung, trotz der Änderung der mittleren Tiefe fast vollkommen konstant bleiben, somit auch wirklich dem Verhalten eines zutreffenden Widerstandskoeffizienten entsprechen. Nur bei rechteckigen oder nahezu rechteckigen Profilen tritt ein gewisses Schwanken bei den in Serien ermittelten Werten von w ein, welche Erscheinung jedoch praktisch genommen von geringem Belange ist.

Tabelle IV.

Post-Nummer	Bezeichnung des Versuches		Erhebungsdaten				nach der Grundformel berechnete mittlere Geschwindigkeit v', v'' oder v'''	$\rho = \frac{v}{v'}$ oder $\rho = \frac{v}{v''}$ oder $\rho = \frac{v}{v'''}$	$w = \rho \sqrt{T}$	Form des Gerinnes und Beschaffenheit des benetzten Umfanges	
	Entnommen von	Serie (Seite)	Wasserspiegelbreite	mittlere Tiefe	relatives Gefälle	mittlere Geschwindigkeit					
		Nummer	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>J</i>	<i>v</i>					
1	Kutter	32	2	2·59	0·93	0·000840	1·69	0·813	—	2·417	rechteckig; behauene Quadersteine
2		31	2	1·81	0·18	0·005060	2·08	0·393	5·293	2·245	
3	B a z i n	24	2	1·00	0·178	0·001500	1·135	0·218	5·206	2·197	halbkreisförmig; reiner Zement
4		"	3	1·09	0·223	"	1·267	0·272	4·658	2·200	
5		"	4	1·13	0·260	"	1·401	0·317	4·420	2·257	
6		"	5	1·17	0·296	"	1·483	0·360	4·119	2·243	
7		"	6	1·20	0·330	"	1·562	0·401	3·895	2·240	
8		"	7	1·22	0·366	"	1·612	0·444	3·631	2·197	
9		"	8	1·23	0·398	"	1·681	0·482	—	2·212	
10		"	9	1·24	0·425	"	1·754	0·515	—	2·247	
11		"	10	1·25	0·458	"	1·803	0·555	—	2·243	
12		"	11	1·25	0·491	"	1·847	0·595	—	2·237	
13	"	12	1·25	0·500	"	1·862	0·606	—	2·238		
14	B a z i n	25	2	1·02	0·189	"	1·047	0·231	4·533	1·968	halbkreisförmig; reiner Zement
15		"	3	1·10	0·237	"	1·179	0·289	4·080	1·987	
16		"	4	1·14	0·273	"	1·311	0·332	3·949	2·062	
17		"	5	1·19	0·316	"	1·375	0·384	3·581	2·015	
18		"	6	1·21	0·349	"	1·463	0·423	3·459	2·041	
19		"	7	1·23	0·389	"	1·506	0·472	—	1·995	
20		"	8	1·24	0·419	"	1·584	0·508	—	2·037	
21		"	9	1·25	0·453	"	1·640	0·549	—	2·049	
22		"	10	1·25	0·471	"	1·670	0·571	—	2·053	
23		"	11	1·25	0·487	"	1·691	0·590	—	2·054	
24		"	12	1·25	0·503	"	1·726	0·609	—	2·071	
25		B a z i n	27	2	1·03	0·198	"	0·763	0·242	3·153	
26	"		3	1·08	0·230	"	0·820	0·281	2·918	1·401	
27	"		4	1·11	0·261	"	0·892	0·318	2·805	1·433	
28	"		5	1·14	0·289	"	0·929	0·352	2·639	1·420	
29	"		6	1·16	0·317	"	0·983	0·385	2·553	1·436	
30	"		7	1·18	0·343	"	1·014	0·417	2·432	1·425	
31	"		8	1·21	0·395	"	1·079	0·479	2·253	1·415	
32	"		9	1·22	0·446	"	1·137	0·541	—	1·443	
33	"		10	1·22	0·491	"	1·204	0·595	—	1·471	
34	Kutter		32	1	2·25	0·77	0·003720	3·13	1·426	—	2·179

Post-Nummer	Bezeichnung des Versuches		Erhebungsdaten				nach der Grundformel berechnete mittlere Geschwindigkeit v, v', v'' oder v'''	$\rho = \frac{v}{v'}$ oder $\rho = \frac{v}{v''}$ oder $\rho = \frac{v}{v'''}$	$w = \rho \sqrt{T}$	Form des Gerinnes und Beschaffenheit des benetzten Umfanges		
	Entnommen von	Serie (Seite)	Wasserspiegelbreite	mittlere Tiefe	Relatives Gefälle	mittlere Geschwindigkeit						
	Nummer		<i>B</i>	<i>T</i>	<i>J</i>	<i>v</i>						
35	K u t t e r	31	6	2.00	0.26	0.002214	1.32	0.374	3.530	1.800	rechteckig; Bretter	
36		"	7	2.00	0.19	0.004889	1.81	0.406	4.458	1.943		
37		"	8	2.00	0.16	0.008163	2.19	0.442	4.955	1.982		
38		"	9	2.00	0.28	0.001468	1.11	0.328	3.384	1.791		
39		"	10	2.00	0.17	0.005874	1.85	0.398	4.648	1.917		
40		"	11	2.00	0.15	0.008380	2.10	0.419	5.012	1.941		
41		"	18	1.20	0.28	0.004600	1.98	0.595	3.327	1.761		
42		"	18	1	1.20	0.081	0.004900	1.026	0.176	5.830		1.659
43		"	"	2	1.20	0.126	"	1.349	0.276	4.887		1.735
44		"	"	3	1.20	0.167	"	1.538	0.366	4.202		1.717
45		"	"	4	1.20	0.203	"	1.690	0.446	3.789		1.707
46		"	"	5	1.20	0.238	"	1.811	0.521	3.476		1.696
47	"	"	6	1.20	0.271	"	1.907	0.594	3.210	1.671		
48	"	"	7	1.20	0.304	"	1.981	0.667	2.970	1.638		
49	"	"	8	1.20	0.334	"	2.062	0.732	2.817	1.628		
50	"	"	9	1.20	0.363	"	2.133	0.766	2.784	1.678		
51	"	"	10	1.20	0.392	"	2.195	0.860	2.552	1.598		
52	"	"	11	1.20	0.418	"	2.263	0.918	2.465	1.594		
53	"	"	12	1.20	0.446	"	2.313	0.978	2.365	1.579		
54	B a z i n	21	1	1.24	0.110	0.001500	0.730	0.133	5.489	1.817	rechteckig; Planken	
55		"	2	1.38	0.165	"	0.892	0.199	4.482	1.822		
56		"	21	3	1.48	0.203	0.001500	1.021	0.244	4.184		1.887
57		"	"	4	1.58	0.236	"	1.102	0.283	3.894		1.895
58		"	"	5	1.66	0.264	"	1.175	0.315	3.730		1.915
59		"	"	6	1.74	0.290	"	1.228	0.345	3.559		1.914
60		"	"	7	1.80	0.312	"	1.281	0.371	3.453		1.928
61		"	"	8	1.86	0.331	"	1.339	0.393	3.407		1.960
62		"	"	9	1.92	0.350	"	1.376	0.415	3.316		1.962
63		"	"	10	1.98	0.368	"	1.415	0.436	3.245		1.971
64		"	"	11	2.03	0.384	"	1.452	0.454	—		1.999
65		"	"	12	2.08	0.400	"	1.485	0.472	—		2.032
66	trapezoidal, beide Wände unter 45° geneigt; Planken	22	1	1.04	0.088	0.004900	1.090	0.194	5.619	1.663		
67		"	"	2	1.08	0.130	"	1.436	0.287	5.003	1.806	
68		"	"	3	1.13	0.169	"	1.612	0.372	4.333	1.782	
69		"	"	4	1.16	0.200	"	1.765	0.439	4.021	1.796	
70		"	"	5	1.20	0.226	"	1.905	0.496	3.841	1.827	
71		"	"	6	1.23	0.253	"	1.985	0.554	3.583	1.801	
72		"	"	7	1.25	0.275	"	2.089	0.602	3.470	1.820	
73		"	"	8	1.29	0.297	"	2.150	0.649	3.313	1.805	
74	trapezoidal, eine Wand vertikal, die andere unter 45° geneigt; Planken	"	9	1.31	0.315	"	2.247	0.688	3.266	1.833		

Post-Nummer	Bezeichnung des Versuches		Erhebungsdaten					$\rho = \frac{v}{v'}$ oder $\rho = \frac{v}{v''}$ oder $\rho = \frac{v}{v'''}$	$w = \rho \sqrt{VT}$	Form des Gerinnes und Beschaffenheit des benetzten Umfanges	
	Entnommen von	Serie (Seite)	Wasserspiegelbreite	mittlere Tiefe	relatives Gefälle	mittlere Geschwindigkeit	nach der Grundformel berechnete mittlere Geschwindigkeit				
	Nummer		<i>B</i>	<i>T</i>	<i>J</i>	<i>v</i>	<i>v'</i> , <i>v''</i> oder <i>v'''</i>				
75	Bazin	10	1.33	0.334	"	2.308	0.729	3.166	1.830	trapezoidal, eine Wand vertikal, die and. unter 45° geneigt; Planken	
76		11	1.36	0.352	"	2.365	0.767	3.083	1.829		
77		12	1.38	0.370	"	2.416	0.806	2.998	1.823		
78		23	5	1.03	0.258	"	1.940	0.570	3.404		1.729
79		"	6	1.11	0.277	"	2.008	0.610	—		1.743
80		"	7	1.18	0.294	"	2.081	0.645	—		1.781
81		"	8	1.24	0.310	"	2.143	0.679	—		1.799
82		"	9	1.30	0.324	"	2.203	0.708	—		1.836
83		"	10	1.35	0.338	"	2.257	0.737	—		1.869
84		"	11	1.40	0.351	"	2.299	0.764	—		1.891
85		"	12	1.45	0.362	"	2.363	0.787	—		1.935
86		26	2	1.08	0.191	0.001500	0.984	0.233	4.223		1.845
87		"	3	1.18	0.229	"	1.132	0.278	4.072		1.947
88	"	4	1.24	0.269	"	1.230	0.326	3.773	1.957		
89	"	5	1.29	0.308	"	1.297	0.373	3.477	1.933		
90	"	6	1.32	0.341	"	1.374	0.412	3.335	1.948		
91	"	7	1.35	0.378	"	1.413	0.456	—	1.907		
92	"	8	1.37	0.406	"	1.486	0.490	—	1.953		
93	"	9	1.38	0.441	"	1.524	0.532	—	1.943		
94	"	10	1.39	0.469	"	1.579	0.565	—	1.974		
95	"	11	1.40	0.503	"	1.612	0.606	—	1.964		
96	"	12	1.40	0.532	"	1.660	0.641	—	1.982		
97	"	13	1.40	0.548	"	1.689	0.660	—	1.997		
98	Kütter	32	3	1.91	0.19	0.005025	1.55	0.412	3.762	1.640	rechteckig; Backsteine
99	Bazin	32	1	1.82	0.110	0.101000	3.747	1.073	3.492	1.158	fast rechteckig, behauener Bruchstein
100		"	2	1.83	0.166	"	4.931	1.619	3.046	1.241	
101		"	3	1.84	0.215	"	5.694	2.096	2.717	1.257	
102		"	4	1.85	0.252	"	6.429	2.456	2.618	1.314	
103		33	1	1.83	0.149	0.037000	2.757	0.879	3.137	1.211	
104		"	2	1.84	0.233	"	3.494	1.375	2.541	1.227	
105	"	3	1.85	0.294	"	4.131	1.734	2.382	1.292		
106	"	4	1.87	0.349	"	4.595	2.058	2.233	1.319		
107	Kütter	33	45	2.00	0.80	0.000331	0.65	0.445	—	1.401	rechteckig; gutes Bruchstein-Mauerwerk
108		32	32	1.80	0.18	0.100760	4.93	1.754	2.811	1.193	rechteckig; behauener Bruchstein mit Schlammansatz
109		33	33	1.80	0.24	0.036856	4.13	1.415	2.919	1.430	dto., jedoch Sohle etwas schadhaf

Post-Nummern	Bezeichnung des Versuches		Erhebungsdaten					$\rho = \frac{v}{v'}$ oder $\rho = \frac{v}{v''}$ oder $\rho = \frac{v}{v'''}$	$w = \rho \sqrt{V T}$	Form des Gerinnes und Beschaffenheit des benetzten Umfanges		
	Entnommen von Seite (Seite)	Nummer	Wasserspiegelbreite	mittlere Tiefe	relatives Gefälle	mittlere Geschwindigkeit	nach der Grundformel berechnete oder mittlere Geschwindigkeit					
											B	T
110	K u t t e r	33	1.3	1.06	0.36	0.029000	3.42	1.933	1.769	1.062	rechteckig; Bruchstein	
111		"	1.4	1.06	0.29	0.060000	4.25	2.240	1.897	1.022		
112		"	1.5	1.20	0.49	0.012200	2.31	1.696	1.362	0.953		
113		"	1.6	1.10	0.47	0.014000	2.55	1.750	1.457	0.999	rechteckig; be- schädigter Bruchstein, Sohle mit Steinen und Schlamm be- deckt	
114		"	44	2.00	0.70	0.000350	0.51	0.400	—	1.105		
115		"	46	2.00	0.55	0.000671	0.62	0.435	—	1.072	rechteckig; Bretter mit daran befestig- tem Kies von 1-2 cm Durch- messer	
116		"	32	4	1.83	0.24	0.004974	1.35	0.519	2.601		1.274
117		"	5	1.83	0.27	"	1.09	0.584	1.866	1.866	0.970	dto., jedoch Kies 3-5 cm stark
118		"	12	1.96	0.30	0.001468	0.87	0.351	2.479	1.358	rechteckig; mit Intervallen von 1 cm auf- genagelte, 27 cm breite Gypser- latten	
119		"	13	1.96	0.20	0.005966	1.55	0.472	3.284	1.469		
120		"	14	1.96	0.17	0.008862	1.76	0.489	3.599	1.484	dto., jedoch die Intervalle per 5 cm	
121		"	15	1.96	0.40	0.001468	0.78	0.469	1.663	1.052		
122		"	16	1.96	0.25	0.005997	1.18	0.592	1.993	0.997		
123		"	17	1.96	0.22	0.008862	1.33	0.633	2.101	0.986		

Es zeigt sich eben wieder, daß Profile mit sehr steilen Ufern einen wesentlich anderen Einfluß auf die Abflußverhältnisse ausüben, als solche mit flachen, natürlichen, ein Umstand, der mitgewirkt hat, daß bei der Aufstellung der Formel für natürliche Gerinne, wie wir wissen, zu derselben für den Fall, als die Wasserspiegelbreite nicht die 15 fache mittlere Tiefe erreicht, noch der Faktor $\frac{T_n - T}{\sqrt{B}}$ additionell hinzuzufügen kommt. Ist aber die Breite

des künstlichen Gerinnes bei rechteckiger Form unter 1.6 m, so ergab sich nach den Beispielen in Tabelle IV eine Verringerung des Wertes des ermittelten Widerstandskoeffizienten um 10 bis 20⁰/₀.

In Tabelle V sind nun für die zumeist eintretenden Kategorien der Rauigkeit des benetzten Umfanges die

Tabelle V. Widerstandskoeffizient w .

Post-Nr.	Art des benetzten Umfanges	w	
		bei rechteckigem Querschnitt unter 1.6m Breite	in allen übrigen Fällen
1	Quadern, sehr glatt	2.05	2.25
2	Zement, sehr glatt	2.05	2.25
3	Backstein, Sohle Zement, glatt	2.00	2.20
4	Zement, gewöhnlich verputzt	1.80	2.00
5	Backstein	1.45	1.65
6	Holz, glatt gehobelt	1.70	1.90
7	„ ungehobelt	1.40	1.60
8	Bruchstein, gut behauen	1.20	1.40
9	„ einfach „	1.15	1.25
10	„ rau „	1.00	1.10
11	„ Sohle mit Kies	1.00	1.10

Widerstandskoeffizienten zusammengestellt und hiebei der bereits vorerwähnte Unterschied zwischen rechteckigen Profilen unter 1.6 m Breite und den übrigen Fällen berücksichtigt. Für Fälle, bei denen die Rauigkeit der Wandungen nicht strikte in die hier gegebene Reihe eingefügt werden kann, wird es jedenfalls notwendig sein, entsprechende Werte im Wege der Interpolation zu bestimmen, doch wird bemerkt, daß der Unterschied der Einzelansätze des Widerstandskoeffizienten der Tabelle V für die Praxis ohnedies kein besonders bedeutender ist.

Von Interesse ist es, die von mir neu aufgestellte Formel für künstliche Gerinne mit Formeln anderer Autoren zu vergleichen, und da nach meinem Dafürhalten unter diesen der neuesten Formel von Bazin

$$v = \frac{87 \cdot \sqrt{RJ}}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \dots \dots \dots 23)$$

hinsichtlich des Zutreffens mit den tatsächlichen Erhebungen der Vorrang gebührt, so sei auch nur diese, um die Ausführungen nicht allzusehr auszudehnen, in Besprechung gezogen. Berechnet man für die in Tabelle IV angeführten Serienbeispiele den Rauigkeitkoeffizienten γ nach Bazin, so stellen sich bei den erlangten Werten ebenfalls Differenzen für eine und dieselbe Kategorie der Rauigkeit heraus, die in selber Weise ausschlaggebend sind wie jene für den

von mir aufgestellten Widerstandskoeffizienten, vielfach aber auch noch größere Werte erreichen. Es kann somit für ganz kleine Gerinne meine Formel im allgemeinen zum mindesten als ebenso zutreffend bezeichnet werden als jene Bazins.

Erreicht aber die Wasserspiegelbreite größere Werte oder tritt bei meiner Formel die Teilung des Profiles ein, dann ist das Ergebnis nach dem von mir gegebenen Formel-ausdruck mit der tatsächlichen Messung weitaus zutreffender, und zwar umsomehr, je größer das Profil, insbesondere die mittlere Tiefe wird, wofür der Grund eben in dem Aufbau des Ausdruckes zu suchen ist, der aus großen Verhältnissen abgeleitet und erst dann den kleinen akkomodiert wurde, während es im allgemeinen bei den alten Formeln umgekehrt üblich war.

Am anschaulichsten wird dies durch die in der Tabelle VI angeführten Beispiele, bei denen durchgehends eine Profiltteilung in Influenzstreifen und Kern eintreten mußte, und unter denen die sub Post Nr. 4, 5, 20, 22, 23 und 28 angeführten als Präzisionsmessungen bezeichnet werden können. Es sind dies solche, bei denen auch das Gefälle mit besonderer Genauigkeit erhoben wurde und entsprechend der von mir aufgestellten Bedingung ermittelt werden konnte, indes die übrigen eine ebenso allgemeine Zusammenstellung darbieten wie die für natürliche Gerinne in Tabelle III vereinigten.

Von den vorbezeichneten Präzisionsmessungen ziehen in erster Linie die sub Post Nr. 4 und 5 angeführten Erhebungen im Gerinne der Wiener Hochquellenleitung die Aufmerksamkeit auf sich, nachdem bei denselben die Wasserspiegelbreite unter 2, bzw. unter 1.6 m beträgt und infolge der verhältnismäßig großen mittleren Tiefe bei der Berechnung nach meiner Formel auch eine Teilung in Influenz- und Kernfläche stattfinden mußte. Da sich dieselben auf eine Wasserspiegelbreite von weniger als 2 m beziehen, so finden wir auch die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit nach Bazin noch vollkommen zutreffend. Anders verhält es sich bei den weiteren Messungen Post Nr. 20 und Nr. 22 für größere Breiten, bei denen Bazins Formel schon wesentlich zu hohe Werte liefert, wie es sich eben auch auf Grund der von mir für die Berechnung größerer Profile dargetanen Anschauung nach der Berechnungsweise Bazins ergeben muß, indem nach letzterer auch ein noch so großes Profil durch die Reibung eine ganz gleiche gesamte Beeinflussung erfahren würde als ein sehr kleines.

Ich will hier einschaltend bemerken, daß es bei der Berechnung der in Tabelle VI angeführten Beispiele auch

Tabelle VI.

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Jahr	Gewässer	Erhebungsdaten				Hilfsdaten				nach Bazin		Form des Gerinnes und Beschaffenheit des benetzten Umfanges			
				Wasserstand	Wasserspiegellbreite	mittlere Tiefe	relatives Gefälle	Profil-Fläche	Profil-Radius	Kernfläche	Fläche des Influenzstreifens	nach der Grundformel berechnete Widerstands-Koeffizient	berechnete mittlere Geschwindigkeit		Rauhigkeits-Koeffizient	mittlere Geschwindigkeit	
				v	B	T	J	F	R	F_k	F_i	w	v	γ	v		
1	Stalla	1901	Valletta-Bach	9-613	0-204	1-02	0-086	0-001917	0-088	0-075	0-018	0-070	1-1	0-380	1-50	0-161	Vertikale Wände aus Stein; Sohle feiner Kies. Eine Wand vertikal, eine geneigt; Wände u. Sohle Mauerwerk. Rechteckig mit abgerundeten Ecken; ganz in Zement. Vertikale Wände aus glattem Stein; Sohle feiner Kies. Eine Wand vertikal, aus glattem Kieselstein, die andere geneigt, aus Fels; Sohle feiner Kies. Rechteckig; ganz aus Holz. Vertikale Wände aus Stein; Sohle feiner Kies. Vertikale Wände aus glattem Stein; Sohle feiner Kies. Eine Wand vertikal, aus glattem Kieselstein, die andere geneigt, aus Fels; Sohle feiner Kies. Rechteckig; ganz aus Holz. Vertikale Wände aus Stein; Sohle feiner Kies. Ein Ufer vertikale Bretterwand, das andere flache Kiesbank; Sohle Kies. Vertikale Wände aus Stein; Sohle feiner Kies.
2	Kunkels	1902	Börbs-Bach	9-823	0-329	1-28	0-128	0-002100	0-164	0-110	0-064	0-100	1-1	0-415	1-50	0-239	
3	Sertig-Davos	1901	Sertig-Bach	1-458	1-023	1-34	0-210	0-004641	0-293	0-117	—	0-293	1-2	1-192	0-85	0-582	
4	Guntramsdorf	—	Wiener Hochquellen Wasserleitg.	—	1-129	1-37	0-866	0-000562	1-186	0-397	0-135	1-051	1-8	1-168	0-06	1-187	
5	Brunn am Gebirge	—	Wasserleitg.	—	1-028	1-50	0-869	0-000430	1-303	0-418	0-184	1-119	1-8	1-004	0-06	1-066	
6	Churwalden	1901	Dorfbach	9-661	0-353	1-40	0-111	0-000903	0-156	0-100	0-076	0-080	1-4	0-275	0-46	0-337	
7	dto.	1901	Rabiosa	9-644	0-574	1-67	0-121	0-004724	0-202	0-110	0-142	0-060	1-1	0-421	1-50	0-359	
8	Pondrerie de la vaux	1902	Canal de l'Anbonne	1-744	0-968	1-80	0-492	0-001046	0-887	0-322	—	0-887	1-6	1-115	0-16	1-245	
9	dto.	1902	dto.	1-461	0-650	1-80	0-209	0-001196	0-377	0-172	—	0-377	1-6	0-777	0-16	0-900	
10	Nivaigl	1901	Heid-Bach	9-700	0-745	1-90	0-182	0-008840	0-346	0-153	0-196	0-150	1-1	0-870	1-50	0-662	
11	Bergtün	1901	Albula	1-460	0-733	2-52	0-309	0-004390	0-778	0-266	0-653	0-125	1-6	0-804	1-30	0-844	
12	Pragmartin	1901	Farneza-Bach	9-758	0-394	2-58	0-176	0-000637	0-454	0-160	0-314	0-140	1-1	0-201	1-50	0-185	

13	Vernayaz	1902	Canal du Trent	1-880	0-355	2-80	0-633	0-000150	1-773	0-468	1-273	0-500	1-1	0-261	1-50	0-228	Wände etwas geneigt, aus Stein; Sohle feiner Kies und Sand.	
14	Naz	1902	Albula	9-642	0-876	2-84	0-206	0-009252	0-584	0-185	0-434	0-150	1-4	0-911	0-46	1-740	Vertikale Wände, eine glatter Stein, die andere gefrorenes Terrain; Sohle feiner Kies.	
15	Weissenstein	1902	dto.	9-839	0-574	2-90	0-166	0-002529	0-481	0-152	0-361	0-120	1-4	0-402	0-46	0-782	Vertikale Wände aus glattem Stein; Sohle feiner Kies.	
16	Stalla	1901	Julia	9-694	0-434	3-10	0-202	0-002969	0-627	0-177	0-477	0-150	1-1	0-569	1-50	0-437	Vertikale Wände aus Stein; Sohle Kies.	
17	Vättis	1902	Tamina	9-781	0-375	3-15	0-207	0-002269	0-653	0-189	0-503	0-150	1-1	0-356	1-50	0-405	Wände dto.; Sohle feiner Kies in rauhem Bett.	
18	Schiers	1901	Schraubach	9-768	0-709	3-25	0-159	0-005500	0-518	0-148	0-398	0-120	1-4	0-591	0-46	1-130	Vertikale Wände aus glattem Stein; Sohle feiner Kies.	
19	Gröt	1901	Averser-Rhein	9-729	0-418	3-77	0-284	0-002248	1-073	0-254	0-853	0-220	1-1	0-491	1-50	0-523	Vertikale Wände aus Stein; Sohle feiner Kies.	
20	Hirschwang	1902	Werksgraben der Schwarza	—	0-67	4-60	1-078	0-000500	4-96	0-734	2-032	2-878	0-472	0-718	0-16	1-404	Rechteckig; ganz aus Holz.	
21	dto.	1902	—	—	0-38	7-85	1-006	0-000067	7-90	0-890	6-478	1-422	0-248	0-288	0-16	0-574	Trapez., eine Wand Holz, die andere Flechtwerk; Sohle Schotter.	
22	Canic bei Kety	1902	Werksgraben	—	1-13	4-93	0-779	0-002290	3-840	0-652	3-287	0-553	1-054	1-117	0-46	2-141	Vertik Wände aus Bruchsteinmauerwerk; Sohle beiden Wänden auf 50cm Breite gepflastert, sonst Schotter.	
23	Traunfall	1901	Schiffahrts-Kanal	—	6-05	6-10	0-656	0-032360	4-000	0-540	0-794	3-206	3-350	1-6	5-963	0-20	9-041	Rechteckig; raube Bretter.
24	Frauenkirch	1901	Landwasser	1-764	0-571	6-16	0-263	0-003969	1-618	0-253	1-468	0-150	0-550	1-1	0-609	1-50	0-692	Vertikale Wände aus Stein; Sohle Kies.
25	Tiefenkastral	1901	Julia	1-767	0-588	6-90	0-456	0-001993	3-145	0-408	2-995	0-150	0-683	1-1	0-704	1-50	0-741	Eine Wand vertikal, aus Stein die andere geneigt aus Fels; Sohle grober Kies und Stein.
26	Filisur	1901	Albula	1-715	0-552	7-88	0-354	0-001515	2-792	0-339	2-642	0-150	0-390	1-1	0-408	1-50	0-551	Wände aus Stein, eine vertikal, die andere geneigt; Sohle Kies.
27	Alvaneubad	1901	Landwasser	1-985	0-494	9-00	0-465	0-000581	4-188	0-430	4-038	0-150	0-334	1-1	0-341	1-50	0-418	Eine Wand vertikal, Stein, die andere geneigt, Fels; Sohle Kies und Steine.
28	beim Sperrschiffe	1878	Wiener Doaukanal	1-39	1-524	46-40	5-88	0-000318	273-00	4-69	244-42	28-58	1-385	2-0	1-530	0-09	3-224	Rechteckig; Wände Quadern, Sohle Zement.

möglich wäre, von der Teilung des Profiles in Influenzstreifen und Kern abzusehen, daß es aber dann jedenfalls nötig gewesen wäre, den Widerstandskoeffizienten von der Profilform und Größe abhängig zu machen, um ein Zutreffen der Berechnungsweise zu ermöglichen. Dies involviert aber dann für jede Rauigkeitskategorie naturgemäß die Aufstellung einer eigenen Relation für das Abhängigkeitsverhältnis des Koeffizienten, eventuell auch noch für jede Profilform. Der hier gewählte Weg ist zuversichtlich für die Praxis der geeigneteren, weit klarer und anschaulicher, aber auch leichter realisierbar, da für denselben die hier gegebenen Beispiele zum Aufbau und Beweis genügten, während für den anderen viele Reihen von Untersuchungen vorliegen müßten, um die einzelnen Relationen aufzustellen. Ich will damit aber auch nicht behauptet haben, daß die von mir in Tabelle V aufgestellten Widerstandskoeffizienten unantastbar feststehen, sondern will vielmehr betonen, daß es wohl wünschenswert wäre, wenn durch ausgedehnte, streng wissenschaftlich geführte, einheitliche Untersuchungen weiter noch die vorhandenen Lücken in den Rauigkeitskategorien ausgefüllt und die einzelnen, noch auf verhältnismäßig zu wenig Beobachtungen gestützten Koeffizientenwerte bestätigt, eventuell verbessert würden.

Zurückkommend auf die weiteren Beispiele ist es gewiß von großem Interesse, auch unter Post Nr. 23 eines mit möglichst großem Gefälle zu finden. Diese in der Flossgasse des Traunfalles erhobene Messung zeigt gleichfalls wie die anderen eine sehr gute Übereinstimmung der gemessenen mittleren Geschwindigkeit mit der nach meiner Formel berechneten, nach Bazin dagegen einen viel zu hohen Wert.

Auch habe ich mich veranlaßt gesehen, von Harlachers bekannten Messungen an der Donau bei Wien vom Jahre 1878 diejenige am Donaukanale, welche zwischen den ausgedehnten Quaderufermauern der Sperrschiffanlage stattfand, mit einzubeziehen und vergleichsweise zu berechnen. Hierbei war es aber vorher notwendig, das von Harlacher für diese Messung angegebene Gefälle noch zu rektifizieren, nachdem dasselbe nach der bisher üblichen Art aus gleichen Abständen ober- und unterhalb des Meßprofiles ermittelt war. An genannter Meßstelle befand sich aber ein ganz bedeutender Gefällsbruch, der bei einem Vergleiche der tatsächlich ermittelten mit den nach den beiden Formeln berechneten Geschwindigkeiten wohl berücksichtigt werden mußte. Es wurde deshalb das Gefälle vorerst auf eine Strecke von zwei Flußbreiten ober- und einer unterhalb bestimmt und dieses dann für die Be-

rechnung nach den beiden Formeln benützt. Auch dieser Vergleich fällt, wie aus Post Nr. 28 der Tabelle VI zu entnehmen ist, für die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit nach der Bazin'schen Formel sehr ungünstig aus.

Wenden wir uns den anderen Beispielen der Tabelle VI zu, bei denen, wie bereits darauf hingewiesen wurde, eventuell das Gefälle nicht mit jener Sorgfalt aufgenommen, bezw. nicht in derselben Art, wie ich es früher ausführlich besprochen habe, erhoben wurde, so stellt sich heraus, daß die Bazin'sche Formel für alle jene Fälle, wo der Rauigkeitskoeffizient dem Werte für natürliche Gerinne nahe kam, im ganzen gleich gute Resultate ergibt wie die meinigen. Dies ist nach den vorigen Deduktionen über die Wirkung der Rauigkeit auch erklärlich, da eben in diesen Fällen die Einflußsphäre der Rauigkeit gleichartig wird, d. h. sich in beiden Fällen auf die ganze Profillfläche erstreckt. Deshalb kann aber die Berechnung nach Bazin's Formel für natürliche Gerinne mit jener nach meiner Formel nicht als gleichwertig bezeichnet werden, denn die hier angeführten Beispiele beziehen sich einerseits nur auf geringe Breiten, andererseits auf ziemlich geringe Tiefen, bewegen sich also nur innerhalb einer sehr beschränkten Sphäre; bei der Überschreitung derselben weisen die Resultate nach Bazin gleich wieder große Unterschiede von den wirklichen Messungsergebnissen auf.

Auch halte ich die von mir hier vorgeführte Berechnungsart aus dem Grunde für weit vorteilhafter, weil bei Profilen, bei welchen der benetzte Umfang verschiedene Grade von Rauigkeit aufweist, wie z. B. bei Wandungen von glattem Mauerwerk und einer Kies-Sohle, dieser verschiedene Grad genau berücksichtigt werden kann, bei Bazin's Formel dafür aber erst ein interpolierter Wert der gegebenen Koeffizienten gesucht werden muß. Es sind deshalb auch alle Beispiele in Tabelle VI, welche einen Unterschied in der Rauigkeit des benetzten Umfanges aufweisen, in diesem Sinne nach meiner Formel berechnet und sind daher, sobald z. B. die Wandung aus Holz oder Stein und die Sohle aus Kies bestand, bloß die Influenzstreifen an den Wandungen in Rücksicht gezogen worden.

In der vorliegenden Betrachtung habe ich bisher nur jene Fälle ausschließlich besprochen, bei denen die Rauigkeit des benetzten Umfanges gleich oder geringer als die natürliche ist, und doch können auch Fälle vorkommen, bei denen die Rauigkeit sich größer zeigt als die natürliche. Wenn solche Fälle auch als ganz seltene Ausnahmen bezeichnet werden müssen und ich mangels eines bezüglichen verlässlichen Beobachtungsmateriales auch nicht in der Lage

bin, striktere Anhaltspunkte hiefür zu geben, so will ich doch darauf hinweisen, in welcher Art etwa diese Fälle zu behandeln wären. Ist die Rauhigkeit des benetzten Umfanges größer als die natürliche, so wird auch der Widerstandskoeffizient in der von mir angegebenen Form kleiner sein müssen als 1, bzw. sobald die mittlere Tiefe kleiner ist als 1, kleiner als die Quadratwurzel aus der mittleren Tiefe. Welche Werte aber insbesondere bei geringeren Tiefen dem Widerstandskoeffizienten zuzumessen sind, wird wegen der Verschiedenartigkeit der Rauhigkeitskategorien selbst für den Fall schwer möglich sein zu entscheiden, wenn eine größere Anzahl Beispiele zur Verfügung stünde. Denn es darf nicht unbeachtet bleiben, daß sich zumeist in solchen Gerinnen, wo die Rauhigkeitsverhältnisse nicht auf eine lange Strecke gleich bleiben, auch die Gefällsverhältnisse wesentlich komplizieren. Überhaupt aber kann es nicht als unbedingtes Erfordernis betrachtet werden, für ganz exzeptionelle Fälle korrekte Formeln aufzustellen, denn es bieten die allgemein auftretenden Fälle, wie wir gesehen haben, ohnedies schon genügend komplizierte Verhältnisse, die mit Formeln zu beherrschen ziemlich bedeutende Schwierigkeiten verursacht. Es dürfte daher vorderhand mit den hier mitgeteilten vollkommen das Auslangen gefunden werden, und zwar umsomehr, als die Anwendung der Formeln, wie ich schon in meiner ersten diesbezüglichen Studie hervorgehoben habe, nur bei verhältnismäßig regelmäßigen Abflußverhältnissen erfolgen soll.

Die hier von mir gegebenen Formeln sind zur besseren Übersicht noch in Tabelle VII zusammengestellt, aus welcher man leicht entnehmen kann, welcher Ausdruck für jeden speziellen Fall zu gebrauchen ist. Diese Zusammenstellung dürfte aber auch geeignet sein, die Systematik des Aufbaues der Formeln besser zur Anschauung zu bringen. Aus allen Formeln tritt immer deutlich der Ausgangspunkt der Deduktion, das ist der Ausdruck für das ideale Gewässer, hervor, der eben der Grundstein des ganzen Systems ist. Zu diesem Grundstein mit der bekannten Form

$$v' = \frac{TV\bar{J}}{\sqrt{B} \cdot \sqrt{0.001}}$$

treten durch die komplizierten, in

Gruppen zusammengefaßten Fälle drei oder vier Additionsglieder, welche die speziellen Verhältnisse zu berücksichtigen bestimmt sind. Vereinfachen sich die Verhältnisse, so fallen die zugegebenen Glieder weg, und es tritt immer wieder die ursprüngliche Form allein hervor. Ich glaube aber auch

Tabelle VII.

Art	der Gerinne		Wasserspiegel-Breite kleiner oder größer als die 15fache mittlere Tiefe	Formel zur Berechnung der mittleren Geschwindigkeit	Anmerkung	
	Wasserspiegel-Breite	Mittlere Tiefe				
Künstliche Gerinne	von 1 bis 3 m	unter 1 m	...	$V = \left(\frac{F_i w}{\sqrt{T}} + F_k \right) \frac{v'}{F}$	$v' = \frac{20}{\sqrt{B}} \sqrt{\frac{T}{0.001}}$ $v'' = v' + \frac{J - J_n}{\alpha} + \frac{T_n - T}{\beta(J + J_n)} + \frac{T_n - T}{\gamma}$ $v''' = v'' + \frac{T_n - T}{\sqrt{B}}$ <p>Die Werte von α, β, γ sind aus Tabelle I zu entnehmen.</p> <p>w = Widerstandskoeffizient, ist aus Tabelle V zu entnehmen. F_i = Fläche des 0.5 m breiten Influenzstreifens. F_k = Fläche des verbleibenden Kernes. $T_n = \sqrt{0.0175 B - 0.0125}$. Für Breiten unter 10 m ist: $J_n = 0.01165 - \sqrt{0.0000582 + 0.00000552 B}$. Für Breiten von 10 bis 415 m ist: $J_n = 0.0010222 - 0.00000222 B$. Für Breiten über 415 m ist $J_n = 0.0001$.</p>	
		über 1 m	...	$V = (F_i w + F_k) \frac{v'}{F}$		
	über 3 m	unter 1 m	kleiner	$V = \left(\frac{F_i w}{\sqrt{T}} + F_k \right) \frac{v''}{F}$		
		über 1 m	größer	$V = \left(\frac{F_i w}{\sqrt{T}} + F_k \right) \frac{v''}{F}$		
	Natürliche Gerinne	von 1 bis 3 m	...	kleiner		$V = (F_i w + F_k) \frac{v''}{F}$
			über 1 m	größer		$V = (F_i w + F_k) \frac{v''}{F}$
über 3 m	...	kleiner	$V = v'$			
	über 1 m	größer	$V = v''$			

bewiesen zu haben, daß dieses Beiwerk unbedingt notwendig ist, um zutreffende Resultate zu liefern, und wenn auch mancher anfänglich vor demselben etwas zurückschrecken sollte, so wird er, je mehr er mit den hier gegebenen Formeln arbeitet, die Anschauung gewinnen, daß dieselben handlich und übersichtlich sind. Insbesondere wird dies der Fall bei Projektierungen sein, bei denen es sich zumeist um die Bestimmung der dem Zwecke entsprechenden günstigsten Profilform handelt, und bei welchen eben die hier gegebene starre Formel, indem sie sich jeder Profilsform tunlichst anschmiegt, die zuversichtlich richtigste Lösung bringt.

Die Anwendung einer Formel bleibt aber immer ein Notbehelf, denn die beste Formel kann bei der vielfachen Gestaltung der Bewegung des Wassers in Gerinnen niemals einer korrekten Messung dem Werte nach gleichgesetzt werden, und deshalb müssen wir immer trachten, wo es nur möglich ist, Messungen durchzuführen, und dann erst zu dem Hilfsmittel der Berechnung der mittleren Geschwindigkeit nach einer Formel greifen, wenn uns der andere Weg zum Ziele verwehrt ist.

Sind wir aber gezwungen, mit Formeln zu arbeiten, dann mögen dieselben nie schablonenhaft angewendet, sondern die Bedingungen und die Verhältnisse, welche zu berücksichtigen sind, genau geprüft werden, ehe an die Lösung der Aufgabe geschritten wird.



Hilfstabelle

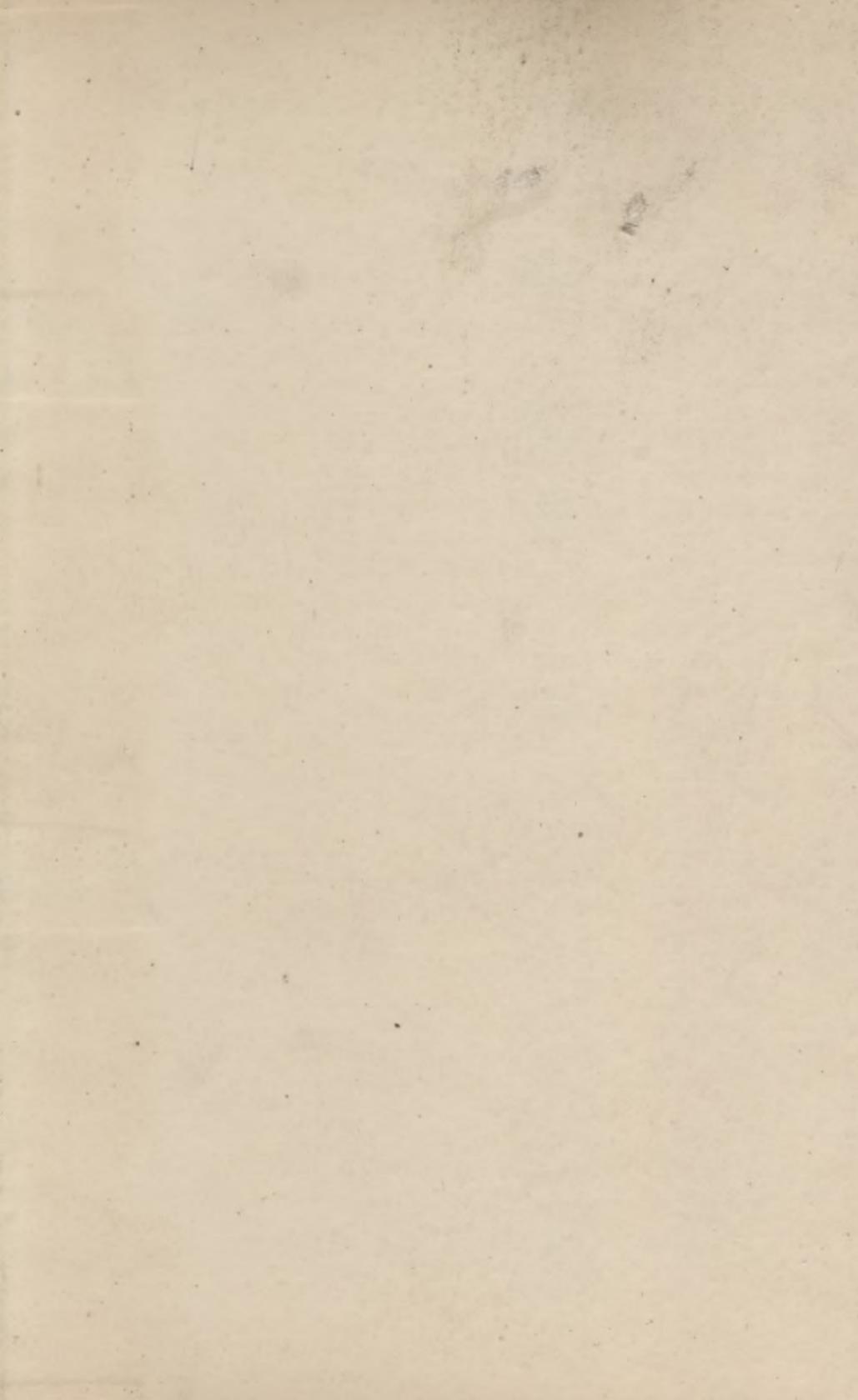
zur Entnahme der Werte $\log \frac{1}{\sqrt[20]{B \sqrt[0.001]{V}}}$, ferner der normalen
Tiefe T_n und des normalen Gefälles J_n für Wasserspiegelbreiten von
1 bis 10, bzw. 3 bis 10 m.

B	$\log \frac{1}{\sqrt[20]{B \sqrt[0.001]{V}}}$	T _n	J _n	B	$\log \frac{1}{\sqrt[20]{B \sqrt[0.001]{V}}}$	T _n	J _n
1.0	1.50000	—	—	5.5	1.46298	0.289	0.00224
1	1.49793	—	—	6	259	292	221
2	604	—	—	7	221	295	218
3	430	—	—	8	183	298	215
4	269	—	—	9	146	301	212
5	120	—	—	6.0	109	304	209
6	1.48979	—	—	1	073	307	206
7	848	—	—	2	038	310	203
8	724	—	—	3	003	313	201
9	606	—	—	4	1.45969	315	0.00198
2.0	495	—	—	5	935	318	195
1	389	—	—	6	902	321	192
2	288	—	—	7	870	324	189
3	191	—	—	8	837	326	186
4	099	—	—	9	806	329	184
5	010	—	—	7.0	775	332	181
6	1.47925	—	—	1	774	334	178
7	843	—	—	2	713	337	175
8	764	—	—	3	683	340	172
9	688	—	—	4	654	342	170
3.0	614	0.200	0.003000	5	625	345	167
1	543	204	297	6	596	347	164
2	474	209	294	7	568	350	162
3	407	213	291	8	540	352	158
4	343	217	287	9	512	355	156
5	280	221	286	8.0	485	357	153
6	219	225	283	1	458	360	151
7	159	229	278	2	431	362	148
8	101	232	275	3	405	364	145
9	045	236	272	4	379	367	142
4.0	1.46990	240	269	5	353	369	139
1	936	243	266	6	327	372	137
2	848	247	263	7	302	374	134
3	833	251	260	8	278	376	132
4	783	254	257	9	253	379	129
5	734	257	253	9.0	229	381	126
6	686	261	251	1	205	383	123
7	639	264	247	2	181	385	121
8	594	267	244	3	158	388	118
9	549	271	241	4	134	390	116
5.0	505	274	239	5	111	392	113
1	462	277	236	6	089	394	111
2	420	280	233	7	066	397	107
3	379	283	230	8	044	399	105
4	338	286	227	9	022	401	102

Eine gleiche Hilfstabelle für Wasserspiegelbreiten von 10 bis 1000 m enthält die Studie über eine neue Formel zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen und Strömen von R. Siedek bei Wilhelm Braumüller in Wien.



S. 61



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31763

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298478