

PAP 202

CONCERNING THE STABLE FLOW CONDITIONS UPSTREAM FROM FREE OVERFALLS

by Gunther Garbrecht

Über den stetigen Fließwechsel oberhalb von Abstürzen, Die Wasserwirtschaft,
54 Jahrgang/Heft 1, January 1964

Translated by Henry T. Falvey

BUREAU OF RECLAMATION
HYDRAULIC LABORATORY

OFFICE
FILE COPY

WHEN BORROWED RETURN PROMPTLY

Definition of Symbols

- B = bed width
- B_s = water surface width
- b = one half of the water surface width
- F = area of cross section
- F_r = Froude number
- g = acceleration of gravity
- H = height of the energy line
- J_B = slope of the bed
- L = distance from overfall
- Q = discharge
- t = water depth
- t_{gr} = theoretical critical depth
- t_n = normal depth
- t_e = end depth
- v = flow velocity
- v_1 = average velocity on a line perpendicular to the bed
- v_m = average velocity in the cross section
- α = kinetic energy correction factor
- PAP 202

1. General

The flow is generally treated as one dimensional (stream tube) in the computation of the critical depth for open channels. Therefore, the results of these considerations can only be an approximation to the actual relationships. The computations still contain the character of an approximation even though the velocity distribution is considered through the use of a kinetic energy coefficient α .

These facts gave motivation to investigation of the change from tranquil flow to shooting flow above free overfalls by empirical means. If the theoretical basis for the computation of backwater curves with curved flow lines and the basis for the velocity distribution over the cross section could be secured, then a theoretical treatment of the problem would be possible.

I am indebted to Mr. Yalcin Oksuzler for conducting the numerous and laborious tests which form the basis of this treatise.

2. The General Relationships on a Vertical Overfall

Figure 1 illustrates the relationship for flow on an overfall which is independent of the channel cross section if the total flow is considered as a single stream tube and with a uniform velocity distribution. A drawdown curve is formed from the normal depth t_n to the depth t_e at the end of the channel. The flow passes through the critical depth t_{gr} , a short distance L upstream from the overfall. Upstream from this cross section, the flow very closely approximates parallel flow and therefore a hydrostatic pressure distribution can be assumed. Between the cross sections t_{gr} and t_e the strong curvature of the streamlines alters the pressure and velocity distribution considerably.

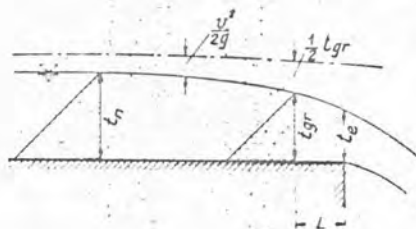


Figure 1. General Flow Relationships Above Overfalls

In the critical cross section, the tranquil flow becomes shooting flow which means the Froude number is equal to unity.

$$\begin{aligned} t > t_{gr}, & \quad F_r = v/\sqrt{gt} < 1 \\ t = t_{gr}, & \quad F_r = v/\sqrt{gt} = 1 \\ t < t_{gr}, & \quad F_r = v/\sqrt{gt} > 1 \end{aligned} \quad (1)$$

The critical depth for all cross section forms of the channel is given by

$$\frac{Q^2 B_s}{g F^3} = 1 \quad (2)$$

Under the assumption of a uniform discharge and a constant velocity distribution over the cross section, Equation (2) expresses that the energy line is at a minimum

$$H = H_{min} \quad (3)$$

for a given discharge. For this position of the energy line, the given discharge is the maximum discharge.

The equations (1) to (3) describe a clearly defined cross section under the given assumptions. This theoretically straight cross section (in plan) is distorted to a curved line due to the nonuniform velocity distribution which results from roughness on the walls. The form of the curved line is thus dependent upon velocity distribution over the cross section.

3. The Experiment

To make the actual transition from tranquil to shooting flow clear, measurements were made on several cross sectional forms, Figure 2.

For each canal cross section five separate discharges were investigated. With each discharge, the water surface profile and the velocity distribution were measured in seven cross sections (Figure 2) which included the region where the flow transition was thought to occur.

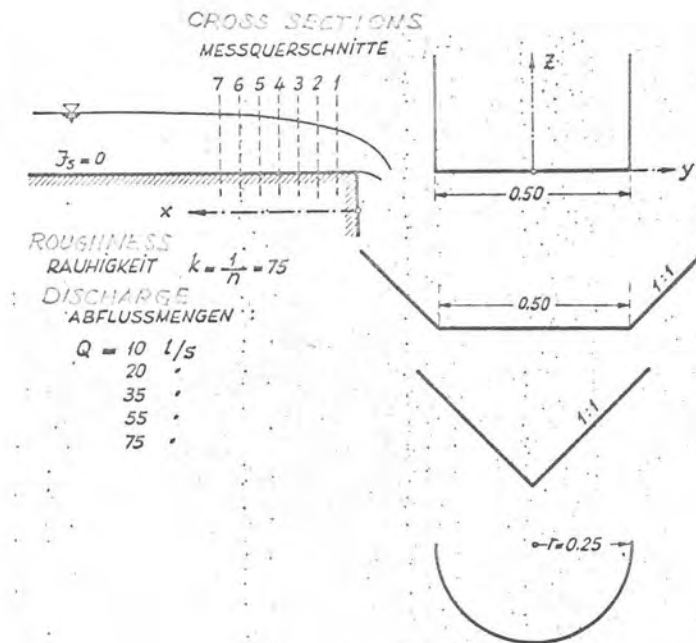


Figure 2. Investigated Cross Sectional Forms and Discharges

3.1 Water surface profile

A knowledge of the water surface profile is presupposed for the exact determination of the location of the flow transition. The computational method for the determination of the water surface profile begins, however, at the critical depth. Based on experience, the critical depth from Equation (2) is usually assumed to occur a distance of

$$L = 3 \text{ to } 4t_{gr} \quad (4)$$

upstream from the overfall.

Through the choice of appropriate parameters it was possible to express the measured water surface profiles independent of the discharge with a good degree of accuracy. Figure 3 shows the measured water surface profiles upstream from the overfall for a rectangular, triangular, and circular cross section. The results give

(a) The theoretical critical depth which occurs at a certain distance from the overfall. These distances amount to approximately:

$$L = 2.3 t_{gr} \text{ with a triangular cross section}$$

$$L = 2.7 t_{gr} \text{ with a rectangular cross section}$$

$$L = 4.1 t_{gr} \text{ with a circular cross section}$$

(b) The end depth t_e on the overfall which amounts to approximately:

$$t_e = 0.70 t_{gr} \text{ with a rectangular cross section}$$

$$t_e = 0.80 t_{gr} \text{ with a circular cross section}$$

$$t_e = 0.85 t_{gr} \text{ with a triangular cross section}$$

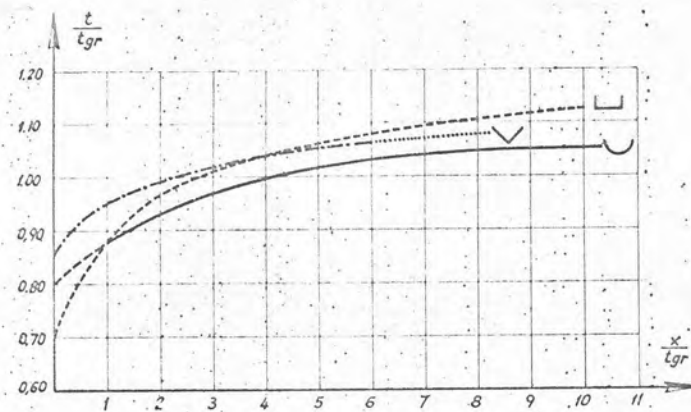


Figure 3. Water Surface Profiles Above Overfalls

It was not possible to find an appropriate simple parameter with a trapezoidal cross section for which all the water surface profiles fell on a single line. Figure 4 shows that in the immediate vicinity $t < t_{gr}$ of the overfall the curves for a trapezoidal cross section lie between the extremes of a rectangular cross section (for small discharges) and a circular cross

section (for large discharges). The end depth of the canal was measured between $0.72 t_{gr}$ and $0.8 t_{gr}$. The flow transition occurred between $3 t_{gr}$ and $4 t_{gr}$ upstream from the overfall.

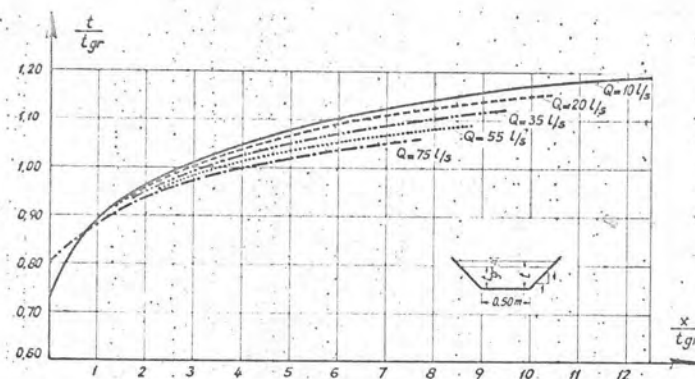


Figure 4. Water Surface Profiles Above Overfalls with Trapezoidal Cross Sections

With help of the curves in Figures 3 and 4, the water surface profile can be determined in the region of the transition from tranquil to shooting flow after first computing the theoretical critical depth t_{gr} .

4. Velocity Distribution

Figure 5 is an example of the velocity measurements in a rectangular canal for $Q = 55 \text{ l/s}$ and $X = 0.90 \text{ m}$ (Figure 2). From an incorporation of the average velocity in the individual verticals the velocity distribution from one bank to the other is obtained (in y direction). In total, 35 curves of $V = f(y)$ were determined for each cross sectional form.

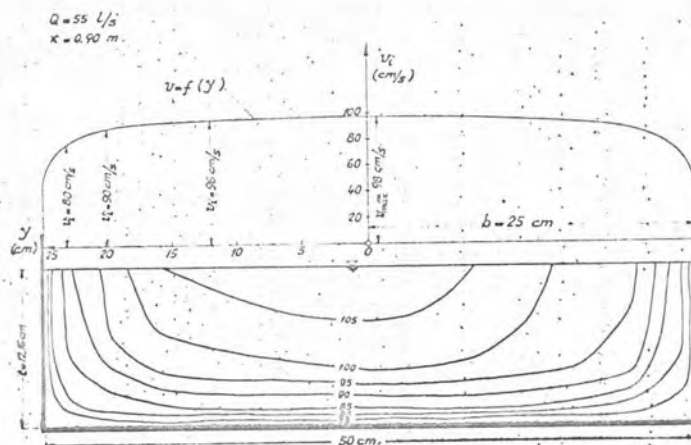


Figure 5. Example of a Velocity Measurement

A plot of the values v_1/v_m as a function of y/b showed that all the curves coincide with a maximum deviation of 2 to 3 percent. That means that the curves can be replaced rather accurately with an average curve. Figure 6 illustrates the averaged curve for the rectangular cross section along with its empirically determined equation. It is therefore possible to compute the average velocity in an arbitrarily chosen vertical section through knowledge of the average velocity in the cross section and a known water surface width. Similar equations were determined for the other three cross section forms (Figure 7).

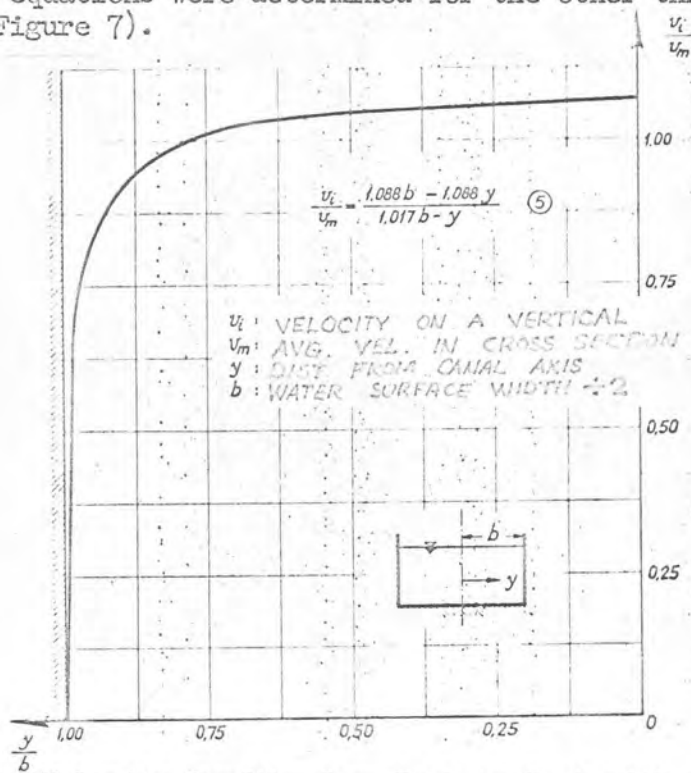


Figure 6. Velocity Profile from Bank to Bank with a Rectangular Cross Section

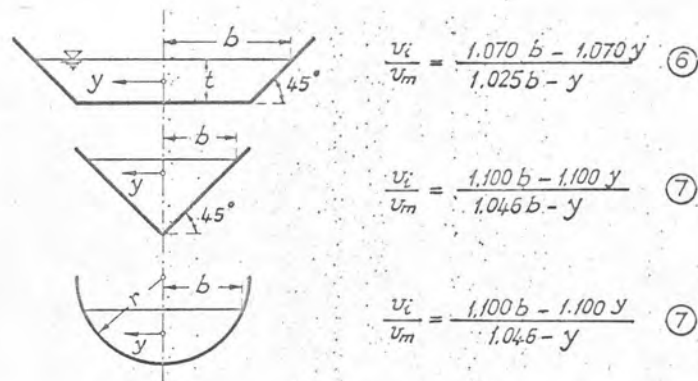


Figure 7. Equations for the Velocity Distribution from Bank to Bank

If v_i in Equations (5), (6), and (7) is replaced by $\sqrt{gt}$ it is possible to compute the location in the cross section in which the Froude number is equal to unity. That is, the location in which the tranquil flow becomes shooting flow. Since the third decimal place in these equations is significant, the computations should be performed long hand or with a desk calculator instead of with a slide rule.

5. Use of the Test Results

The knowledge of the water surface profile in the vicinity of the overfall and the knowledge of the velocity distribution from one bank to the other enables the actual form of the transition from tranquil flow to shooting flow to be determined. The following examples demonstrate the use of the preceding equations and curves.

5.1. Rectangular canal

Given: A rectangular canal with a width of 5 m and a discharge of $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$

(a) Theoretical critical depth

$$t_{gr} = \sqrt[3]{\frac{12^2}{5^2 \times 9.81}} = 0.84 \text{ m}$$

(b) For $X = 3.60 \text{ m}$ one obtains the following from Figure 3

$$\frac{x}{t_{gr}} = 4.29 \quad \text{then} \quad \frac{t}{t_{gr}} = 1.05 \quad \text{or} \quad t = 0.88 \text{ m}$$

$$v_m = \frac{12}{5 \times 0.88} = 2.73 \text{ m/s}$$

(c) From Equation (5):

$$\frac{\sqrt{9.81 \times 0.88}}{2.73} = \frac{1.088 \times 2.5 - 1.088 y}{1.017 \times 2.5 - y}$$

$$y = -0.77$$

The negative quantity indicates that in this cross section there is no location for which the Froude number is equal to unity. In the entire cross section tranquil flow exists. A summary of the computations for various cross sections nearer to the overfall gives:

x	t	v_m	y
3.40	0.87	2.76	1.12
3.00	0.86	2.79	1.62
2.00	0.82	2.93	2.18
0.84	0.73	3.29	2.38
(m)	(m)	(m)	(m)

These values are illustrated in Figure 8. The transition from tranquil flow to shooting flow occurs, according to the water surface profile and the velocity distribution, first in the middle of the stream and then downstream on the banks. The theoretical critical depth lies approximately in the middle of the actual transition zone.

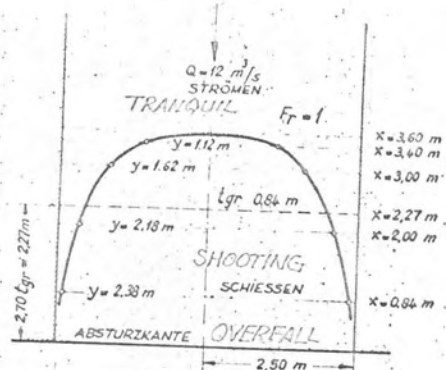


Figure 8. Transition from Tranquil to Shooting Flow in a Rectangular Cross Section

5.2 Triangular canal

Given: A triangular canal (90°) with $Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$

(a) The theoretical critical depth:

$$t_{gr} = \sqrt[3]{\frac{2 \times 15^2}{9.81 \times 1^2}} = 2.14 \text{ m}$$

(b) For $x = 5.0 \text{ m}$ one obtains the following from Figure 3:

$$\frac{x}{t_{gr}} = 2.34 \quad \text{and} \quad \frac{t}{t_{gr}} = 1.0 \quad \text{then} \quad t = 2.14 \text{ m}$$

(c) From Equation 7 with $y = t - t_1$ one obtains (see sketch on Figure 9):

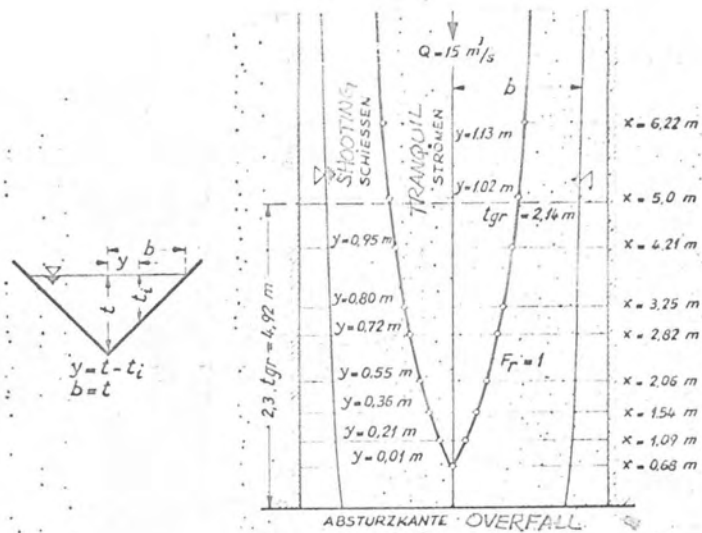


Figure 9. Flow Transition in a Triangular Cross Section

The corresponding computations for other cross sections produces:

x	t	t_i	y
0.68	1.91	1.90	0.01
1.09	1.95	1.74	0.21
1.54	1.98	1.62	0.36
2.06	2.02	1.47	0.55
2.82	2.06	1.34	0.72
3.25	2.08	1.28	0.80
4.21	2.12	1.17	0.95
5.00	2.14	1.12	1.02
6.22	2.17	1.04	1.13
(m)	(m)	(m)	(m)

These flow conditions are depicted in Figure 9. Since with a triangular cross section not only the velocity distribution and the water surface profile, but also the variable depth is important, the shooting flow begins first on the banks and then further downstream in the middle of the canal.

5.3 Trapezoidal canal

A discharge of $Q = 22 \text{ m}^3/\text{s}$ flows in a canal whose width is 5.0 m. The geometric length ratio between the experimental canal and this canal amounts to $0.5/5.0 = 1/10$. This gives a model discharge of

$$Q = 22,000/10^{5/2} = 69.6 \text{ l/s}$$

This discharge can be interpolated from Figure 4. The transition from tranquil flow to shooting flow is computed in the following manner.

- (a) Theoretical critical depth according to Equation (1):

$$\frac{\left(5 \times t_{gr} + t_{gr}^2\right)^3}{5 + 2 \times 1 \times t_{gr}} = \frac{22^2}{9.81}$$

Trial and error computation gives

$$t_{gr} = 1.15 \text{ m}$$

- (b) For $x = 3.40 \text{ m}$ one obtains the following from Figure 4

$$\frac{x}{t_{gr}} = 2.96 \quad \text{and} \quad \frac{t}{t_{gr}} = 0.98 \quad \text{thus} \quad t = 1.125 \text{ m}$$

$$v_m = \frac{22}{5 \times 1.125} + 1.125^2 = 3.19 \text{ m/s}$$

(c) From Equation (6):

$$\frac{\sqrt{9.81 \times 1.125}}{3.19} = \frac{1.070 \times 3.625 - 1.070 \times y}{1.025 \times 3.625 - y}$$

$$y = 0.37 \text{ m}$$

In a similar manner the following values are obtained:

x	t	v _m	y
3.40	1.125	3.19	0.37
3.25	1.120	3.21	1.10
3.00	1.110	3.24	1.86
2.75	1.100	3.28	2.29
2.60	1.095	3.29	2.38
(m)	(m)	(m/s)	(m)

If y is greater than the width of the bed (2.50 m), then the computational method must be altered to include the effect of the variable depth over the bank. This is accomplished in a manner similar to that used with the triangular cross section. According to Figure 10, Equation (6) becomes:

$$\frac{\sqrt{gt_1}}{v_m} = \frac{1.070(2.50 + t) - 1.070(2.50 + t - t_1)}{1.025(2.50 + t) - (2.50 + t - t_1)}$$

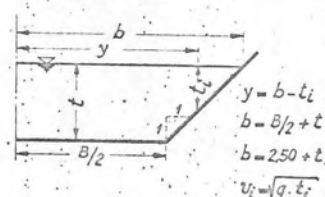


Figure 10. Computation of t_1 Above the Sloping Bank in Trapezoidal Cross Sections

The substitution of t and v_m values gives an equation with t_1 as the only unknown. With t_1 known it follows that:

$$y = b - t_1 = 2.50 + t - t_1$$

Thus the following values are obtained:

x	t	v_m	t_1	y
4.00	1.140	3.14	0.96	2.68
3.40	1.125	3.19	0.99	2.63
3.25	1.120	3.21	1.00	2.62
3.00	1.110	3.24	1.04	2.57
2.75	1.100	3.28	1.07	2.53
(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)

The results for the trapezoidal cross section are given in Figure 11. The transition from tranquil to shooting flow occurs downstream from the cross section where the theoretical critical depth occurs.

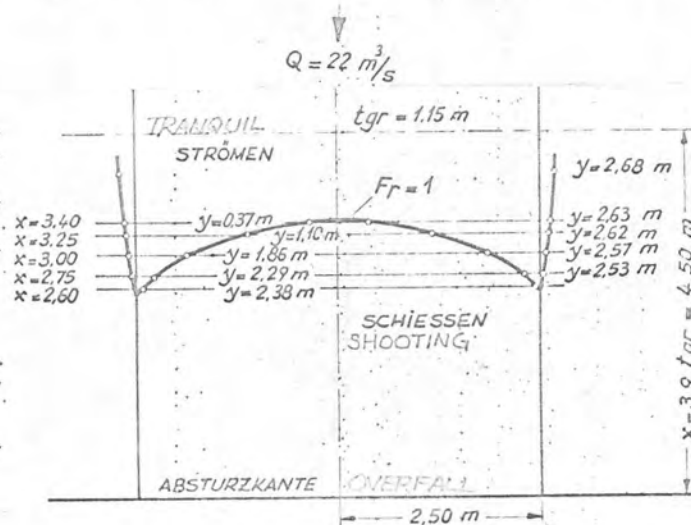


Figure 11. Transition from Tranquil to Shooting Flow in Trapezoidal Cross Sections

5. Conclusions

The transition from tranquil to shooting ⁶³the flow (the Froude number being equal to unity) does not occur at one specific distance above overfalls due to the nonuniform velocity distribution in the cross section. Dependent upon the cross sectional form, the velocity distribution, and the form of the water surface profile, it occurs in a certain length of the canal. On the basis of experiments in concrete canals with various cross sections, an empirical method is given by which it is possible to determine the exact form of the transition from tranquil to shooting flow.

Über den stetigen Fließwechsel oberhalb von Abstürzen

Im Aufsatz verwendete Bezeichnungen:

B	Sohlenbreite	L	Entfernung von der Absturzkante
b_n	Wasserspiegelbreite	Q	Abflußmenge
b	halbe Wasserspiegelbreite	t	Wassertiefe
F	Querschnittsfläche	t_{gr}	Grenztiefe (theoretisch)
F_r	Froudesche Zahl	t_n	Normaltiefe
g	Erdbeschleunigung	t_n	Endtiefe an der Absturzkante
H	Energielinienhöhe	v	Strömungsgeschwindigkeit
J_n	Sohlengefälle	v_i	Geschwindigkeit in einer Vertikalen
		v_m	mittlere Strömungsgeschwindigkeit
		α	Geschwindigkeitshöhenausgleichsbeiwert

1. Allgemeines

Bei der Berechnung der Grenztiefe in offenen Gerinnen wird der Abfluß im allgemeinen als Einheit (als Stromröhre) behandelt. Das Ergebnis dieser Betrachtungen kann daher nur eine Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse sein. Die Berechnung behält auch dann den Charakter einer Annäherung, wenn die Geschwindigkeitsverteilung summarisch durch die Einführung des Geschwindigkeitshöhenausgleichswertes α berücksichtigt wird.

Diese Tatsache gab Anlaß, die tatsächlichen Abflußverhältnisse beim Übergang vom Strömen zum Schießen oberhalb von Abstürzen zunächst einmal empirisch zu untersuchen. Wenn die theoretischen Grundlagen der Wasserspiegelberechnung bei gekrümmten Stromlinien und der Geschwindigkeitsverteilung über den Querschnitt gesichert sein werden, wird auch eine theoretische Behandlung des Problems möglich sein.

Ich schulde Herrn Yalcin Oksüzler Dank für die Ausführung der zahlreichen und mühsamen Versuche, die die Grundlage dieses Aufsatzes bilden.

2. Die allgemeinen Verhältnisse an einem lotrechten Absturz

Wenn der gesamte Abfluß als eine einzige Stromröhre mit gleichmäßiger Geschwindigkeitsverteilung angesehen wird, stellen sich an einem lotrechten Absturz ohne Querschnittseinschränkung die auf Bild 1 dargestellten Verhältnisse ein. Es bildet sich eine Senkungslinie von der normalen Abflußtiefe t_n bis zur Tiefe t_c am Ende des Gerinnes. Der Abfluß passiert dabei in einer kurzen Entfernung L von der Absturzkante die Grenztiefe t_{gr} . Flußaufwärts dieses Grenzquerschnittes kann mit guter Annäherung gradliniger Parallelabfluß und damit hydrostatische Druckverteilung angenommen werden. Zwischen den Querschnitten t_{gr} und t_c ändert die stärkere Krümmung der Stromfäden die Druck- und Geschwindigkeitsverteilung wesentlich.

Im Grenzquerschnitt geht der strömende Abfluß in den schießenden Abfluß über, d. h. die Froudesche Zahl wird gleich der Einheit.

$$\begin{aligned} t > t_{gr} \quad F_r &= v/\sqrt{gt} < 1 \\ t = t_{gr} \quad F_r &= v/\sqrt{gt} = 1 \\ t < t_{gr} \quad F_r &= v/\sqrt{gt} > 1 \end{aligned} \quad (1)$$

Die Grenztiefe ist für alle Querschnittsformen des Gerinnes gegeben durch:

$$\frac{Q^2 \cdot B_n}{g \cdot F^3} = 1 \quad (2)$$

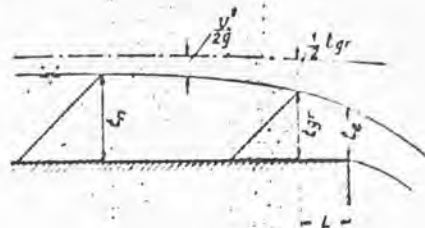
Gleichung (2) drückt unter der Voraussetzung gleichförmigen Abflusses und gleicher Geschwindigkeit im Querschnitt aus, daß die Energielinie für eine gegebene Abflußmenge ihre niedrigste Lage einnimmt.

$$H = H_{min} \quad (3)$$

Für diese Lage der Energielinie ist die gegebene Abflußmenge gleichzeitig der Maximalabfluß.

Die Gleichungen (1) bis (3) ergeben unter den gemachten Voraussetzungen einen klar definierten Querschnitt. Infolge der durch die Rauigkeit der Wandungen bedingten ungleichförmigen

Bild 1. Allgemeine Abflußverhältnisse oberhalb eines Absturzes

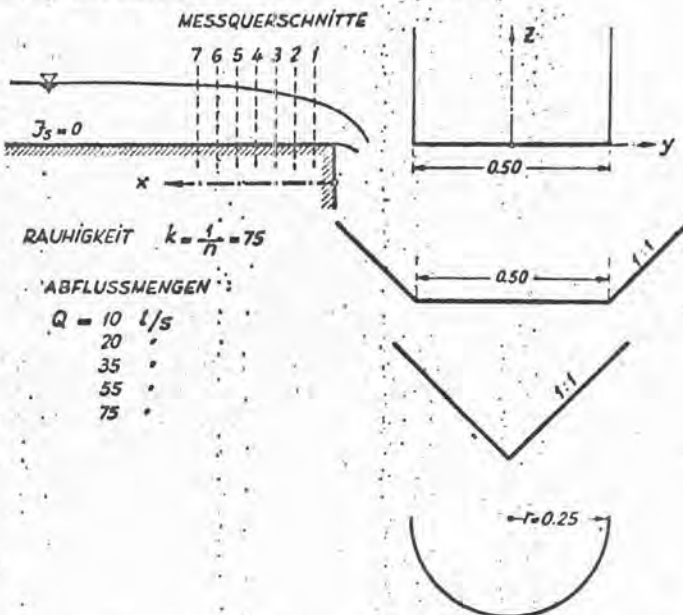


gen Geschwindigkeitsverteilung verzerrt sich jedoch dieser theoretische, im Grundriß geradlinige Schnitt zu einer gekrümmten Linie, deren Form von der Geschwindigkeitsverteilung über den Querschnitt abhängt.

3. Die Versuche

Zur Klärung des tatsächlichen Überganges vom Strömen zum Schießen wurden Messungen an den auf Bild 2 zusammen-

Bild 2. Untersuchte Querschnittsformen und Abflußmengen



gestellten Kanälen ausgeführt. Für jeden der Kanalquerschnitte wurden 5 verschiedene Abflußmengen untersucht. Gemessen wurden jeweils der Wasserspiegelverlauf und die Geschwindigkeitsverteilung in sieben Querschnitten (Bild 2), die den Bereich umfassen, in dem der Fließwechsel vermutet wurde.

3.1 Wasserspiegelverlauf

Voraussetzung für die genaue Bestimmung der Stelle an der der Fließwechsel auftritt, ist die Kenntnis des Wasserspiegels. Dessen rechnermäßige Bestimmung setzt jedoch die kritische Tiefe als Ausgangspunkt der Berechnung voraus. Aufgrund von Erfahrungswerten wird meist angenommen, daß die Grenztiefe, wie sie sich aus Gleichung (2) ergibt, in einer Entfernung von

$$L = 3 \text{ bis } 4 t_{gr} \quad (4)$$

flußaufwärts der Absturzkante auftritt.

Durch die Wahl geeigneter Parameter war es möglich, die gemessenen Wasserspiegel mit guter Genauigkeit unabhängig von der Abflußmenge darzustellen. Bild 3 zeigt die gemessenen Wasserspiegel oberhalb der Absturzkante für den Rechteck-, Dreieck- und Kreisquerschnitt. Es ergibt sich:

a) Die theoretische Grenztiefe t_{gr} tritt in einer bestimmten Entfernung von der Absturzkante auf. Diese Entfernung beträgt etwa:

$$\begin{aligned} L &= 2,3 t_{gr} \text{ beim Dreieckquerschnitt} \\ L &= 2,7 t_{gr} \text{ beim Rechteckquerschnitt} \\ L &= 4,1 t_{gr} \text{ beim Kreisquerschnitt} \end{aligned}$$

b) Die Endtiefen t_e an der Absturzkante betragen etwa:

$$\begin{aligned} t_e &= 0,70 t_{gr} \text{ beim Rechteckquerschnitt} \\ t_e &= 0,80 t_{gr} \text{ beim Kreisquerschnitt} \\ t_e &= 0,85 t_{gr} \text{ beim Dreieckquerschnitt} \end{aligned}$$

Bild 3. Wasserspiegellage oberhalb des Absturzes

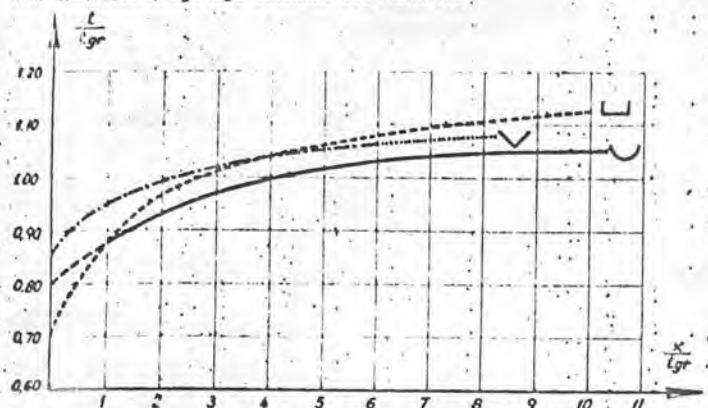
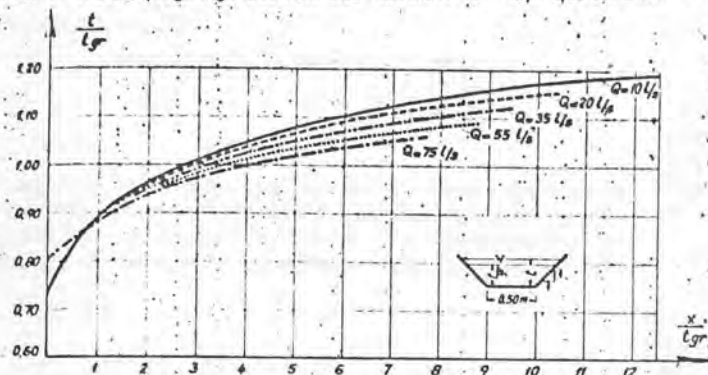


Bild 4. Wasserspiegellage oberhalb des Absturzes bei Trapezquerschnitten



Für den Trapezquerschnitt war es nicht möglich, geeignete einfache Parameter zu finden, für die alle Wasserspiegellagen zu einer einzigen zusammenfallen. Bild 4 zeigt, daß die Kurven für den Trapezquerschnitt im unmittelbaren Bereich des Absturzes ($t < t_{gr}$) zwischen den Extremen des Rechteckquerschnittes (für kleine Abflußmengen) und des Kreisquerschnittes (große Abflußmengen) liegen. Die Endtiefe des Kanals wurde zu 0,72 bis 0,80 t_{gr} gemessen, und der Fließwechsel tritt in einer Entfernung von 3 bis 4 t_{gr} von der Absturzkante auf.

Mit Hilfe der Kurven der Bilder 3 und 4 kann die Wasserspiegellage im Bereich des Übergangs vom Schießen zum Strömen nach Berechnung der theoretischen Grenztiefe t_{gr} bestimmt werden.

3. Geschwindigkeitsverteilung

Bild 5 zeigt das Beispiel einer Geschwindigkeitsmessung im Rechteckkanal für $Q = 55 \text{ l/s}$ und $x = 0,90 \text{ m}$ (vergl. Bild 2). Aus der Auftragung der mittleren Geschwindigkeiten in den einzelnen Vertikalen ergibt sich die Geschwindigkeitsverteilung von Ufer zu Ufer (in der y -Richtung). Insgesamt wurden für jede Querschnittsform 35 Kurven $v = f(y)$ ermittelt. Eine Auftragung der Werte v_i/v_m als Funktion von y/b ergab, daß alle Kurven mit einer maximalen Abweichung von 2 bis 3% zusammenfallen, d. h. mit guter Genauigkeit durch eine mittlere Kurve ersetzt werden können.

Bild 5. Beispiel einer Geschwindigkeitsmessung

$Q = 55 \text{ l/s}$
 $x = 0,90 \text{ m}$

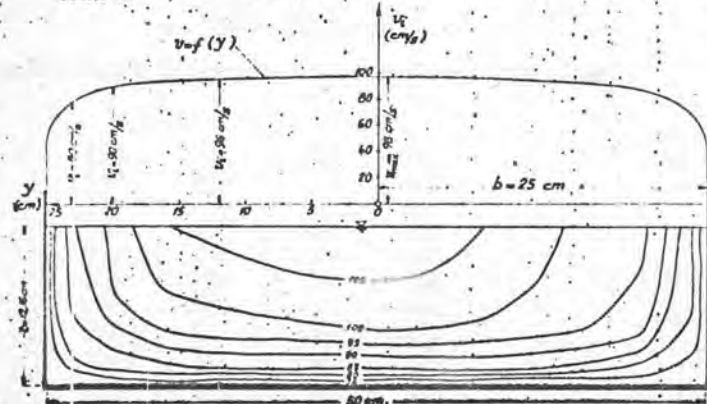


Bild 6. Geschwindigkeitsverteilung von Ufer zu Ufer beim Rechteckquerschnitt

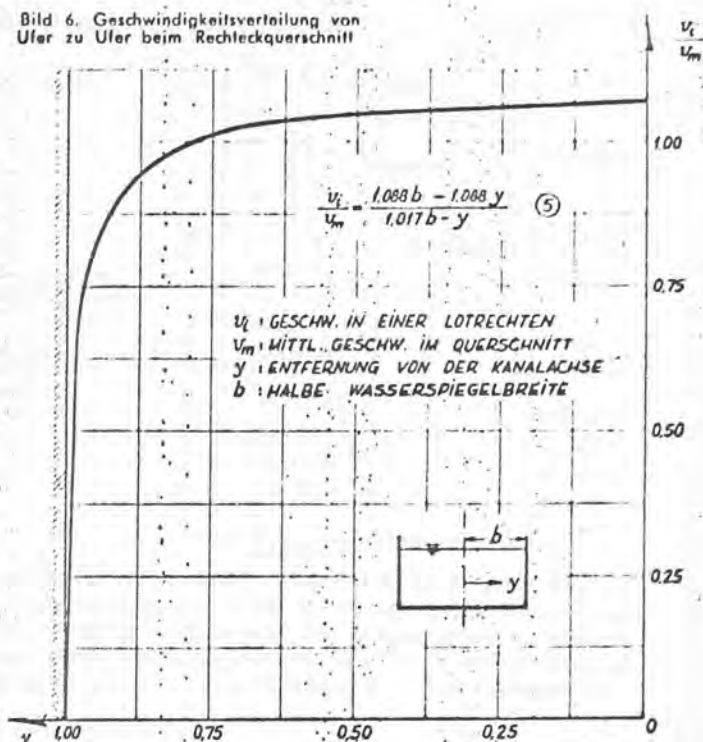
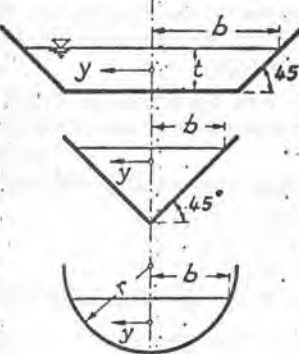


Bild 7. Gleichungen für die Geschwindigkeitsverteilung von Ufer zu Ufer



$$\frac{v_i}{v_m} = \frac{1.070b - 1.070y}{1.025b - y} \quad (6)$$

$$\frac{v_i}{v_m} = \frac{1.100b - 1.100y}{1.046b - y} \quad (7)$$

$$\frac{v_i}{v_m} = \frac{1.100b - 1.100y}{1.046 - y} \quad (7)$$

können. Bild 6 gibt die für den Rechteckquerschnitt gemittelte Kurve und ihre empirisch ermittelte Gleichung. Es ist damit möglich, die mittlere Geschwindigkeit in einer beliebigen Vertikalen bei bekannter mittlerer Geschwindigkeit im Querschnitt und bekannter Wasserspiegelbreite zu berechnen. Ähnliche Gleichungen wurden für die drei anderen Querschnittsformen aufgestellt (Bild 7).

Wenn in den Gleichungen (5), (6) und (7) v_i durch $y/g \cdot t$ ersetzt wird, läßt sich die Stelle im Querschnitt errechnen, an der die Froudesche Zahl gleich Eins wird, d. h. die Stelle, an der der schießende Abfluß in den strömenden Abfluß übergeht. Da in diesen empirischen Gleichungen auch die dritte Stelle nach dem Komma wesentlich ist, wird die Berechnung zweckmäßigerweise nicht mit dem Rechenschieber, sondern schriftlich oder mit der Rechenmaschine ausgeführt.

4. Anwendung der Versuchsergebnisse

Die Kenntnis des Wasserspiegelverlaufes in der Nähe der Absturzkante und der Geschwindigkeitsverteilung von Ufer zu Ufer ermöglicht die Bestimmung der tatsächlichen Form des Überganges vom Schießen zum Strömen. Die folgenden Beispiele demonstrieren die Anwendung der vorstehend gegebenen Gleichungen und Kurven.

4.1 Rechteckkanal

Gegeben ist ein Rechteckkanal von 5 m Sohlenbreite mit einer Abflußmenge $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$.

a) Theoretische Grenztiefe: $t_{gr} = \sqrt[3]{\frac{12^2}{5^2 \cdot 9,81}} = 0,84 \text{ m}$

