

Wassermenge.

Wie schon in der Einleitung des Kapitels erwähnt wurde, ergibt sich die pro Sekunde durch einen Querschnitt des Flußlaufes strömende Wassermenge aus dem Querschnitt F in Quadratmetern und der mittleren Geschwindigkeit v des Profils in Meter/Sekunden, d. h.

$$(12) \quad V = F \cdot v = f_1 v_1 + f_2 v_2 + \dots + f_n v_n.$$

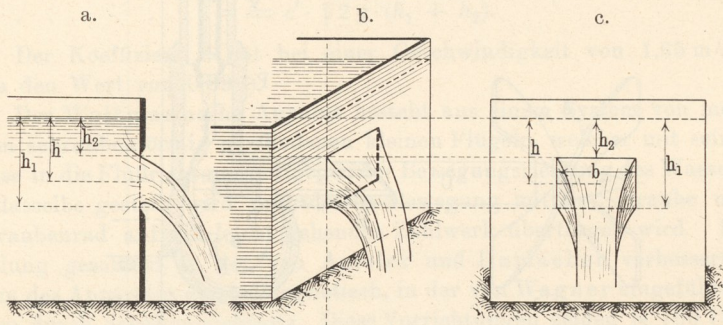
[Siehe Formel (5), S. 5 und Fig. 3 a und 3 b.]

Um ein richtiges Urteil über alle Verhältnisse einer Wasserkraftanlage zu gewinnen, ist es erforderlich, die Wassermengen für verschiedene Wasserstände, wie sie innerhalb eines Jahres auftreten, zu ermitteln.

Vielfach angewandte Methoden zur Bestimmung der Wassermengen bestehen in solchen vermittelst Schützenöffnungen und Überfällen.

Es mögen zunächst die ersteren behandelt werden: Die Messung kann in der Weise vorgenommen werden, daß in einem genügend großen

Fig. 11.



Behälter das Wasser des betreffenden Gerinnes zufließt und eine Öffnung der einen Wand von regelmäßiger Form das Wasser austreten läßt. Die Messung und Berechnung der ausfließenden Wassermengen nach den Gesetzen der Hydrodynamik erfolgt alsdann, wenn ein Behälterzustand eingetreten ist, d. h. wenn der Spiegel im Wasserbehälter weder fällt noch steigt. Die Öffnung wird gewöhnlich rechteckig gewählt, die Breite derselben sei b in Meter, der Abstand der Unterkante der Öffnung vom Spiegel h_1 in Meter, entsprechend derjenigen der Oberkante h_2 und dem Schwerpunktsabstand $h = \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)$

(s. Fig. 11 a, b, c). Die Abstände h , h_1 und h_2 sind in der Entfernung 1 bis 1,5 m von der Öffnung zu messen. Die Menge des sekundlich austretenden Wassers ist alsdann in Cubikcentimetern

$$(13) \quad V = \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h},$$

wobei F den Querschnitt der Öffnung in Quadratmetern und μ den durch die Kontraktion des Wasserstrahles bedingten Ausflußkoeffizienten bedeutet. Der letztere hängt von der Form der Austrittsfläche und der Dicke der Wand bzw. der Schärfe der Austrittskanten ab. Poncelet und Lesbros bestimmten für senkrecht stehende rechteckige Öffnungen in dünner Wand von 0,2 m Breite bei normaler Kontraktion den Ausflußkoeffizienten μ . Normale Kontraktion tritt dann ein, wenn der Wasserspiegel in 1 m horizontaler Entfernung von der Öffnung ruhend ist und letztere um mindestens das 2,7fache ihrer größten Dimension von benachbarten Wänden absteht. Die Koeffizienten sind in nachstehender Tabelle für verschieden hohe Öffnungen bei 0,2 m Breite zusammengestellt.

h_2 m	Höhe der Öffnung $h = (h_1 - h_2)$ m					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,02	0,572	0,596	0,615	0,634	0,659	0,694
0,03	0,578	0,600	0,620	0,638	0,659	0,688
0,04	0,582	0,603	0,623	0,640	0,658	0,683
0,05	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,679
0,10	0,592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666
0,50	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644
1,00	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632
2,00	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611
3,00	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609

Die Werte der Koeffizienten in der Tabelle haben auch Gültigkeit, wenn Breite und Höhe der Öffnungen miteinander vertauscht werden. Häufiger als eine derartige Messung kommt für Wasserkraftanlagen wohl die Verwendung eines Überfalles in Betracht. So wird mitunter im Untergraben, sofern derselbe noch freies Gefälle hat, die Wassermessung vorgenommen; es wird hierbei in den Untergraben ein Wehr eingezogen. Wird in einem Gerinne eine Querwand mit rechteckigem Einschnitt (s. Fig. 12 a und b), dessen horizontale Kante um die Höhe h in Meter unterhalb des Wasserspiegels liegt, eingeschoben, so ist die ausfließende Wassermenge theoretisch

$$(14a) \quad \dots \dots \dots V = \frac{2}{3} b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}^1).$$

Praktisch ist dieser Größe noch ein Faktor μ hinzuzufügen, welcher die Kontraktion durch die Unter- und Seitenkanten berücksichtigt, d. h.

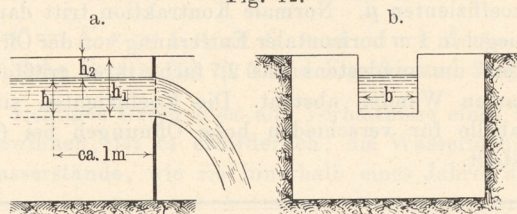
$$(14b) \quad \dots \dots \dots V = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}.$$

¹⁾ Ableitung der Gleichung siehe E. Gieseler, Grundlehren der Kulturtechnik; Abteil. Hydraulik.

Die Werte von μ sind für Überfälle mit dünner Wand mit großer Genauigkeit festgestellt, weshalb die Wassermessung mittels Überfalles für fließendes Wasser als recht zuverlässig anzusehen ist.

Lesbros hat für die verschiedenen Höhen h die Ausflußkoeffizienten von Überfällen mit dünner Wand bei normaler Kontraktion ermittelt.

Fig. 12.



— In nachstehender Tabelle ist die Messung der Größe h in 1 m Entfernung von der Überfallstelle zu verstehen, wie Fig. 12 a zeigt.

Für eine Breite $b = 0,2$ m und				Für eine Breite $b = 0,6$ m und			
$h =$	$\frac{2}{3}\mu =$	$h =$	$\frac{2}{3}\mu =$	$h =$	$\frac{2}{3}\mu =$	$h =$	$\frac{2}{3}\mu =$
0,01	0,424	0,08	0,397	0,06	0,412	0,30	0,391
0,02	0,417	0,10	0,395	0,10	0,406	0,40	0,391
0,04	0,407	0,15	0,393	0,15	0,400	0,50	0,391
0,06	0,401	0,20	0,390	0,20	0,395	0,60	0,390

Die normale Kontraktion, die hierbei vorausgesetzt ist, tritt allerdings in den meisten praktischen Fällen nicht ein, vielmehr handelt es sich meist um Kanäle, in denen das Wasser mit einer gewissen Geschwindigkeit zufließt, und kann das Wasser im Raume vor dem Überfalle nicht als stehend betrachtet werden. In diesem Falle sind die Koeffizienten nach Weisbach zu ermitteln, wie folgt:

In der nachstehenden Tabelle bedeutet:

n das Verhältnis von $b \cdot h$ zum Querschnitt des Zuflußkanales, μ_2 den Ausflußkoeffizienten für den Fall, daß b kleiner ist als die Kanalbreite, μ_3 den entsprechenden Wert für den Fall, daß b gleich der Kanalbreite ist.

$n =$	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
$\mu_2 =$	1,000 μ	1,001 μ	1,003 μ	1,007 μ	1,014 μ	1,044 μ	1,107 μ
$\mu_3 =$	0,145 μ	1,049 μ	1,056 μ	1,064 μ	1,074 μ	1,100 μ	1,133 μ

μ ist hierbei der vorhergehenden Tabelle für normale Kontraktion zu entnehmen.

Der Koeffizient μ_3 berücksichtigt, wie schon angedeutet, diejenigen Verhältnisse, bei welchen der Überfall ohne seitliche Kontraktion, d. h. über die ganze Breite des Kanales stattfindet. Derartige Überfälle kommen besonders da in Betracht, wo die zu messende Wassermenge verhältnismäßig groß ist und trotzdem kein bedeutender Rückstau durch die Überfallwand stattfinden soll.

Für Überfälle ohne seitliche Kontraktion hat ferner F. Frese eine Formel für den Koeffizienten μ aufgestellt, die bei beliebigen Wassertiefen H des Kanales und beliebigen Kanalbreiten Verwendung findet; ist h wieder die Überfallhöhe (Druckhöhe), wie oben gemessen, so ist der Koeffizient

$$(15) \quad \mu = \left(0,615 + \frac{0,0021}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{H} \right)^2 \right].$$

Besonders ausführliche Untersuchungen von Überfällen ohne Seitenkontraktion hat Hansen auf der hydraulischen Versuchsstation der Firma Briegleb, Hansen u. Co., Gotha, in den Jahren 1887 bis 1891 vorgenommen. — Über dieselben ist in der Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingen. 1892 ausführlich berichtet.

Nach Hansen verdienen die Überfälle ohne seitliche Kontraktion bei Wassermessungen den Vorzug, da bei solchen der Ausflußkoeffizient von der Breite des Kanales, sobald dieselbe eine gewisse untere Grenze überschreitet, als unabhängig bezeichnet und deshalb mit größerer Sicherheit festgelegt werden kann.

Bezüglich der Anordnung des Überfalles ist zu beachten, daß in den Seitenwänden unterhalb des Überfallstrahles Öffnungen für den freien Zutritt atmosphärischer Luft anzubringen sind. Da nämlich das auffallende Wasser zu Wirbelbildungen Anlaß gibt, durch welche die Luft in Form von großen und kleinen Blasen unter dem Strahle weggespült wird, so muß für beständigen Zutritt frischer Luft Sorge getragen werden (s. Fig. 13).

Die hierzu dienende Öffnung ist so nahe an der Überfallwand anzubringen, daß sie auch bei kleinen Überfallhöhen nicht vom Strahle erreicht wird.

Die von Hansen bei seinen Versuchen verwendete Überfallbreite betrug 1,0825 m. Die Höhe der Überfallwand über dem Gerinneboden 0,514 m. Die Überfallhöhe h wurde in einem Abstände von 1,095 m gemessen. Das Resultat der mit großer Sorgfalt durchgeführten Messungen ist in nachstehender Tabelle zusammengefaßt; dieselbe gibt den Zusammenhang zwischen der Überfallhöhe h in Meter und dem Koeffizienten $\frac{2}{3} \mu$:

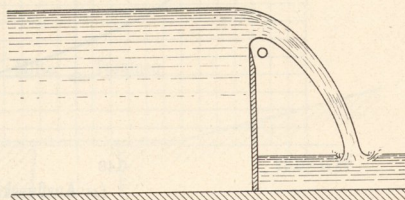


Fig. 13.

Für eine Breite $b = 0,2$ m und		Für eine Breite $b = 0,6$ m und	
$h =$	$\frac{2}{3}\mu =$	$h =$	$\frac{2}{3}\mu =$
0,01	0,4240	0,06	0,4120
0,02	0,4170	0,10	0,4060
0,04	0,4070	0,15	0,4000
0,06	0,4010	0,20	0,3950
0,08	0,3970	0,30	0,3925 ?
0,10	0,3950	0,40	0,3910
0,15	0,3930	0,50	0,3905 ?
0,20	0,3900	0,60	0,3900

Fig. 14 a.

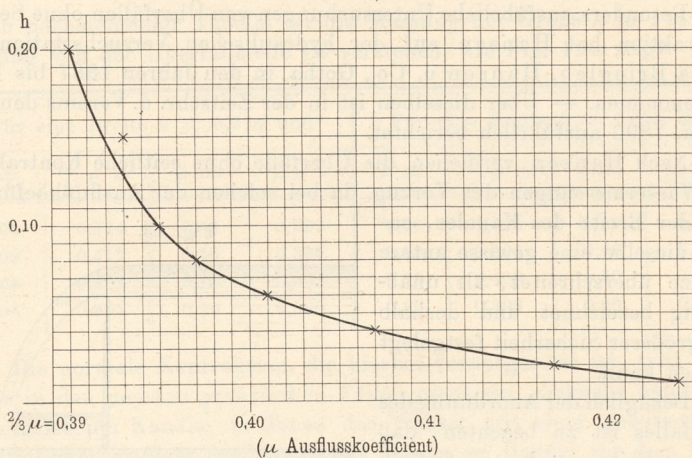
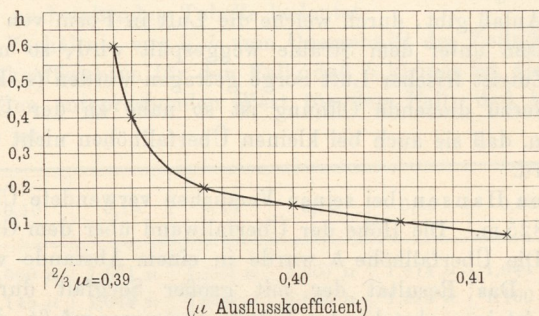
für $b = 0,20$ m

Fig. 14 b.

für $b = 0,60$ m

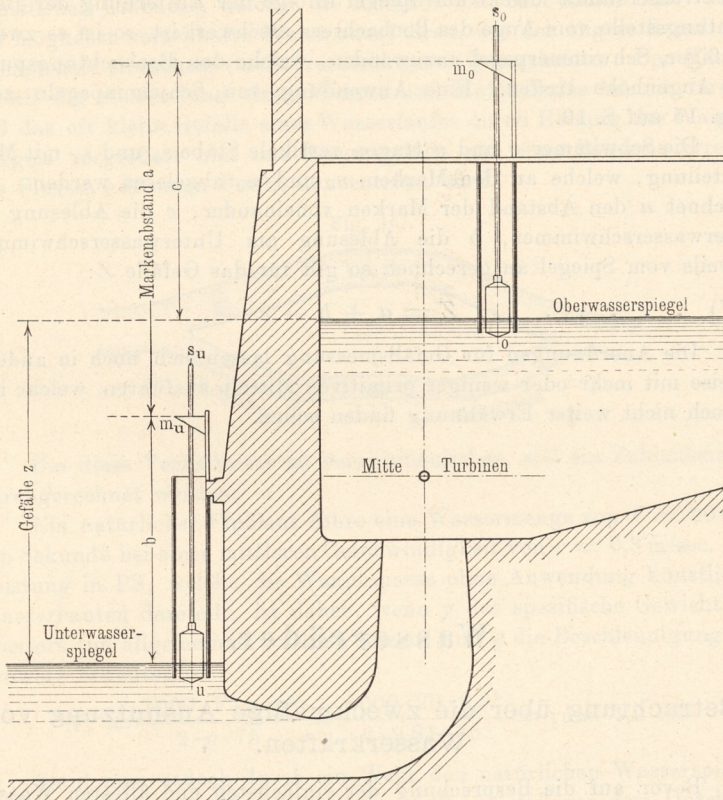
Die graphische Darstellung dieser Tabelle ist aus Fig. 14 a und b zu ersehen.

Berechnet man auf Grund obiger Werte für μ' und h die Wassermengen nach der Formel

$$(16) \quad V = \mu' \cdot b \cdot h \sqrt{2gh} = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \sqrt{2gh},$$

so ergibt sich, daß die Kurven der überfließenden Wassermengen von etwa 0,0800 m Überfallhöhen an geradlinig verlaufen und die Überfallkoeffizienten den überfließenden Wassermengen proportional sind.

Fig. 15.



Für Wassermessungen mittels Überfällen sollten Druckhöhen unter 100 mm nicht in Anwendung kommen, schon aus dem Grunde, weil kleine Überfallhöhen nur wenig genau gemessen werden können und ein kleiner Meßfehler daher große prozentuale Fehler in den berechneten Wassermengen bedingt.

Hansen kommt auf Grund seiner Versuche zu dem Schlusse, daß die Messung der Wassermengen mittels Überfalles ohne seitliche Kontraktion eine sehr zuverlässige Methode darstellt.