

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

**Untersuchungen über den Energieverlust des Wassers in
Turbinenkanälen**

Oesterlin, Hermann

Berlin, 1903

Anhang. Tabellen der Versuchsergebnisse und der Berechnung mittelst
der neuen Formel

[urn:nbn:de:bsz:31-274039](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-274039)

berüch
ndliche
wirkun
Stral
ssers
weiter
größer
inen

Anhang.

Tabellen

der

Versuchsergebnisse und der Berechnung

mittelst der neuen Formel.

Druckhöhen in m	I	II	III	IV
a	0,443	—	—	—
b	—	—	—	—
c	—	0,423	0,430	0,440
Querschnitt 0 ~ d	0,395	0,406	0,422	0,434
„ 1 ~ e	—	0,389	0,4105	0,4255
f	0,353	—	—	—
„ 2 ~ g	—	0,3475	0,378	0,3965
h	0,2985	—	—	—
„ 3 ~ i	—	0,2725	0,309	0,334
k	0,197	—	—	—
„ 4 ~ l	—	0,152	0,1965	0,2345
m	0,039	—	—	—
„ 5 ~ n	—	—0,014	0,037	0,0745
o	—	—0,030	—	—
p	—0,024	—	—	—

Bemerkungen: Gesamtgefälle $h = 0,4845$ m.

Messungen der Ausflußparabeln und der Geschwindigkeiten mit
Tafel 2.

Tabelle 1.

Kanal I. — Versuch 1.

Wassermenge: $V = 0,000,386$ cbm/Sek.

Gefunden durch Abwiegen: 46,3 kg in 2 Min.

Temperatur des Wassers: $t = 15,0^\circ \text{C}$.

Ausrechnung der Versuchswerte:

	Querschnitt 0	Querschnitt 6 (Ausfl.)
Querschnittsfläche	$F = 0,0004505$	$F = 0,000155$ qm
$\frac{V}{F} = c_m = 0,857$		$c_m = 2,49$ m/Sek.
$\frac{c_m^2}{2g} = 0,03735$		$\frac{c_m^2}{2g} = 0,316$ m
$h_m = 0,4245$		$h_m = 0$ m
Gesamtenergie pro kg	$E = 0,46185$	$E = 0,316$ m

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 6

$$E_v = 0,46185 - 0,316 = 0,14585 \text{ m pro kg Wasser.}$$

Für $E_v = \zeta \cdot \frac{c_a^2}{2g}$ und $\frac{c_a^2}{2g} = 0,316$ (Ausflussquerschn. 6)

$$\zeta = 0,462$$

Bezogen auf die Eintrittsenergie pro kg

$E = 0,46185$ m beträgt der Verlust

$$E_v = 31,6 \%$$

mit Pitot-Röhrchen siehe

Druckhöhen in m	I	II	III	IV	V
a	3,574	3,573	3,569.5	3,572	3,573
b	3,565	3,565	3,566	3,569	3,572
c	3,556	3,557.5	3,560	3,565	3,568.5
Querschnitt O ~ d	3,546	3,549	3,553	3,561	3,569.5
e	3,531	3,537	3,547	3,560	3,571.5
f	3,504	3,518	3,538	3,559	3,576
g	3,458	3,491	3,526.5	3,555	3,578
h	3,391	3,447	3,504	3,546	3,577
i	3,348	3,393	3,462	3,524.5	3,564
k	3,291.5	3,330	3,391	3,471	3,529.5
l	3,241	3,254	3,302	3,385.5	3,459
m	3,141.5	3,185	3,218	3,286	3,358
n	3,078	3,086	3,113.5	3,172	3,240
o	3,033	3,035	3,042	3,087	3,115
p	3,023	3,015	3,019	3,025	3,043.5
q	—	3,117	3,034.5	3,012.5	3,020
r	—	—	—	—	3,044

Bemerkungen: Gesamtgefälle h = 3,672 m.

Tabelle 2.

V	VI	VII
573	3,582	3,581
572	3,573.5	3,573
568.5	3,572	3,572
569.5	3,573	3,574
571.5	3,579	3,580
576	3,587	3,589
578	3,593	3,596
577	3,593	3,597
564	3,585	3,594
529.5	3,561	3,578
559	3,509.5	3,532
558	3,415	3,444.5
540	3,288	3,317
515	3,152	3,169
513.5	3,074	3,075
510	3,023	3,029.5
514	3,017.5	3,015

Kanal II. — Versuch 2.

Wassermenge: $V = 0,00843$ cbm/Sek.

Gefunden mit Danaide.

Druckhöhe in der Danaide: $h = 0,652$ m.

Temperatur des Wassers: $t = 12,2^\circ$ C.

Ausrechnung der Versuchswerte:

Querschnitt 0	Querschnitt 7
Querschnittsfläche	
$F = 0,0075$	$F = 0,00411$ qm
$\frac{V}{F} = c_m = 1,124$	$c_m = 2,05$ m/Sek.
$\frac{c_m^2}{2g} = 0,0644$	$\frac{c_m^2}{2g} = 0,2145$ m
$h_m = 3,5610$	$h = 3,3810$ m
Gesamtenergie pro kg $E = 3,6254$	$E = 3,5955$ m

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 7.

$$E_v = 3,6254 - 3,5955 = 0,030 \text{ m pro kg Wasser.}$$

$$\text{Für } E_v = \zeta \cdot \frac{c_a^2}{2g} \text{ und } \frac{c_a^2}{2g} = 0,2145 \text{ (Ausflußquerschn. 7)}$$

$$\zeta = 0,140$$

Bezogen auf die Eintrittsenergie pro kg

$E = 3,6254$ m beträgt der Verlust

$$E_v = 0,828 \%$$

Druckhöhen in m	I	II	III	IV	V
a	1,874	1,875	1,882	1,890	1,878
b	1,839	1,840	1,843	1,853	1,860
c	1,808	1,810	1,816	1,833	1,847
Querschnitt 0 ~ d	1,764	1,776	1,796	1,825	1,850
e	1,710	1,731	1,771	1,820	1,859
f	1,608	1,664	1,738	1,815	1,872
g	1,442	1,555	1,693	1,806	1,878
h	1,190 *)	1,398	1,615	1,772	1,872
i	1,030 *)	1,215	1,470	1,696	1,825
k	0,864	1,005	1,220	1,510	1,708
l	0,675 *)	0,741	0,913	1,205	1,463
m	0,312	0,484	0,623	0,868	1,105
n	0,107	0,130	0,236	0,448	0,696
o	0 *)	0 *)	0,031 *)	0,169	0,243
p	-0,045 *)	-0,038 *)	0,015 *)	0,046 *)	0,024

Bemerkungen: Die Geschwindigkeit in dem ausfließenden Strahl ist außen größer als innen. Gesamtgefälle $h = 2,102$ m.

*) Mittelwert der hier schwankenden Druckhöhen.

Tabelle 3.

Kanal II. — Versuch 3.

Wassermenge: $V = 0,01575$ cbm/Sek.

Gefunden mit Überfallwehr aus:

$$V = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

$$h = 0,4735 - 0,419 = 0,0545 \text{ m}$$

$$\frac{2}{3} \mu = \frac{2}{3} \left(0,615 + \frac{0,0021}{h} \right) = 0,4357$$

Temperatur des Wassers = 16,7° C.

Ausrechnung der Versuchswerte:

	Querschnitt 0	Querschnitt 12
Querschnittsfläche		
	$F = 0,0075$	$F = 0,00265 \text{ qm}$
$\frac{V}{F} = c_m = 2,100$		$c_m = 5,95 \text{ m/Sek.}$
$\frac{c_m^2}{2g} = 0,225$		$\frac{c_m^2}{2g} = 1,800 \text{ m}$
$h_m = 1,822$		$h = 0 \text{ m}$
Gesamtenergie pro kg		
$E = 2,047$		$E = 1,800 \text{ m}$

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 12

$$E_v = 2,047 - 1,800 = 0,247 \text{ m pro kg Wasser.}$$

$$\text{Für } E_v = \zeta \cdot \frac{c_a^2}{2g} \text{ und } \frac{c_a^2}{2g} = 1,800 \text{ (Ausflußquerschn. 12)}$$

$$\zeta = 0,1371$$

Bezogen auf die Eintrittsenergie pro kg

$E = 2,047 \text{ m}$ beträgt der Verlust

$$E_v = 12,06 \%$$

Wassermessung: mit Überfallwehr.

Wassermenge: $V = 0,014.9$ cbm/Sek.

Gefunden aus: $V = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \sqrt{2gh}$

$h = 0,4715 - 0,419 = 0,0525$ m

$\frac{2}{3} \mu = \frac{2}{3} \cdot \left(0,615 + \frac{0,0021}{h}\right) = 0,4367$

Druckhöhenmessung: Druckhöhe h als Wassersäule in m

Querschnitt 0 ~ d			Querschnitt n		
	h	h_m		h	h_m
I	1,520		I	0,091	
II	1,531		II	0,115	
III	1,547		III	0,205	
IV	1,573	1,572	IV	0,388	
V	1,597		V	0,595	
VI	1,610		VI	0,728	
VII	1,613		VII	0,823	

Temperatur des Wassers: $t = 17,2$ °C.

Bemerkungen: Geschwindigkeit in dem ausfließenden Strahl außen größer als innen.

Gesamtgefälle $h = 1,82$ m.

Tabelle 4.

II. Versuch 4.

Ausrechnung der Versuchswerte:

Querschnitt 0	Querschnitt 12
Querschnittsfläche $F = 0,0075$	$F = 0,00265 \text{ qm}$
$\frac{V}{F} = c_m = 1,987$	$c_m = 5,62 \text{ m/Sek.}$
$\frac{c_m^2}{2g} = 0,2010$	$\frac{c_m^2}{2g} = 1,612 \text{ m}$
$h_m = 1,572$	$h_m = 0 \text{ m}$
Gesamtenergie $E = 1,773$	$E = 1,612 \text{ m pro kg Wasser}$

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 12:

$$E_v = 1,773 - 1,612$$

$$E_v = 0,161 \text{ m pro kg Wasser.}$$

Setzt man $E_v = \zeta \cdot \frac{c_a^2}{2g}$ mit $\frac{c_a^2}{2g} = \text{Geschwindigkeitshöhe im Ausflu\ss}$

$$\frac{c_a^2}{2g} = 1,612 \text{ so wird}$$

$$\zeta = 0,0998$$

Bezogen auf die Eintrittsenergie $E = 1,773 \text{ m}$ betragt der Verlust

$$E_v = 9,08 \text{ \%/o.}$$

Kanal III

Wassermessung: mit Überfallwehr.

Wassermenge: $V = 0,0372 \text{ cbm/Sek.}$

Gefunden aus: $V = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$

Höhe des gestauten
Wasserspiegels über
der Wehrkrone:

$h = 0,517 - 0,419 = 0,098 \text{ m}$

$\frac{2}{3} \mu = \frac{2}{3} \left(0,615 + \frac{0,0021}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{t} \right)^2 \right] = 0,4275$

Kanaltiefe: $t = 0,765 \text{ m}$

Druckhöhenmessung: Druckhöhe h als Wassersäule in m

Querschnitt 0			Querschnitt 6		
	h	h_m		h	h_m
I	1,691		I	0,200	
II	1,710		II	0,168	+ 0,115
III	1,765		III	- 0,140	
IV	1,835	1,8216			
V	1,877				
VI	1,906				
VII	1,908				

Temperatur des Wassers: $t = 17,1 \text{ }^\circ\text{C.}$

Bemerkungen: Geschwindigkeit in dem ausfließenden Strahl außen größer als innen.

Gesamtgefälle: $h = 2,102 \text{ m.}$

Tabelle 5.

Versuch 5.

Ausrechnung der Versuchswerte:

Querschnitt 0	Querschnitt 6
Querschnittsfläche $F = 0,01924$	$F = 0,00642 \text{ qm}$
$\frac{V}{F} = c_m = 1,932$	$c_m = 5,796 \text{ m/Sek.}$
$\frac{c_m^2}{2g} = 0,1902$	$\frac{c_m^2}{2g} = 1,712 \text{ m}$
$h_m = 1,8216$	$h_m = 0,115 \text{ m}$
Gesamtenergie $E = 2,0118$	$E = 1,8270 \text{ m pro kg Wasser}$

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 6

$$E_v = 2,0118 - 1,8270$$

$$E_v = 0,185 \text{ m pro kg Wasser.}$$

Setzt man $E_v = \zeta \cdot \frac{c_a^2}{2g}$ mit $\frac{c_a^2}{2g} =$ Geschwindigkeitshöhe im Ausfluß

$$\frac{c_a^2}{2g} = 1,712 \text{ so wird}$$

$$\zeta = 0,108$$

Bezogen auf die Eintrittsenergie $E = 2,0118$ beträgt der Verlust

$$E_v = 9,2\%$$

Wassermessung: mit Überfallwehr.

Wassermenge: $V = 0,0383 \text{ cbm/Sek.}$

Gefunden aus: $V = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$

$h = 0,519 - 0,419 = 0,100 \text{ m}$

$\frac{2}{3} \mu = \frac{2}{3} \left(0,615 + \frac{0,0021}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{t} \right)^2 \right] = 0,4275.$

$t = 0,767 \text{ m.}$

Druckhöhenmessung: Druckhöhe h als Wassersäule in m

Querschnitt 0			Querschnitt 6		
	h	h_m		h	h_m
I	1,732		I	0,218	
II	1,738		II	0,187	0,126
III	1,774		III	-0,174	
IV	1,820	1,813			
V	1,853				
VI	1,879				
VII	1,883				

Temperatur des Wassers: $t = 17,0 \text{ }^\circ\text{C.}$

Bemerkungen: Geschwindigkeit in dem ausfließenden Strahl außen größer als innen.

Gesamtgefälle $h = 2,102 \text{ m.}$

Tabelle 6.

Versuch 6.

Ausrechnung der Versuchswerte:

Querschnitt 0	Querschnitt 4
Querschnittsfläche $F = 0,01928$	$F = 0,0065$ qm
$\frac{V}{F} = c_m = 1,989$	$c_m = 5,895$ m/Sec.
$\frac{c_m^2}{2g} = 0,2015$	$\frac{c_m^2}{2g} = 1,770$ m
$h_m = 1,813$	$h_m = 0,126$ m
Gesamtenergie $E = 2,0145$	$E = 1,896$ m pro kg Wasser

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 4

$$E_v = 2,0145 - 1,896$$

$$E_v = 0,1185 \text{ m pro kg Wasser.}$$

Setzt man $E_v = \zeta \cdot \frac{c_a^2}{2g}$ mit $\frac{c_a^2}{2g} =$ Geschwindigkeitshöhe im Ausfluß

$$\frac{c_a^2}{2g} = 1,770 \text{ so wird}$$

$$\zeta = 0,067$$

Bezogen auf die Eintrittsenergie $E = 2,0145$ m beträgt der Verlust

$$E_v = 5,88 \text{ ‰}$$

Wassermessung: mit Überfallwehr.

Wassermenge: $V = 0,03775$ cbm/Sek.

Gefunden aus: $V = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$

$h = 0,518 - 0,419 = 0,099$ m

$\frac{2}{3} \mu = \frac{2}{3} \left(0,615 + \frac{0,0021}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{t} \right)^2 \right] = 0,4275$

$t = 0,766$ m.

Druckhöhenmessung: Druckhöhe h als Wassersäule in m

Querschnitt 0			Querschnitt 5		
	h	h_m		h	h_m
I	1,810		I	0,190	
II	1,780		II	0,132	0,061
III	1,752		III	-0,302	
IV	1,780	1,7916			
V	1,825				
VI	1,860				
VII	1,875				

Temperatur des Wassers: $t = 16,9$ °C.

Bemerkungen: Geschwindigkeit in dem ausfließenden Strahl außen größer als innen.

Gesamtgefälle $h = 2,102$ m.

Tabelle 7.

Versuch 7.

Ausrechnung der Versuchswerte:

Querschnitt 0	Querschnitt 5.
Querschnittsfläche $F = 0,01912$	$F = 0,00642 \text{ qm}$
$\frac{V}{F} = c_m = 1,972$	$c_m = 5,875 \text{ m/Sek.}$
$\frac{c_m^2}{2g} = 0,1985$	$\frac{c_m^2}{2g} = 1,760 \text{ m}$
$h_m = 1,7916$	$h_m = 0,061 \text{ m}$
Gesamtenergie $E = 1,990$	$E = 1,821 \text{ m pro kg Wasser}$

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 5

$$E_v = 1,990 - 1,821$$

$$E_v = 0,169 \text{ m pro kg Wasser.}$$

Setzt man $E_v = \zeta \cdot \frac{c_a^2}{2g}$ mit $\frac{c_a^2}{2g} = \text{Geschwindigkeitshöhe im Ausfluß}$

$$\frac{c_a^2}{2g} = 1,760 \text{ so wird}$$

$$\zeta = 0,096$$

Bezogen auf die Eintrittsenergie $E = 1,990 \text{ m}$ beträgt der Verlust

$$E_v = 8,5 \text{ } \%.$$

Wassermessung: mit Überfallwehr.

Wassermenge: $V = 0,03302$ cbm/Sek.

Gefunden aus: $V = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \sqrt{2gh}$

$h = 0,5185 - 0,419 = 0,0995$ m

$\frac{2}{3} \mu = \frac{2}{3} \left(0,615 + \frac{0,0021}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{t} \right)^2 \right] = 0,4275$

$t = 0,7665$ m

Druckhöhenmessung: Druckhöhe h als Wassersäule in m

Querschnitt 0			Querschnitt 4		
	h	h_m		h	h_m
I	1,864		I	0,220	
II	1,841		II	0,169	0,1828
III	1,830		III	0,174	
IV	1,822	1,8348			
V	1,833				
VI	1,845				
VII	1,860				

Temperatur des Wassers: $t = 17,1^\circ$ C.

Bemerkungen: Gesamtgefälle $h = 2,102$ m.

Versuch 8.

Ausrechnung der Versuchswerte:

Querschnitt 0	Querschnitt 4
Querschnittsfläche $F = 0,0192$	$F = 0,00642 \text{ qm}$
$\frac{V}{F} = c_m = 1,981$	$c_m = 5,925 \text{ m/Sek}$
$\frac{c_m^2}{2g} = 0,200$	$\frac{c_m^2}{2g} = 1,79 \text{ m}$
$h_m = 1,8348$	$h_m = 0,1828 \text{ m}$
Gesamtenergie $E = 2,0348$	$E = 1,9728 \text{ m pro kg Wasser}$

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 4

$$E_v = 2,0348 - 1,9728 =$$

$$E_v = 0,062 \text{ m pro kg Wasser.}$$

Setzt man $E_v = \zeta \cdot \frac{c_a^2}{2g}$ mit $\frac{c_a^2}{2g} =$ Geschwindigkeitshöhe im Ausfluß

$$\frac{c_a^2}{2g} = 1,79 \text{ so wird}$$

$$\zeta = 0,0346$$

Bezogen auf die Eintrittsenergie $E = 2,0348 \text{ m}$ beträgt der Verlust

$$E_v = 3,05 \%$$

Wassermessung: mit Überfallwehr.

Wassermenge: $V = 0,01938 \text{ cbm/Sek.}$

Gefunden aus: $V = \frac{2}{3} \mu b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$

$h = 0,482 - 0,419 = 0,063 \text{ m}$

$\frac{2}{3} \mu = \frac{2}{3} \left(0,615 + \frac{0,0021}{h} \right) = 0,4322$

Druckhöhenmessung: Druckhöhe h als Wassersäule in m

Querschnitt 1			Querschnitt 4		
	h	h_m		h	h_m
I	1,990		I	0,847	
II	1,944		II	0,977	
III	1,956	1,9728	III	1,105	1,030
IV	1,988		IV	1,151	
V	2,037				

Temperatur des Wassers: $t = 17,5 \text{ }^\circ\text{C.}$

Bemerkungen: Geschwindigkeit in dem ausfließenden Strahl innen größer als außen.

Gesamtgefälle $h = 2,102 \text{ m.}$

Tabelle 9.

VII. Versuch 9.

Ausrechnung der Versuchswerte:

Querschnitt 1	Querschnitt 8
Querschnittsfläche $F = 0,01254$	$F = 0,003146$ qm
$\frac{V}{F} = c_m = 1,542$	$c_m = 6,155$ m/Sek.
$\frac{c_m^2}{2g} = 0,1216$	$\frac{c_m^2}{2g} = 1,932$ m
$h_m = 1,9728$	$h_m = 0$ m
Gesamtenergie $E = 2,0944$	$E = 1,932$ m pro kg Wasser

Energieverlust von Querschnitt 1 bis Querschnitt 8.

$$E_v = 2,0944 - 1,932$$

$$E_v = 0,1624 \text{ m pro kg Wasser}$$

Setzt man $E_v = \zeta \cdot \frac{c_a^2}{2g}$ mit $\frac{c_a^2}{2g} =$ Geschwindigkeitshöhe im Ausfluß

$$\frac{c_a^2}{2g} = 1,932 \text{ so wird}$$

$$\zeta = 0,084$$

Bezogen auf die Eintrittsenergie $E = 2,0944$ m beträgt der Verlust

$$E_v = 7,75 \text{ ‰}$$

	0	1	2	3	4	
Versuchs-Werte	$h_m =$	0,4245	0,413	0,379	0,313	0,205
	$\frac{c_m^2}{2g} =$	0,03735	0,04415	0,068	0,1169	0,200
	$E =$	0,46185	0,45715	0,447	0,4299	0,405
	$\Delta E_v =$	—	0,00470	0,010.15	0,017.10	0,024.90
$b = 0,005$	$a =$	0,0901	0,083	0,067	0,051	0,039
	$F =$	0,0004505	0,000415	0,000335	0,000255	0,000195
	$c_m =$	0,857	0,930	1,151	1,514	1,98
	$\frac{c_m^2}{2g} =$	0,03735	0,04415	0,068	0,1169	0,200
	$U =$	0,1902	0,176	0,144	0,112	0,088
	$U' =$	422	424	430	440	451
	$F =$	—	423	427	435	445,5
	$\frac{c'_m{}^2}{2g} =$	—	0,0406	0,0552	0,0906	0,1555
	$(q d\alpha)_m =$	—	0,0242	0,0472	0,0488	0,0482
$0,00589 \frac{U' \cdot c'_m{}^2}{F \cdot 2g} \cdot (q d\alpha)_m =$	—	0,002.44	0,006.55	0,011.30	0,019.65	
	$e_m =$	konstant 0,119				
	$e'_m =$	" 0,119				
	$c'_m =$	—	0,8935	1,0405	1,3325	1,747
	$d\alpha =$	—	0,2035	0,397	0,410	0,405
$0,0025 \sqrt{\frac{c'_m}{e'_m}} \cdot d\alpha =$	—	0,001.39	0,002.94	0,003.42	0,003.88	
	$\frac{c_m \cdot a}{e_m \cdot 2} =$	konstant, da e_m konstant				
	$v_i =$	—	—	—	—	—
	$dc_m = dv_i =$	—	0,073	0,221	0,363	0,466
	$e_{m1} =$	konstant 1,2945				
	$e_i =$	—	—	—	—	—
	$1,2945 dc_m = de_i =$	—	—	—	—	—
$0,2945 dc_m = dw_i = de_i - dv_i =$	—	+ 0,0215	+ 0,06505	+ 0,1069	+ 0,13725	
$1,2945 c'_m = c'_i =$	—	1,158	1,35	1,728	2,262	
$(q d\alpha)_i =$	—	0,016	0,0335	0,038	0,040	
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(q d\alpha)_i} =$	—	+ 1,555	+ 2,621	+ 4,85	+ 7,775	
	$e_{a1} =$	konstant 0,7055				
	$e_a =$	—	—	—	—	—
$-0,2945 dc_m = dw_a = -dw_i =$	—	- 0,0215	- 0,06505	- 0,1069	- 0,13725	
$0,7055 c'_m = c'_a =$	—	0,63	0,735	0,94	1,23	
$(q d\alpha)_a =$	—	0,034	0,063	0,062	0,058	
$\frac{c'_a \cdot dw_a}{(q d\alpha)_a} =$	—	- 0,398	- 0,701	- 1,62	- 2,915	
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(q d\alpha)_i} + \frac{c'_a \cdot dw_a}{(q d\alpha)_a} =$	—	+ 1,157	+ 1,920	+ 3,230	+ 4,860	
$\frac{0,000004}{b} (\quad + \quad) =$	—	+ 0,000.93	+ 0,001.54	+ 0,002.58	+ 0,003.90	
$\Delta E_v =$	—	0,004.74	0,011.03	0,017.30	0,027.43	

	0	1	2	3	
Versuchs-Werte	$h_m =$	3,561	3,558	3,555	3,550
	$\frac{c_m^2}{2g} =$	0,0644	0,0644	0,0644	0,067
	$E =$	3,6254	3,6224	3,6194	3,617
	$\Delta E_v =$	—	0,003.0	0,003.0	0,002.4
$b = 0,050$	$a =$	0,150	0,150	0,150	0,147
	$F =$	0,0075	0,0075	0,0075	0,00735
	$c_m =$	1,124	1,124	1,124	1,146
	$\frac{c_m^2}{2g} =$	0,0644	0,0644	0,0644	0,067
	$\bar{U} =$	0,4	0,4	0,4	0,394
	$U =$	53,35	53,35	53,35	53,6
	$F =$	—	53,35	53,35	53,475
	$\frac{c'_m}{2g} =$	—	0,0644	0,0644	0,0657
	$(\varrho d\alpha)_m =$	—	0,029	0,0285	0,0205
	$0,00589 \frac{U' \cdot c'_m}{F \cdot 2g} \cdot (\varrho d\alpha)_m =$	—	0,000.59	0,000.58	0,000.42
	$\varrho_m =$	0,83	0,657	0,1382	0,1018
	$\varrho'_m =$	—	0,7435	0,3973	0,1200
	$c'_m =$	—	1,124	1,124	1,135
$d\alpha =$	—	0,039	0,0718	0,1708	
$0,0025 \sqrt{\frac{c'_m}{\varrho'_m}} \cdot d\alpha =$	—	0,000.09	0,000.30	0,001.31	
$\frac{c_m}{\varrho_m} \cdot \frac{a}{2} =$	0	0,1283	0,610	0,8285	
$v_i =$	1,124	0,9957	0,514	0,3175	
$dv_i =$	—	-0,1283	-4817	-0,1965	
$\frac{\varrho_{m1}}{\varrho_i} =$	1	0,9	0,867	0,717	
$c_i =$	1,124	1,011	0,975	0,821	
$dc_i =$	—	-0,1130	-0,0360	-0,1540	
$dw_i = dc_i - dv_i =$	—	+0,0153	+0,4457	+0,0425	
$c'_i =$	—	1,0675	0,993	0,898	
$(\varrho d\alpha)_i =$	—	0,026	0,0225	0,0110	
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\varrho d\alpha)_i} =$	—	+0,627	+19,68	+3,468	
$\frac{\varrho_{m1}}{\varrho_a} =$	1	1,1	1,132	1,282	
$c_a =$	1,124	1,238	1,274	1,470	
$dw_a = -dw_i =$	—	-0,0153	-0,4457	-0,0425	
$c'_a =$	—	1,181	1,256	1,372	
$(\varrho d\alpha)_a =$	—	0,0318	0,0345	0,030	
$\frac{c'_a \cdot dw_a}{(\varrho d\alpha)_a} =$	—	-0,569	-16,22	-1,945	
$\frac{c'_i dw_i}{(\varrho d\alpha)_i} + \frac{c'_a dw_a}{(\varrho d\alpha)_a} =$	—	+0,058	+3,46	+1,523	
$\frac{0,000.004}{b} (\quad + \quad) =$	—	+0,000.005	+0,000.28	+0,000.12	
$\Delta E_v =$	—	0,000.69	0,001.16	0,001.85	

Tabelle 11.

4	5	6	7
3,541	3,5192	3,4605	3,381
0,0756	0,0844	0,1379	0,2145
3,6166	3,6036	3,5984	3,5955
0,000.4	0,013.0	0,005.2	0,002.9
0,1385	0,131	0,1025	0,0822
0,006925	0,00655	0,005125	0,00411
1,217	1,286	1,644	2,05
0,0756	0,0844	0,1379	0,2145
0,377	0,362	0,305	0,2644
54,45	55,3	59,5	64,4
54,025	54,875	57,4	61,95
0,0713	0,080	0,11115	0,1762
0,0225	0,022	0,0385	0,047
0,000.51	0,000.57	0,001.45	0,003.02
0,1221	0,1878	0,2424	0,3582
0,11195	0,15495	0,2151	0,3003
1,1815	1,2515	1,465	1,847
0,1882	0,142	0,179	0,1562
0,001.53	0,001.01	0,001.17	0,000.97
0,690	0,449	0,3475	0,2355
0,527	0,837	1,2965	1,8145
+ 0,2095	+ 0,310	+ 0,4595	+ 0,5180
0,745	1,235	1,825	1,618
0,906	1,589	3,000	3,318
+ 0,0850	+ 0,683	+ 1,411	+ 0,318
- 0,1245	+ 0,373	+ 0,9515	- 0,200
0,8635	1,2475	2,2945	3,159
0,003	0,003	0,037	0,047
- 35,80	+ 155,0	+ 59,0	- 13,42
1,255	0,765	0,176	0,383
1,527	0,984	0,2896	0,785
+ 0,1245	- 0,3730	- 0,9515	+ 0,200
1,4985	1,2555	0,6368	0,5373
0,043	0,0455	0,046	0,0485
+ 4,34	- 10,3	- 13,19	+ 2,22
- 31,46	+ 144,7	+ 45,81	- 11,20
- 0,002.52	+ 0,011.58	+ 0,003.66	- 0,000.90
- 0,000.48	+ 0,013.16	0,006.28	0,003.09

Kanal II. — Versuch 2.

Berechnung:

mittelst Formel.

Wassermenge:

$$V = 0,008,43 \text{ cbm/Sek.}$$

Energieverlust

von Querschnitt 0 bis 7

$$E_v = 0,025,75 \text{ m.}$$

Nach dem Versuch

$$E_v = 0,029,90 \text{ m.}$$

		0	1	2	3	4	5	
Versuchs- Werte	$h_m =$	1,822	1,815	1,801	1,783	1,747	1,672	
	$\frac{c_m^2}{2g} =$	0,225	0,225	0,225	0,2345	0,264	0,295	
	$E =$	2,047	2,040	2,026	2,0175	2,011	1,967	
	$J E_v =$	—	0,007.0	0,014.0	0,008.5	0,006.5	0,044.0	
$b = 0,050$	$a =$	0,150	0,150	0,150	0,147	0,1385	0,131	
	$F =$	0,0075	0,0075	0,0075	0,00735	0,006925	0,00655	
	$c_m =$	2,100	2,100	2,100	2,142	2,276	2,402	
	$\frac{c_m^2}{2g} =$	0,225	0,225	0,225	0,2345	0,264	0,295	
	$U =$	0,4	0,4	0,4	0,394	0,377	0,362	
	$U' =$	53,35	53,35	53,35	53,6	54,45	55,3	
	$\frac{U'}{F} =$	—	53,35	53,35	53,475	54,025	54,875	
	$\frac{c'_m}{2g} =$	—	0,225	0,225	0,22975	0,24925	0,2795	
	$(\rho d\alpha)_m =$	—	0,029	0,0285	0,0205	0,0225	0,022	
	$0,00589 \frac{U'}{F} \cdot \frac{c_m^2}{2g} \cdot (\rho d\alpha)_m =$	—	0,002.05	0,002.02	0,001.49	0,001.79	0,001.99	
	$0,0025 \sqrt{\frac{c'_m}{\rho} d\alpha} =$	$\rho_m =$	0,83	0,657	0,1382	0,1018	0,1221	0,1878
		$\rho'_m =$	—	0,7435	0,3973	0,1200	0,11195	0,15495
$c'_m =$		—	2,100	2,100	2,121	2,209	2,339	
$d\alpha =$		—	0,039	0,0718	0,1708	0,1882	0,142	
$d\alpha =$		—	0,001.64	0,000.41	0,001.80	0,002.10	0,001.38	
$\frac{c_m \cdot a}{\rho_m \cdot 2} =$	$v_i =$	2,100	1,8605	0,96	0,592	0,986	1,562	
	$dv_i =$	—	-0,2395	-0,9005	-0,368	+0,394	-0,585	
	$\rho_{m1} =$	1	0,9	0,867	0,717	0,745	1,235	
	$c_i =$	2,100	1,890	1,820	1,539	1,694	2,970	
$dw_i = dc_i - dv_i$	$dc_i =$	—	-0,210	-0,070	-0,281	+0,155	+1,276	
	$dc_i =$	—	+0,0295	+0,8305	+0,087	-0,239	+0,691	
	$c'_i =$	—	1,995	1,855	1,6795	1,6165	2,332	
	$(\rho d\alpha)_i =$	—	0,026	0,0225	0,011	0,003	0,003	
	$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\rho d\alpha)_i} =$	—	+2,26	+68,5	+13,3	-128,9	+537,5	
	$dw_a = -dw_i$	$\rho_a =$	1	1,1	1,132	1,282	1,255	0,765
$c_a =$		2,100	2,31	2,38	2,75	2,855	1,839	
$c'_a =$		—	2,205	2,345	2,565	2,8025	2,347	
$(\rho d\alpha)_a =$		—	0,0318	0,0345	0,030	0,043	0,0455	
$\frac{c'_a \cdot dw_a}{(\rho d\alpha)_a} =$		—	-2,02	-56,5	-74,4	+15,9	-35,65	
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\rho d\alpha)_i} + \frac{c'_a \cdot dw_a}{(\rho d\alpha)_a} =$		—	+0,24	+12,0	+5,86	-113,31	+501,95	
$\frac{0,000004}{b} \left(\dots + \dots \right) =$	$\dots + \dots =$	—	+0,000.02	0,000.96	0,000.47	-0,009.06	0,040.15	
	$J E_v =$	—	0,003.71	0,003.39	0,003.76	-0,005.17	0,043.52	

Tabelle 12.

5	6	7	8	9	10	12
1,672	1,472	1,197	0,856	0,447	0,132	0
0,295	0,481	0,749	1,070	1,456	1,748	1,800
1,967	1,953	1,946	1,926	1,903	1,880	1,800
0,044,0	0,014,0	0,007,0	0,020,0	0,023,0	0,023,0	0,080,0
0,131	0,1025	0,0822	0,0688	0,0590	0,0538	0,053
0,00655	0,005125	0,00411	0,00344	0,00295	0,00269	0,00265
2,402	3,075	3,832	4,580	5,342	5,855	5,95
0,295	0,481	0,749	1,070	1,456	1,748	1,800
0,362	0,305	0,2644	0,2376	0,218	0,2076	0,206
55,3	59,5	64,4	69,05	73,95	77,1	77,8
54,875	57,4	61,95	66,725	71,5	75,525	77,45
0,2795	0,388	0,615	0,9095	1,263	1,602	1,7740
0,022	0,0385	0,047	0,055	0,067	0,0735	0,098
0,001,99	0,005,05	0,010,52	0,019,65	0,035,60	0,052,30	0,076,10
0,1878	0,2424	0,3582	0,607	1,75	∞	∞
0,15495	0,2151	0,3003	0,4826	1,1785		
2,339	2,7385	3,4535	4,206	4,961		
0,142	0,179	0,1562	0,114	0,057		
0,001,38	0,001,59	0,001,32	0,000,84	0,000,29	10a*)	11
0,840	0,650	0,4395	0,2595	0,090	0	0
1,562	2,425	3,3925	4,3205	5,252	5,855	5,95
- 0,585	+ 0,863	+ 0,9675	+ 0,9280	+ 0,9315	+ 0,603	+ 0,095
1,235	1,825	1,618	1,73	1,333	2	1
2,970	5,605	6,200	7,925	7,115	11,710	5,95
- 1,276	+ 2,635	+ 0,595	+ 1,725	- 0,810	+ 4,595	- 5,76
- 0,691	+ 1,772	- 0,3725	+ 0,797	- 1,7415	+ 3,992	- 5,855
2,332	4,2875	5,9025	7,0625	7,520	9,4125	8,83
0,003	0,037	0,047	0,052	0,066	0,0638	0,032
537,5	+ 205,4	- 46,8	+ 108,2	- 198,7	+ 689,0	- 1616,0
0,765	0,176	0,383	0,269	0,666	0	1
1,839	0,541	1,467	1,231	3,558	0	5,95
0,691	- 1,772	+ 0,3725	- 0,797	+ 1,7415	- 3,992	+ 5,855
2,347	1,190	1,004	1,349	2,3945	1,779	2,975
0,0455	0,046	0,0485	* 0,0585	0,068	0,0632	0,032
35,65	- 45,9	+ 7,71	- 18,39	+ 61,4	- 112,2	+ 545,0
501,95	+ 159,5	- 39,09	+ 89,81	- 137,3	+ 576,8	- 1071,0
040,15	+ 0,012,75	- 0,003,13	+ 0,007,18	- 0,011,0	- 0,0395	
043,52	0,019,39	0,008,71	0,027,67	0,024,89		0,0889

Kanal II.
Versuch 3.

Berechnung:
mittelst Formel.

Wassermenge:
 $V = 0,01575 \text{ cbm/Sek.}$

Energieverlust von
Querschnitt 0 bis
Ausfluss

$$E_v = \sum A E_v + E_{v_a} =$$

$$= 0,218,77$$

$$+ 0,035,20$$

$$E_v = 0,253,97 \text{ m.}$$

Nach dem Versuch:
 $E_v = 0,247 \text{ m.}$

$$q_m \text{ mittel} = 1,48$$

$$q_i$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right)^2 = 2,19$$

$$\frac{q_m}{q_a} \text{ mittel} = 0,674$$

$$\left(\frac{q_m}{q_a}\right)^2 = 0,454$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right)^2 + \left(\frac{q_m}{q_a}\right)^2 - 2 = 0,644$$

$$\sum d E_v = \zeta \cdot \frac{v_m^2}{2g} = 0,218,77$$

$$E_{v_a} = \frac{0,21877 \cdot 0,644}{4} =$$

$$E_{v_a} = 0,035,20 \text{ m.}$$

*) In den Normalschnitten nach 10a steigen die Druckhöhen nach innen an.

		0	1	2	3	4	5	6
b = 0,050	a =	0,150	0,150	0,150	0,147	0,1385	0,131	0,10
	F =	0,0075	0,0075	0,0075	0,00735	0,006925	0,00655	0,005
	c _m =	1,987	1,987	1,987	2,028	2,152	2,276	2,9
	$\frac{c_m^2}{2g}$ =	0,2010	0,201	0,201	0,2095	0,236	0,264	0,43
	U =	0,4	0,4	0,4	0,394	0,377	0,362	0,36
	F =	53,35	53,35	53,35	53,6	54,45	55,3	59,
	$\frac{U'}{F}$ =	—	53,35	53,35	53,475	54,025	54,875	57,
	$\frac{c'_m{}^2}{2g}$ =	—	0,201	0,201	0,20525	0,22275	0,250	0,34
	($\rho d\alpha$) _m =	—	0,029	0,0285	0,0205	0,0225	0,022	0,03
	0,00589 $\frac{U'}{F} \cdot \frac{c'_m}{2g} \cdot (\rho d\alpha)_m$ =	—	0,001.83	0,001.80	0,001.33	0,001.60	0,001.70	0,004
	ℓ_m =	0,83	0,657	0,1382	0,1018	0,1221	0,1878	0,24
	ℓ'_m =	—	0,7435	0,3973	0,1200	0,11195	0,15495	0,21
	c' _m =	—	1,987	1,987	2,0075	2,090	2,214	2,55
	d α =	—	0,039	0,0718	0,1708	0,1882	0,142	0,17
0,0025 $\sqrt{\frac{c'_m}{\ell'_m}} \cdot d\alpha$ =	—	0,001.59	0,000.40	0,001.75	0,002.03	0,001.34	0,001	
$\frac{c_m}{\ell_m} \cdot \frac{a}{2}$ =	0	0,2264	1,079	1,468	1,220	0,795	0,61	
v _i =	1,987	1,7606	0,908	0,560	0,932	1,481	2,25	
dv _i =	—	—0,2264	—0,8526	—0,348	+0,372	+0,549	+0,8	
$\frac{\ell_{m1}}{g_i}$ =	1	0,9	0,867	0,717	0,745	1,235	1,82	
c _i =	1,987	1,789	1,722	1,454	1,601	2,81	5,36	
dc _i =	—	—0,198	—0,067	—0,268	+0,147	+1,209	+2,4	
dw _i = dc _i - dv _i =	—	+0,0284	+0,7856	+0,080	—0,225	+0,660	+1,6	
c' _i =	—	1,888	1,7555	1,588	1,5275	2,2055	4,05	
($\rho d\alpha$) _i =	—	0,026	0,0225	0,011	0,003	0,003	0,03	
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\rho d\alpha)_i}$ =	—	+2,08	+61,3	+11,54	—114,5	+485,0	+18	
$\frac{\ell_{m1}}{\ell_a}$ =	1	1,1	1,132	1,282	1,255	0,765	0,17	
c _a =	1,987	2,186	2,25	2,602	2,700	1,74	0,51	
dw _a = -dw _i =	—	—0,0284	—0,7856	—0,08	+0,225	—0,66	—1,6	
c' _a =	—	2,0865	2,218	2,426	2,651	2,22	1,12	
($\rho d\alpha$) _a =	—	0,0318	0,0345	0,030	0,043	0,0455	0,04	
$\frac{c'_a \cdot dw_a}{(\rho d\alpha)_a}$ =	—	—1,862	—50,5	—6,465	+13,88	—32,2	—41	
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\rho d\alpha)_i} + \frac{c'_a \cdot dw_a}{(\rho d\alpha)_a}$ =	—	+0,218	+10,8	+5,075	—100,62	+452,8	+143	
$\frac{0,000\ 004}{b} \left(\begin{matrix} " & + & " \\ " & + & " \end{matrix} \right)$	—	+0,000.02	+0,000.86	+0,000.41	—0,008.05	+0,036.21	+0,01	
$\mathcal{A}E_v$ =	—	0,003.44	0,003.06	0,003.49	—0,004.42	0,039.33	0,017	

Tabelle 13.

5	6	7	8	9	10	12
0,131	0,1025	0,0822	0,0688	0,0590	0,0538	0,053
0,00655	0,005125	0,00411	0,00344	0,00295	0,00269	0,00265
2,276	2,908	3,626	4,335	5,05	5,54	5,62
0,264	0,431	0,670	0,957	1,300	1,562	1,612
0,362	0,305	0,2644	0,2376	0,2180	0,2076	0,206
55,3	59,5	64,4	69,05	73,95	77,1	77,8
54,875	57,4	61,95	66,725	71,5	75,525	77,45
0,250	0,3475	0,5505	0,8135	1,1285	1,431	1,587
0,022	0,0385	0,047	0,055	0,067	0,0735	0,098
0,001,78	0,004,52	0,009,42	0,017,58	0,028,20	0,046,70	0,068,05
0,1878	0,2424	0,3582	0,607	1,75	∞	∞
0,15495	0,2151	0,3003	0,4826	1,1785		
2,214	2,592	3,267	3,9805	4,6925		
0,142	0,179	0,1562	0,114	0,057		0
0,001,34	0,001,55	0,001,29	0,000,82	0,000,28	0	11
0,795	0,615	0,4155	0,2452	0,0851	0	0
1,481	2,293	3,2105	4,0898	4,9649	5,54	5,62
+ 0,549	+ 0,812	+ 0,9175	+ 0,8793	+ 0,8751	+ 0,5751	+ 0,08
1,235	1,825	1,618	1,73	1,333	2	1
2,81	5,305	5,86	7,500	6,73	11,08	5,62
+ 1,209	+ 2,495	+ 0,555	+ 164	- 0,77	+ 4,35	- 5,46
+ 0,660	+ 1,683	- 0,3625	+ 0,7607	- 1,6451	+ 3,7749	- 5,54
2,2055	4,0575	5,5825	6,68	7,115	8,905	8,35
0,003	0,037	0,047	0,052	0,066	0,0738	0,022
+ 485,0	+ 184,8	- 43,0	+ 97,6	- 177,4	+ 455,5	- 2101,0
0,765	0,176	0,383	0,269	0,666	0	1
1,74	0,512	1,389	1,166	3,362	0	5,62
- 0,66	- 1,683	+ 0,3625	- 0,7607	+ 1,6451	- 3,7749	+ 5,54
2,22	1,126	0,9505	1,2775	2,264	1,681	2,81
0,0455	0,046	0,0485	0,0585	0,068	0,0732	0,022
- 32,2	- 41,2	+ 7,105	- 16,61	+ 54,8	- 86,7	+ 707,0
- 452,8	+ 143,6	- 35,895	+ 80,99	- 122,6	+ 368,8	- 1394,0
0,036,21	+ 0,011,49	- 0,002,89	+ 0,006,48	- 0,010,08	+ 0,029,50	- 0,111,50
0,039,33	0,017,56	0,007,84	0,014,88	0,018,40	0,076,20	- 0,043,45

Oesterlin.

**Kanal II.
Versuch 4.**

Berechnung:
mittelst Formel.

Wassermenge:
 $V = 0,0149 \text{ cbm/Sek.}$

**Energieverlust
von Querschnitt 0
bis Ausfluss**

$$E_v = \sum A E_v + E_{v_a} =$$

$$0,136,33$$

$$0,022,28$$

$$E_v = 0,158,61 \text{ m.}$$

Nach dem Versuch
 $E_v = 0,161,0 \text{ m.}$

$$\frac{q_m}{q_i} \text{ mittel} = 1,486$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right)^2 = 2,21$$

$$\frac{q_m}{q_a} \text{ mittel} = 0,666$$

$$\left(\frac{q_m}{q_a}\right)^2 = 0,444$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right)^2 + \left(\frac{q_m}{q_a}\right)^2 - 2 = 0,654$$

$$\sum d E_v = \zeta \cdot \frac{v_m^2}{2g} = 0,136,33$$

$$E_{v_a} = \frac{0,13633 \cdot 0,654}{4} =$$

$$E_{v_a} = 0,022,28 \text{ m.}$$

		0	1	2	3	4
b = 0,160	a =	0,1202	0,112	0,071	0,050	0,0423
	F =	0,01924	0,01791	0,01136	0,008	0,00676
	c _m =	1,932	2,077	3,277	4,65	5,50
	$\frac{c_m^2}{2g}$ =	0,1902	0,2195	0,547	1,102	1,542
	U =	0,5604	0,544	0,462	0,420	0,4046
	$\frac{U}{F}$ =	29,15	30,35	40,7	52,5	59,8
	$\frac{U'}{F}$ =	—	29,75	35,525	46,6	56,15
	$\frac{c'_m{}^2}{2g}$ =	—	0,20485	0,38325	0,8245	1,322
	($\rho d\alpha$) _m =	—	0,038	0,056	0,056	0,0611
	$0,00589 \frac{U'}{F} \frac{c'_m{}^2}{2g} \cdot (\rho d\alpha)_m$ =	—	0,001.36	0,004.49	0,012.68	0,026.75
	ϱ_m =	∞	0,147	0,2	0,526	5,0
	ϱ'_m =	—	0,147	0,1735	0,363	2,763
	c' _m =	—	2,0045	2,677	3,9635	5,075
	d α =	—	0,2584	0,3228	0,1542	0,0221
$0,0025 \sqrt{\frac{c'_m}{\varrho'_m}} \cdot d\alpha$ =	—	0,002.39	0,003.17	0,001.28	0,000.24	
$\frac{c_m}{e_m} \cdot \frac{a}{2}$ =	0	0,790	0,581	0,221	0,023	
v _i =	1,932	1,287	2,696	4,429	5,477	
dv _i =	—	—0,645	+1,409	+1,733	+1,048	
$\frac{\varrho_{m_i}}{e_i}$ =	1	0,602	1,815	1,76	2	
c _i =	1,932	1,249	5,94	8,18	11,0	
dc _i =	—	—0,683	+4,691	+2,24	+2,82	
dw _i = dc _i - dv _i =	—	—0,038	+3,282	+0,507	+1,772	
c' _i =	—	1,5905	3,5945	7,06	9,59	
($\rho d\alpha$) _i =	—	0,003	0,0416	0,0552	0,0607	
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\rho d\alpha)_i}$ =	—	—20,17	+283,7	+64,2	+280,0	
$\frac{\varrho_{m_i}}{\varrho_a}$ =	1	1,4	0,185	0,242	0	
c _a =	1,932	2,904	0,606	1,128	0	
dw _a = -dw _i =	—	+0,038	-3,282	-0,507	-1,772	
c' _a =	—	2,418	1,755	0,867	0,564	
($\rho d\alpha$) _a =	—	0,0741	0,078	0,0596	0,062	
$\frac{c'_a dw_a}{(\rho d\alpha)_a}$ =	—	+1,24	-74,0	-7,4	-16,1	
$\frac{c'_i dw_i}{(\rho d\alpha)_i} + \frac{c'_a dw_a}{(\rho d\alpha)_a}$ =	—	-18,93	+209,7	+57,5	+263,9	
$\frac{0,000004}{b} \left(\begin{matrix} \text{„} \\ \text{„} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{„} \\ \text{„} \end{matrix} \right)$ =	—	-0,000.47	+0,005.24	+0,001.44	+0,006.60	
ΔE_v =	—	0,004.22	0,012.90	0,015.40	0,033.59	

Tabelle 14.

5	6
0,0401	0,0401
0,00642	0,00642
5,796	5,796
1,712	1,712
0,4002	0,4002
62,4	62,4
61,1	62,4
1,627	1,712
0,0616	0,0568
0,036.05	0,035.68
∞	∞
0	0
0	0
5,796	0
+ 0,319	0
2	1
11,592	5,796
+ 0,592	- 5,796
+ 0,273	- 5,796
11,296	8,694
0,0616	0,135
+ 50,0	- 373,0
0	1
0	5,796
- 0,273	+ 5,796
0	2,898
0,0615	0,135
0	0,057 · 249,0 =
	0,135
+ 50,0	= - 105,0
+ 0,001.25	- 0,002.63
0,037.30	0,033.05

Kanal III. — Versuch 5.

Berechnung: mittelst Formel.

Wassermenge: $V = 0,0372$ cbm/Sek.

Energieverlust von Querschnitt 0 bis
Querschnitt 6

$$\begin{aligned}
 E_v &= \sum \Delta E_v + E_{v_a} = \\
 &= 0,136.46 \\
 &+ 0,055.80 \\
 \hline
 E_v &= 0,192.26 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Nach dem Versuch:

$$E_v = 0,185.0 \text{ m.}$$

$$\frac{q_m}{q_i} \text{ mittel} = 1,745, \quad \frac{q_m}{q_a} \text{ mittel} = 0,765$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right)^2 = 3,05 \quad \left(\frac{q_m}{q_a}\right)^2 = 0,586$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right)^2 + \left(\frac{q_m}{q_a}\right)^2 - 2 = 1,636$$

$$\zeta \cdot \frac{v_m^2}{2g} = \sum \Delta E_v = 0,136.46$$

$$E_{v_a} = \frac{0,13646 \cdot 1,636}{4} = 0,055.80 \text{ m.}$$

*) Da der Kanal nur bis Querschnitt 6 untersucht wird, so darf von dem letzten Korrekturglied nur ein Betrag eingerechnet werden, der der Länge $(\rho d\alpha)_m$ von Querschnitt 5 bis Querschnitt 6 entspricht.

	0	1	2	3
$b = 0,161$ (0 ~ 3)				
$b = 0,162$ (4)				
$a =$	0,1198	0,1082	0,0489	0,0401
$F =$	0,01928	0,0174	0,00786	0,00645
$c_m =$	1,989	2,198	4,87	5,94
$\frac{c_m^2}{2g} =$	0,2015	0,246	1,21	1,798
$U =$	0,5596	0,5364	0,4178	0,4022
$\frac{U}{F} =$	29,2	30,98	53,45	62,4
$\frac{U'}{F'} =$	—	30,09	42,215	57,925
$\frac{c'_m}{2g} =$	—	0,2238	0,728	1,504
$(\rho d\alpha)_m =$	—	0,0613	0,115	0,0502
$0,00589 \frac{U'}{F'} \cdot \frac{c'_m}{2g} \cdot (\rho d\alpha)_m =$	—	0,002.43	0,020.80	0,025.74
$\varrho_m =$	∞	0,140	0,280	0,280
$\varrho'_m =$	—	0,140	0,210	0,280
$c'_m =$	—	2,0935	3,534	5,405
$d\alpha =$	—	0,4375	0,531	0,1792
$0,0025 \sqrt{\frac{c'_m}{\varrho'_m}} \cdot d\alpha =$	—	0,004.23	0,005.45	0,001.97
$\frac{c_m \cdot a}{\varrho_m} =$	0	0,85	0,425	0,4255
$v_i =$	1,989	1,348	4,445	5,5145
$dv_i =$	—	-0,641	+3,097	+1,0695
$\varrho_{m1} =$	1	1	2	2
$\varrho_i =$	1,989	2,198	9,74	11,88
$dc_i =$	—	+0,209	+7,542	+2,14
$dw_i = dc_i - dv_i =$	—	+0,850	+4,445	+1,0705
$c'_i =$	—	2,0935	5,969	10,81
$(\rho d\alpha)_i =$	—	0,0361	0,0884	0,047
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\rho d\alpha)_i} =$	—	+49,30	+300,1	+246,4
$\varrho_{a1} =$	1	1	0	0
$\varrho_a =$	1,989	2,198	0	0
$dw_a = -dw_i =$	—	-0,850	-4,445	-1,0705
$c'_a =$	—	2,0935	1,099	0
$(\rho d\alpha)_a =$	—	0,088	0,1429	0,0539
$\frac{c'^a \cdot dw_a}{(\rho d\alpha)_a} =$	—	-20,20	-34,2	0
$\frac{c'_i dw_i}{(\rho d\alpha)_i} + \frac{c'_a dw_a}{(\rho d\alpha)_a} =$	—	+29,1	+265,9	+246,4
$\frac{0,000004}{b} \left(\begin{matrix} \text{ " } \\ \text{ " } \end{matrix} + \begin{matrix} \text{ " } \\ \text{ " } \end{matrix} \right) =$	—	0,000.73	0,006.65	0,006.16
$\Delta E_v =$	—	0,007.39	0,032.90	0,033.87

Tabelle 15.

	4
01	0,0401
645	0,0065
94	5,895
8	1,77
22	0,4002
4	62,4
25	62,4
4	1,784
02	0,0568
74	0,037.18
0	∞
0	
5	
2	
97	0
	<hr/>
	5
	<hr/>
5	0
15	5,895
95	+ 0,3805
	<hr/>
	1
3	5,895
4	— 5,985
05	— 6,3655
1	8,8875
7	0,135
4	— 419,0
	<hr/>
	1
	5,895
05	+ 6,3655
	2,9475
9	*) 0,135
	<hr/>
	0,057
	0,135 · 280 =
4	= — 118,1
6	— 0,002.96
7	<hr/>
	0,034.22

Kanal IV. — Versuch 6.

Berechnung: mittelst Formel.

Wassermenge: $V = 0,0383$ cbm/Sek.

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 4

$$E_v = \sum d E_v + E_{v_a}$$

$$= 0,108.38$$

$$+ 0,019.50$$

$$E_v = 0,127.88 \text{ m}$$

Nach dem Versuch

$$E_v = 0,117.50 \text{ m.}$$

$$\frac{q_m}{q_i} \text{ mittel} = 1,532 \quad \frac{q_m}{q_a} \text{ mittel} = 0,61$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right)^2 = 2,35 \quad \left(\frac{q_m}{q_a}\right)^2 = 0,372$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right)^2 + \left(\frac{q_m}{q_a}\right)^2 - 2 = 0,722$$

$$\zeta \cdot \frac{v_m^2}{2g} = \sum d E_v = 0,108.38$$

$$E_{v_a} = \frac{0,108.38 \cdot 0,722}{4} = 0,019.50 \text{ m.}$$

*) cf. Bemerkung Tabelle 14.

	0	1	2	3	4	5
$b = 0,160$						
$a =$	0,1196	0,0992	0,068	0,0491	0,0401	0,0401
$F =$	0,01912	0,01588	0,01088	0,00786	0,00642	0,0064
$c_m =$	1,972	2,378	3,47	4,8	5,875	5,875
$\frac{c_m^2}{2g} =$	0,1985	0,2885	0,614	1,175	1,760	1,760
$U =$	0,5592	0,5184	0,456	0,4182	0,4002	0,4002
$\frac{U}{F} =$	29,22	32,65	42,0	53,2	62,4	62,4
$\frac{U'}{F} =$	—	30,935	37,325	47,6	57,8	62,4
$\frac{c'_m{}^2}{2g} =$	—	0,2435	0,45125	0,8945	1,4675	1,760
$(\varrho d\alpha)_m =$	—	0,032	0,065	0,0661	0,033	0,0568
$0,00589 \frac{U'}{F} \cdot \frac{c'_m{}^2}{2g} \cdot (\varrho d\alpha)_m =$	—	0,00142	0,00645	0,01658	0,01646	0,0367
$\varrho_m =$	∞	0,162	0,162	0,162	0,162	∞
$\varrho'_m =$	—	0,162	0,162	0,162	0,162	—
$c'_m =$	—	2,175	2,924	4,135	5,3375	—
$d\alpha =$	—	0,1975	0,401	0,409	0,204	—
$0,0025 \sqrt{\frac{c'_m}{\varrho'_m}} \cdot d\alpha =$	—	0,00181	0,00426	0,00516	0,00293	0
$\frac{c_m}{\varrho_m} \cdot \frac{a}{2} =$	0	0,729	0,729	0,729	0,729	—
$v_i =$	1,972	1,649	2,742	4,072	5,147	—
$dv_i =$	—	-0,323	+1,093	+1,330	+1,075	—
$\frac{\varrho_{m1}}{\varrho_i} =$	1	1,457	1,259	1,141	1,141	—
$c_i =$	1,972	3,460	4,360	5,485	6,710	—
$dc_i =$	—	+1,488	+0,900	+1,125	+1,225	—
$dw_i = dc_i - dv_i =$	—	+1,811	-0,193	-0,205	+0,150	—
$c'_i =$	—	2,716	3,910	4,9225	6,0975	—
$(\varrho d\alpha)_i =$	—	0,019	0,0549	0,0554	0,0286	—
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\varrho d\alpha)_i} =$	—	+258,6	-13,75	-18,22	+32,0	—
$\frac{\varrho_{m1}}{\varrho_a} =$	1	0,543	0,741	0,859	0,857	—
$c_a =$	1,972	1,290	2,572	4,120	5,045	—
$dw_a = -dv_i =$	—	-1,811	+0,193	+0,205	-0,150	—
$c'_a =$	—	1,631	1,931	3,346	4,5825	—
$(\varrho d\alpha)_a =$	—	0,0478	0,0799	0,0783	0,0381	—
$\frac{c'_a \cdot dw_a}{(\varrho d\alpha)_a} =$	—	-61,9	+4,67	+8,76	-18,02	—
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\varrho d\alpha)_i} + \frac{c'_a \cdot dw_a}{(\varrho d\alpha)_a} =$	—	+196,7	-9,08	-9,46	+13,98	-4,01
$\frac{0,000004}{b} (\text{ " } + \text{ " }) =$	—	+0,00491	-0,00023	-0,00024	+0,00035	-0,0001
$\mathcal{A} E_V =$	—	0,00814	0,01048	0,02150	0,01974	0,03660

Tabelle 16.

4	5
0,0401	0,0401
0,00642	0,00642
5,875	5,875
1,760	1,760
0,4002	0,4002
62,4	62,4
62,4	62,4
1,760	1,760
0,0568	0,0568
0,03670	0,03670
∞	∞
0	6
0	0
5,875	5,875
+ 0,728	+ 0,728
1	1
5,875	5,875
- 0,835	- 0,835
- 1,563	- 1,563
6,2925	6,2925
0,135	0,135
- 72,8	- 72,8
1	1
5,875	5,875
+ 1,563	+ 1,563
5,46	5,46
0,135	0,135
*) 9,5	+ 63,3
- 4,01	- 9,5
- 0,000,10	
0,036,60	

Kanal V. — Versuch 7.

Berechnung: mittelst Formel.

Wassermenge: V = 0,037.75

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 5

$$E_v = \sum A E_v + E_{v_a}$$

$$= 0,096.46$$

$$+ 0,004.34$$

$$E_v = 0,100.80 \text{ m}$$

Nach dem Versuch

$$E_v = 0,169.0 \text{ m}$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right) \text{ mittel} = 1,2917 \qquad \frac{q_m}{q_a} \text{ mittel} = 0,7143$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right)^2 = 1,67 \qquad \left(\frac{q_m}{q_a}\right)^2 = 0,51$$

$$\left(\frac{q_m}{q_i}\right)^2 + \left(\frac{q_m}{q_a}\right)^2 - 2 = 0,18$$

$$\zeta \frac{v_m^2}{2g} = \sum A E_v = 0,096.46$$

$$E_{v_a} = \frac{0,096.46 \cdot 0,18}{4} = 0,004.34 \text{ m}$$

*) cf. Bemerkung Tabelle 14.

		0	1	2	3	4	
b = 0,160	a =	0,120	0,0842	0,0591	0,0401	0,0401	
	F =	0,0192	0,01348	0,00945	0,00642	0,00642	
	c _m =	1,981	2,822	4,025	5,925	5,925	
	$\frac{c_m^2}{2g}$ =	0,200	0,406	0,826	1,79	1,79	
	U =	0,560	0,4884	0,4382	0,4002	0,4002	
	$\frac{U}{F}$ =	29,2	36,2	46,4	62,4	62,4	
	$\frac{U'}{F}$ =	—	32,7	41,3	54,4	62,4	
	$\frac{c'_m{}^2}{2g}$ =	—	0,303	0,616	1,308	1,79	
	ds _m =	—	0,100	0,070	0,0532	0,0568	
	$0,00589 \frac{U'}{F} \cdot ds_m \cdot \frac{c'_m{}^2}{2g}$ =	—	0,005 82	0,010.48	0,022.21	0,037.25	
	c' _m =		—	2,4015	3,4235	4,975	5,925
	a + b =		—	0,2442	0,2191	0,2001	0,2001
	(a + b) ² =		—	0,0597	0,048	0,04	0,04
a ² · b ² =		—	0,0001813	0,0000896	0,0000412	0,0000412	
$0,0000009 \cdot \frac{(a+b)^2}{a^2 \cdot b^2} \cdot ds_m \cdot c'_m$ =		—	0,000.075	0,000.115	0,000.23	0,000.294	
		—	0,005.895	0,010.595	0,022.44	0,037.544	

Nach Hagen ist der Leitungswiderstand pro m Rohrlänge

$$B = k_1 \frac{u^2}{d} + k_2 \cdot \frac{u}{d^2}$$

Mit k₁ = 0,001 201 7

$$k_2 = 0,000\ 005\ 87 - 0,000\ 000\ 267\ i + 0,000\ 000\ 007\ 35\ i^2$$

u = Wassergeschwindigkeit in m/Sek.

d = Durchmesser des Rohres in m.

Setze für den Kanal mit rechteckigem Querschnitt d = dem mittleren

$$\text{Durchmesser} = \frac{4F}{u} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}$$

Kanal VI. — Versuch 8.

Berechnung: mittelst Formel.

Wassermenge: $V = 0,038-02$ cbm/Sek.

Energieverlust von Querschnitt 0 bis Querschnitt 4

$$\Sigma \Delta E_v = E_v = 0,076-47 \text{ m}$$

Nach dem Versuch

$$E_v = 0,062-0 \text{ m.}$$

i = Temperatur des Wassers in Réaumur'schen Graden.

Für einen Kanalabschnitt von der mittleren Länge ds_m erhält man somit den Energieverlust pro kg Wasser aus

$$E_v = \frac{k_1 \cdot 2g}{4} \cdot \frac{U}{F} \cdot ds_m \cdot \frac{c_m^2}{2g} + \frac{k_2}{4} \cdot \frac{(a+b)^2}{a^2 \cdot b^2} \cdot c_m$$

Oder mit Einsetzung der Werte:

Temperatur des Wassers = $17,1^\circ \text{C.} = 13,7^\circ \text{R.}$

$$k_2 = 0,000\,003\,6$$

$$E_v = 0,00589 \cdot \frac{U}{F} \cdot ds_m \cdot \frac{c_m^2}{2g} + 0,000\,000\,9 \frac{(a+b)^2}{a^2 \cdot b^2} \cdot c_m$$

	0	1	2	3	4
$h_m =$		1,9728			1,030
$\frac{c_m^2}{2g} =$		0,1216			1,025
$E =$		2,0944			2,055
$\Delta E_v =$		—			0,039,4
$a =$		0,098	0,0692	0,0528	0,0475
$\frac{1}{2}(b_i + b_a) = b =$		0,128	0,1086	0,0975	0,091
$F =$		0,01254	0,00751	0,00515	0,00432
$c_m =$		1,542	2,580	3,76	4,485
$\frac{c_m^2}{2g} =$		0,1216	0,339	0,721	1,025
$U =$		0,452	0,3556	0,3006	0,2770
$\bar{U} =$		36,02	47,3	58,4	64,1
$\bar{U}' =$		—	41,66	52,85	61,25
$\frac{c'_m{}^2}{2g} =$		—	0,2303	0,530	0,873
$\frac{U'}{F} \cdot \frac{c'_m{}^2}{2g} \cdot (\rho d\alpha)_m =$		—	0,039	0,036	0,036
$0,00589 \frac{U'}{F} \cdot \frac{c'_m{}^2}{2g} \cdot (\rho d\alpha)_m =$		—	0,002,20	0,005,94	0,011,31
$q_m =$		0,1584	0,124	0,18	0,40
$q'_m =$		—	0,1412	0,152	0,29
$c'_m =$		—	2,061	3,170	4,1225
$d\alpha =$		—	0,2761	0,2368	0,1241
$0,0025 \sqrt{\frac{c'_m}{q'_m}} \cdot d\alpha =$		—	0,002,64	0,002,70	0,001,17
$\frac{c_m}{q_m} \cdot \frac{a}{2} =$		0,477	0,720	0,551	0,266
$v_i =$		1,065	1,860	3,209	4,219
$dv_i =$		—	+ 0,795	+ 1,349	+ 1,010
$q_{m1} =$		1,752	1,477	1,79	1,473
$e_i =$		2,74	3,81	6,73	6,605
$dc_i =$		—	+ 1,07	+ 2,92	— 0,125
$dw_i = dc_i - dv_i =$		—	+ 0,275	+ 1,571	— 1,135
$c'_i =$		—	3,275	5,27	6,6675
$(\rho d\alpha)_i =$		—	0,0305	0,030	0,034
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\rho d\alpha)_i} =$		—	+ 29,52	+ 276,2	— 222,8
$q_{a1} =$		0,247	0,524	0,213	0,526
$e_a =$		0,3812	1,35	0,800	2,36
$dw_a = -dw_i =$		—	— 0,275	— 1,571	+ 1,135
$c'_a =$		—	0,8656	1,075	1,58
$(\rho d\alpha)_a =$		—	0,053	0,044	0,037
$\frac{c'_a \cdot dw_a}{(\rho d\alpha)_a} =$		—	— 4,495	— 38,4	+ 48,5
$\frac{c'_i \cdot dw_i}{(\rho d\alpha)_i} + \frac{c'_a \cdot dw_a}{(\rho d\alpha)_a} =$		—	+ 25,025	+ 237,8	— 174,3
$\frac{0,000004}{b} (\text{ " } + \text{ " }) =$		—	0,000,92	0,009,75	— 0,007,66
$\Delta E_v =$		—	0,005,76	0,018,39	0,004,82

Tabelle 18.

	5	6	7	8
				0
				1,932
				1,932
				0,123
	0,0418	0,04075		0,0431
	0,081	0,0755		0,073
	0,0033858	0,00308		0,003146
	5,72	6,295		6,155
	1,668	2,015		1,932
	0,2456	0,2325		0,2322
	72,5	75,55	}	73,9
	68,3	74,025	74,725	
	1,3465	1,8415	1,975	
	0,064	0,0752	0,049	
	0,034.61	0,060.45	0,042.55	
	3,2	∞	∞	
	1,8			
	5,1025			
	0,0356			
	0,000.15	0	0	
	0,03735	0		
	5,683	6,295		
	+ 1,464	+ 0,612		
	1,705	1		
	9,255	6,295		
	+ 2,650	— 2,960		
	+ 1,186	— 3,572		
	7,93	7,775		
	0,062	0,075		
	+ 151,6	— 370,2		
	0,294	1		
	1,68	6,295		
	— 1,186	+ 3,572		
	2,02	3,9875		—
	0,066	0,0758		—
	— 36,3	+ 188,0		
	+ 115,3	— 192,2		
	0,005.70	— 0,010.18		
	0,040.46	0,050.27	0,042.55	

Kanal VII.—Versuch 9.

Berechnung:
mittelst Formel.

Wassermenge:
V = 0,01938 cbm/Sek.

**Energieverlust
von Querschnitt 1
bis Ausfluss**

$E_v = 0,162.25 \text{ m.}$

Nach dem Versuch

$E_v = 0,162.4 \text{ m.}$

Bemerkung:

E_{va} braucht hier nicht eingerechnet zu werden, da die Geschwindigkeit innen im ausfließenden Strahl größer als außen ist.