Drosselklappe (Fig. 307) in kreisförmigem Rohre:

Fig. 306.

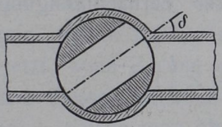
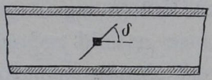


Fig. 307.



Stellwinkel $\delta =$	10^0	20^0	30^0	40^0	50^0	60^0	70^0	90^0
$\zeta_3 =$	0,52	1,54	3,91	10,8	32,6	118	751	∞.

Drosselklappe in rechteckigem Rohre:

Stellwinkel $\delta =$	10^0	20^0	30^0	40^0	50^0	60^0	70^0	90^0
$\zeta_3 =$	0,45	1,34	3,54	9,27	24,9	77,4	368	∞.

Für Kegelventile (Fig. 308) ist

$$\zeta_3 = \left(1{,}537\,\frac{F}{F_1} - 1\right)^2,$$

wenn F_1 der kleinste Durchflussquerschnitt.

Fig. 308.

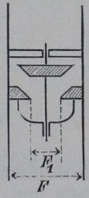
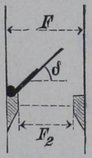


Fig. 309.



Für Klappenventile (Fig. 309) ist, wenn die Öffnung im Ventilsitz

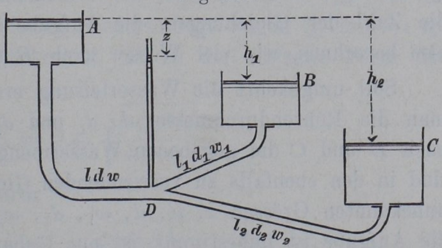
$$F_2 = 0{,}535\,F,$$

für $\delta =$ 70^0	60^0	50^0	45^0	40^0	35^0	30^0	25^0	20^0	15^0
$\zeta_3 =$ 1,7	3,2	6,6	9,5	14	20	30	42	62	90.

e) Wasserleitung mit Verzweigung.

Von einem Hauptbehälter A (Fig. 310) werde nach zwei Stellen B und C die sekundl. Wassermenge Q_1 bezw. Q_2 geliefert. Von A nach D führe ein Hauptrohr von der Weite d, der Länge l. Hier theile sich das Rohr in die Zweige von den Abmessungen d_1, l_1 bezw. d_2, l_2. Zur Berechnung von Q_1 und Q_2 denke man sich an der Verzweigungsstelle D einen

Fig. 310.



Druckmesser (Piëzometer) angebracht, dessen Wasserspiegel um z unter dem Oberwasser liegen möge. Dann ist z die wirksame Druckhöhe von A bis D, d. h. unter Vernachlässigung der unbedeutenden Krümmungen:

1) $$z = \frac{w^2}{2g}\left(1{,}6 + \lambda \frac{l}{d}\right).$$

Wenn man annimmt, dass der Übergang aus dem Hauptrohr in die beiden Zweige allmählich erfolge, braucht ein Verlust dort nicht angenommen zu werden. Auch wollen wir voraussetzen, der Unterschied zwischen w, w_1 und w_2 sei so gering, dass zur Erzeugung der letzteren beiden Geschwindigkeiten aus der ersteren keine nennenswerthe Druckhöhe nöthig werde. Von D bis B ist $h_1 - z$ die wirksame Druckhöhe, welche zur Überwindung der Röhrenreibung und der Gefässreibung bei B dient, daher

2) $$h_1 - z = \frac{{w_1}^2}{2g}\left(\zeta_0 + \lambda \frac{l_1}{d_1}\right); \text{ ebenso}$$

3) $$h_2 - z = \frac{{w_2}^2}{2g}\left(\zeta_0 + \lambda \frac{l_2}{d_2}\right).$$

Hierzu kommen noch die Gleichungen:

4) $$Q_1 = \frac{{d_1}^2\pi}{4} \cdot w_1;$$

5) $$Q_2 = \frac{{d_2}^2\pi}{4} \cdot w_2;$$

6) $$Q_1 + Q_2 = \frac{d^2\pi}{4} \cdot w.$$

In diesen sechs Gleichungen sind unbekannt: z, w, w_1, w_2, Q_1 und Q_2; d. h. die Zahl der Unbekannten ist ebenso gross, wie die Zahl der Gleichungen, die Aufgabe somit lösbar. Man kann also berechnen, wie viel Wasser nach B und C fliesst.

Soll umgekehrt die Wasserleitung erst entworfen werden, will man die Röhrendurchmesser d, d_1 und d_2 so bestimmen, dass sie nach B und C die gegebenen Wassermengen Q_1 und Q_2 liefern, so sind in den ebenfalls zu verwendenden Gleichungen 1—6 die sieben unbekannten Grössen z, w, d, w_1, d_1, w_2 und d_2 enthalten, d. h. die Aufgabe ist unbestimmt, ist nur lösbar, wenn man für eine der Grössen einen Werth willkürlich annimmt, etwa $w = 1$ bis $1{,}3^{\mathrm{m}}$.

Dass die Aufgabe verschiedene Lösungen zulässt, erkennt man auch unmittelbar durch folgende Überlegung: Nehmen wir an, die Röhrenweiten $d = 0{,}3^{\,\mathrm{m}}$; $d_1 = 0{,}2$, $d_2 = 0{,}1^{\,\mathrm{m}}$ genügen den gestellten Bedingungen; würde man nun d vergrössern, vielleicht auf $0{,}4^{\,\mathrm{m}}$, so würde jetzt, wenn d_1 und d_2 unverändert blieben, nach B und C mehr Wasser fliessen als bisher; durch entsprechende Verkleinerung von d_1 und d_2 würde man aber diesen Überschuss wieder in Wegfall bringen können und erhielte somit drei andere Weiten d, d_1 und d_2, die ebenfalls die Aufgabe zu erfüllen vermöchten.

Für längere Röhrenleitungen kann man in Gl. 1 den Summanden 1,6, in Gl. 2 und 3 die Summanden ζ_0 vernachlässigen und erhält statt der Gl. 1—3:

7) $$z = \lambda \frac{l}{d} \frac{w^2}{2g},$$

8) $$h_1 - z = \lambda \frac{l_1}{d_1} \frac{w_1^{\,2}}{2g},$$

9) $$h_2 - z = \lambda \frac{l_2}{d_2} \frac{w_2^{\,2}}{2g}.$$

Wenn man nun zur Bestimmung der Röhrenweite die Geschwindigkeit w im Hauptrohr annimmt, so ist nach Gl. 7 der Werth z ermittelt, ebenso die Weite des Hauptrohres nach Gl. 6. Da nun auch $h_1 - z$ und $h_2 - z$ bekannt sind, so liefern Gl. 4 u. 8:

10) $$d_1 = \sqrt[5]{\frac{16\, Q_1^{\,2} \lambda\, l_1}{\pi^2\, 2g\,(h_1 - z)}};$$ ebenso wird

11) $$d_2 = \sqrt[5]{\frac{16\, Q_2^{\,2} \lambda\, l_2}{\pi^2\, 2g\,(h_2 - z)}}.$$

Vertauscht man der festen Niederschläge wegen Q_1 mit $\frac{5}{4}\, Q_1$ und setzt $\lambda = 0{,}04$, so bekommt Gl. 10 die einfache Form der Gl. 17, S 281

12) $$d_1 = 0{,}35 \sqrt[5]{\frac{Q_1^{\,2}\, l_1}{h_1 - z}}$$

und Gl. 11 ebenso die Form

13) $$d_2 = 0{,}35 \sqrt[5]{\frac{Q_2^{\,2}\, l_2}{h_2 - z}}.$$

Beispiel: Es sei $Q_1 = 0{,}1$ cbm/s., $Q_2 = 0{,}03$ cbm/s., $l = 300$ m, $l_1 = 200$ m, $l_2 = 500$ m, $h_1 = 12$ m, $h_2 = 6$ m; ferner werde $w = 1$ m angenommen.

Dann wird

$$\frac{d^2 \pi}{4} = 0{,}13 \cdot \frac{5}{4} = 0{,}16 \text{ uud } d = 0{,}45 \text{ m}$$

und mit $\lambda = 0{,}04$:

$$z = 0{,}04 \frac{300}{0{,}45} \frac{1}{2\,g} = 1{,}36 \text{ m}.$$

$$d_1 = 0{,}35 \sqrt[5]{\frac{0{,}1^2 \cdot 200}{10{,}64}} = 0{,}25 \text{ m};$$

$$d_2 = 0{,}35 \sqrt[5]{\frac{0{,}03^2 \cdot 500}{4{,}64}} = 0{,}22 \text{ m}.$$

f) Widerstand eines kegelförmigen Rohres.

Verengt sich ein Rohr der Länge l_1 von der der Geschwindigkeit w entsprechenden Weite d kegelförmig auf die Weite d_1 (Fig. 311), so gilt in einem Abstand x von der weitesten Stelle für die Weite y die Beziehung

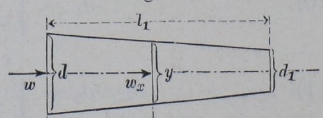
$$d - y = \frac{d - d_1}{l_1}\, x \quad \text{mit} \quad -\,d y = \frac{d - d_1}{l_1}\, d x;$$

für die Geschwindigkeit

$$w_x = w \frac{d^2}{x^2}.$$

Auf ein Längentheilchen $d x$ kommt (Gl. 5, S. 277) die Widerstandshöhe

Fig. 311.



$$d z = \lambda \frac{d x}{y} \frac{w_x^{\,2}}{2\,g} = \lambda\, d x \frac{w^2}{2\,g} \frac{d^4}{y^5}$$

$$= -\,\frac{\lambda\, l_1}{d - d_1} \frac{w^2}{2\,g}\, d^4\, y^{-5}\, d y,$$

daher auf die ganze Länge

$$z = -\,\frac{\lambda\, l_1}{d - d_1} \frac{w^2}{2\,g}\, d^4 \int_d^{d_1} y^{-5}\, d y$$

$$= \frac{\lambda\, l_1}{d - d_1} \frac{w^2}{2\,g} \frac{d^4}{4} \left(\frac{1}{d_1^{\,4}} - \frac{1}{d^4}\right)$$

$$= \lambda \frac{w^2}{2\,g} \frac{l_1}{d} \left(\frac{1}{4} \frac{\dfrac{d^4}{d_1^{\,4}} - 1}{1 - \dfrac{d_1}{d}} \right).$$