

der Flüssigkeit. Die Abhängigkeit von der Stromgeschwindigkeit  $v$  wird von verschiedenen Autoren verschieden angegeben. Ich bin der Ansicht, daß die *Prony-Redtenbacher'sche* Beziehung nicht allein genügend zutreffende Werthe liefert, sondern auch noch einigermaßen bequem zu benutzen ist, drücke dieselbe aber so aus, daß der zur Ueberwindung des Widerstandes erforderliche Druck  $p$  im geraden Verhältniß zu  $\left\{ \frac{1}{v} + 20 \right\} \frac{v^2}{2g}$  wächst.

Bezeichnet man einen durch Erfahrung festzustellenden Coefficienten mit  $\kappa$ , mit  $\gamma_0$  die Dichte der Flüssigkeit bei 0 Grad, mit  $\alpha$  die Ausdehnung derselben für 1 Grad Temperaturänderung und mit  $t$  die Temperatur der Flüssigkeit, so entsteht, unter dem Vorbehalt, daß die Spannung der Flüssigkeit sich nur sehr wenig ändert, bezw. durch die Spannungsänderung eine nennenswerthe Aenderung der Dichtigkeit nicht hervorgerufen wird, die Gleichung für den Reibungswiderstand:

$$pq = \kappa \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} l u \left\{ \frac{1}{v} + 20 \right\} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 56.$$

oder:

$$p = \kappa \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} l \frac{u}{q} \left\{ \frac{1}{v} + 20 \right\} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 57.$$

Die Erfahrungszahl  $\kappa$  schwankt zwischen 0,0003 und 0,001. Für Leuchtgas, Wasser etc., die in guten glattwandigen Rohren sich bewegen, darf man  $\kappa = 0,0003$  bis 0,0004, für Luft, welche in gemauerten Canälen fließt, je nach dem Zustande der Canalwände,  $\kappa = 0,0004$  bis 0,0007, für Rauch  $\kappa = 0,0006$  bis 0,001 setzen. Hierbei muß noch bemerkt werden, daß außer der Glätte der Wandflächen auch die Luftdurchlässigkeit gemauerter Canalwände die Bewegung der Luft und des Rauches beeinträchtigt. Richtiger würde man diesen Einfluß besonders berechnen; in Ermangelung genügenden Anhaltes für diese Berechnung schliesse ich, dem Gebrauch gemäß, den Einfluß der Luftdurchlässigkeit in die Größe  $\kappa$  für Rauch und Luft ein und bemerke hierzu, daß derselbe sich besonders fühlbar macht bei freistehenden Schornsteinen, aber auch bei mit dünnen Wänden ausgestatteten Luftleitungscanälen.

Für große Werthe von  $v$  verschwindet der Quotient  $\frac{1}{v}$  gegen 20, für sehr kleine Geschwindigkeiten dagegen 20 gegen  $\frac{1}{v}$ , so daß für diese Sonderfälle die Gleichung, welche den Reibungswiderstand ausdrückt, in die einfacheren übergeführt werden kann:

$$p = 20 \kappa \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} l \frac{u}{q} \frac{v^2}{2g}, \dots \dots \dots 57a.$$

$$\text{bezw. } p = \frac{\kappa}{2g} \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} l \frac{u}{q} v. \dots \dots \dots 57b.$$

Der Widerstand, welcher eine rechtwinkliche Ablenkung der Bewegungsrichtung verursacht, kann ausgedrückt werden durch

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 58.$$

Richtungsänderungen, welche bewegte Flüssigkeiten in gut gerundeten rechtwinklichen Canal- oder Rohrknieen erfahren, verursachen einen geringeren Widerstand, nämlich etwa

$$p = (0,3 \text{ bis } 0,5) \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 59.$$

120.  
Richtungs-  
u. Querschnitts-  
änderungen.

Querschnittsveränderungen verursachen, abgesehen von dem entstehenden, bzw. hervorzubringenden anderen  $v$ , ebenfalls Bewegungshindernisse. Man wird dieselben möglichst zu vermeiden und in unvermeidlichen Fällen möglichst sanfte Uebergänge zu schaffen suchen. Alsdann können die entstehenden Widerstände vernachlässigt werden. In einigen unvermeidlichen Fällen muß man jedoch auf einen entsprechenden Widerstand Rücksicht nehmen. So bei geöffneten Ventilen, bei welchen der Widerstand:

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} (0,5 \text{ bis } 1) \frac{v^2}{2g}; \quad \dots \dots \dots 60.$$

bei geöffneten Hähnen, bei welchen derselbe:

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} (0,1 \text{ bis } 0,3) \frac{v^2}{2g} \quad \dots \dots \dots 61.$$

ist, und bei Vergitterungen, die einen Widerstand erzeugen:

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} (0,8 \text{ bis } 1,3) \frac{v^2}{2g}, \quad \dots \dots \dots 62.$$

so fern die Querschnitte keine gröfsere, als die Geschwindigkeit  $v$  verlangen.

Bedeutende Querschnittserweiterungen, wie dieselben z. B. bei Eintritt des Wassers in Heizkörper, bei Eintritt der Luft in die Zimmer etc. eintreten, finden dadurch gebührende Berücksichtigung, dafs man die der Flüssigkeit bisher eigene Geschwindigkeit als verloren gehend betrachtet.

Endlich ist der Druck zu berücksichtigen, welcher die Geschwindigkeit  $v$  überhaupt hervorruft; derselbe ist oft in ein und derselben Leitung wegen bedeutenderen Querschnittserweiterungen mehrere Male in Ansatz zu bringen. Der betreffende Druck hat die Gröfse

121.  
Erzeugung  
der  
Geschwindigkeit.

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} 1 \frac{v^2}{2g} \quad \dots \dots \dots 63.$$

Bezeichnet man mit  $\xi$  die Factoren der Gleichungen 58. bis 63., welche mit  $\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{v^2}{2g}$  multiplicirt die einzelnen Widerstände  $p$  geben, so ist der Gesamtwiderstand zwischen zwei Punkten der Leitung auszudrücken durch:

122.  
Gesamtwiderstand.

$$p_1 - p_2 = \Sigma p = \left[ \kappa l \frac{u}{q} \left\{ \frac{1}{v} + 20 \right\} + \Sigma \xi \right] \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \frac{v^2}{2g} \quad \dots \dots 64.$$

Man misst die Pressung der eingeschlossenen Flüssigkeit, indem man durch die Wand des Rohres oder des Canales  $A$  (Fig. 64) ein U-förmig gebogenes, an beiden Enden offenes Rohr  $B$  steckt, welches eine genügend schwere Flüssigkeit enthält. Der lothrechte Abstand der beiden Flüssigkeitsspiegel in  $B$  stellt den Druckunterschied dar, welcher zwischen dem Inneren des Rohres  $A$  und seiner Umgebung herrscht. Verwendet man für die Flüssigkeit des U-förmigen Rohres  $B$  Wasser, so entspricht 1 mm des Flüssigkeitsspiegel-Abstandes  $z$  genau genug 1 kg Druckunterschied für 1 qm Fläche, da eine Wasserplatte von 1 qm Gröfse und 1 mm Dicke 1 l misst und im Zustande größter Dichte 1 kg wiegt. Verwendet man in dem Rohr  $B$  Quecksilber, so entspricht jedes Millimeter des Flüssigkeitsspiegel-Abstandes 13,6 kg Druckunterschied pro 1 qm.

b) Einfluss der Verschiedenheit der Gewichte geleiteter Flüssigkeiten.

Der vorhin genannte Druckunterschied ist in verschiedenen Höhenlagen (abgesehen von den eigentlichen Bewegungshindernissen) verschieden, sobald die Flüssig-

123.  
Einfluss v. Ge-  
wichtsverschie-  
denheiten.