Der letzte Summand ist aber meist gegen den ersteren verschwindend klein; so wird bei den Werthen des Beispiels auf S. 346

$$\frac{p_1}{p_2} = \text{rund } \frac{60}{59} = 1{,}017, \quad \mathfrak{l}\left(\frac{p_1}{p_2}\right) = 0{,}017,$$

daher der Klammerausdruck in Gl. 5:

$$2 \cdot 0{,}018 \cdot \frac{1000}{0{,}25} + 4 \cdot 0{,}017 = 144 + 0{,}068.$$

Gl. 5 dürfte daher praktischen Werth kaum haben.

Gl. 4 liefert mit den Zahlen des Beispiels auf S. 346:

$$p_2 = 59\,070 \text{ statt } 59\,076 \text{ nach Gl. 1.}$$

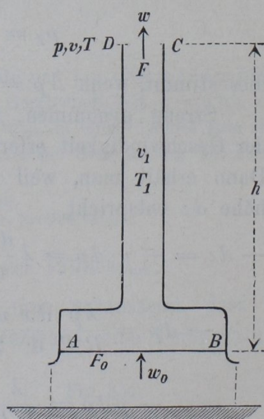
Letztere genügt daher für die meisten Fälle.

9. Wirkung der Schornsteine.

Die Wirkung der Schornsteine beruht auf der Verminderung der Dichte der Luft oder der Gase durch Erwärmung. Am oberen Ende des Schornsteins (Fig. 352) habe die Aussenluft den Zustand p, v, T. In dem Raume $ABCD$ sei durch Heizung oder dgl. die Temperatur auf den Mittelwerth T_1 gebracht. Die Dichte $\gamma = {}^1/_v$ der äusseren Luft gelte auf die Schornsteinhöhe als überall gleich, dann ist ebenso im Schornsteine der Einheitsraum durchschnittlich $v_1 = v\dfrac{T_1}{T}$, der Druck der äusseren Luft in der Höhe AB:

$$p + \frac{h}{v}.$$

Fig. 352.



Der Raum unterhalb AB stehe mit der äusseren Luft in freier Verbindung.

Bezeichnen wir wieder mit mg das Luftgewicht, welches in der Zeit dt durch jeden Querschnitt des Schornsteins geht, so ist

$$1) \qquad mg = \frac{F_0 \cdot w_0 \cdot dt}{v_1} = \frac{F \cdot w \cdot dt}{v_1}.$$

Die Zunahme an Arbeitsvermögen während der Zeit dt beträgt (ähnlich wie auf S. 230) $m\frac{w^2}{2} - m\frac{w_0{}^2}{2}$, wovon $w_0{}^2$ vernachlässigt werden kann. Die Arbeit der Schwere ist in diesem Falle negativ $= - mgh$, weil die Masse m unten verschwindet, oben aus dem Schornsteine tritt. Der Druck gegen AB leistet die Arbeit

$$\left(p + \frac{h}{v}\right) F_0 \cdot w_0 \cdot dt = \left(p + \frac{h}{v}\right) \cdot mg \cdot v_1 \,,$$

der Druck gegen CD die Arbeit

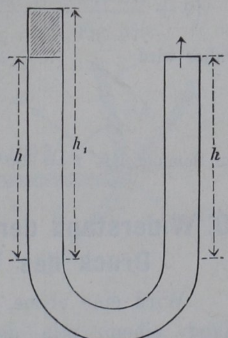
$$- p \cdot F \cdot w \cdot dt = - p \cdot mg \cdot v_1 \,. \quad \text{Daher ist}$$

$$m\frac{w^2}{2} = - mg \cdot h + \left(p + \frac{h}{v}\right) mg \cdot v_1 - p\, mg \cdot v_1 \quad \text{oder}$$

2)
$$\boldsymbol{\frac{w^2}{2g} = h\left(\frac{v_1}{v} - 1\right) = h\left(\frac{T_1}{T} - 1\right).}$$

Dies ist die wirksame Saughöhe des Schornsteins. Man kann sich von ihr leicht eine Vorstellung machen: Betrachtet man eine Luftsäule von der Temperatur T und der Höhe h und dehnt diese durch Erwärmung auf T_1 der Höhe nach aus, so bekommt sie die Höhe $h_1 = h\frac{T_1}{T}$ (Fig. 353). Es ist dann $h_1 - h$ die wirksame Saughöhe.

Fig. 353.



Ist l die Länge des Schornsteins, so entsteht durch Reibung eine Widerstandshöhe $\lambda\frac{l}{d}\frac{w^2}{2g}$. Darin ist für gemauerte Röhren von kreisförmigem Querschnitte $\lambda = 0{,}03$, für berusste Schornsteinröhren aber $\lambda = 0{,}04$ zu setzen. Ist der Schornstein oder der anschliessende Kanal nicht kreisförmig, so hat man zu bedenken, dass allgemein die Widerstandshöhe der Röhrenreibung $\beta\frac{u}{F}l\frac{w^2}{2g}$ ist, wenn u der von der Flüssigkeit berührte Umfang, F die Fläche des Querschnitts. Für kreisförmige Röhren wurde $\beta\frac{u}{F} = \frac{4\beta}{d} = \frac{\lambda}{d}$ gesetzt; es ist daher $\beta = {}^1/_4\,\lambda$,

d. h. $\beta = 0{,}0075$ für unberusstes Mauerwerk, $\beta = 0{,}01$ für berusstes Mauerwerk.

Für Richtungsänderungen in den Feuerkanälen, die an den Schornstein anschliessen, gelten nach Rietschel*) folgende Widerstandsziffern:

Für ein scharfes rechtwinkliges Knie: $\zeta = 1{,}5$; für ein abgerundetes rechtwinkliges Knie: $\zeta = 1{,}0$; für ein Knie von 135^0 $\_\!/$: $\zeta = 0{,}6$; für plötzliche Richtungsänderungen um 180^0: $\zeta = 1{,}5$ bis $2{,}5$.

Der Rost mit der Brennstoffschicht liefert eine bedeutende Widerstandsziffer $\zeta = 6$ bis 12, je nach der Art des Rostes und des Brennstoffes.

Beispiel: Ein cylindrischer Schornstein von kreisförmigem Querschnitte habe $d = 0{,}6^{\,\mathrm{m}}$ Weite und $h = 30^{\,\mathrm{m}}$ Höhe. An den Schornstein schliessen sich $30^{\,\mathrm{m}}$ lange Feuerkanäle vom Querschnitt $1^{\,\mathrm{m}} \times 0{,}3^{\,\mathrm{m}}$, in denen zwei abgerundete Umbiegungen von 180^0 ($\zeta = 1{,}5$) und ein scharfes rechtwinkliges Knie ($\zeta = 1{,}5$) vorkommen. Die Widerstandsziffer des Rostes sei 9. Die mittlere innere Temperatur betrage $T_1 = 200 + 273 = 473$, die äussere $T = 10 + 273 = 283^0$. Es soll die Ausströmungsgeschwindigkeit berechnet werden. Die wirksame Saughöhe beträgt

$$30\left(\frac{473}{283} - 1\right) = 20{,}14^{\,\mathrm{m}},$$

die Widerstandshöhe mit $\beta = 0{,}01$:

$$\left(9 + \frac{30 \cdot 0{,}01 \cdot 2\,(1 + 0{,}3)}{0{,}3} + 2 \cdot 1{,}5 + 1{,}5 + 0{,}04 \cdot \frac{30}{0{,}6}\right)\frac{w^2}{2\,g} = 18{,}1\,\frac{w^2}{2\,g}.$$

Daher wird
$$20{,}14 = \frac{w^2}{2\,g}(1 + 18{,}1) \quad \text{und}$$

$$w = \sqrt{\frac{2\,g \cdot 20{,}14}{19{,}1}} = 4{,}5^{\,\mathrm{m}}.$$

Im Sommer mit $T = 300^0$ wird $w = 4{,}3^{\,\mathrm{m}}$.

10. Widerstand der Luft gegen bewegte fremde Körper; Druck des Windes gegen fremde Körper.

Wird eine ebene, etwa kreisförmige Fläche AB mit niedrigem Rand einem mit der Geschwindigkeit w rechtwinklig dagegen strömenden Wind ausgesetzt (Fig. 354), so bildet sich, wie Ober-Ingenieur Friedr. Ritter von Loessl nach seinem Werk über „Die Luftwiderstands-Gesetze“ (Wien 1896) in überzeugender Weise durch Versuche gefunden hat, vor der Platte ein ruhender Luftkörper, der sog. Stauhügel ABC. Die Seitenflächen desselben bilden mit

*) Vergl. G. Lang „Der Schornsteinbau“.