Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Theorie der Zugkamine für Ventilationen

urn:nbn:de:bsz:31-270981

die eine grosse Horizontalausdehnung haben. In diesem Falle können die Kommunikationen sämmtlicher Räume des Gebäudes mit dem Zugkamin nur durch ein weitläufiges Kanalsystem bewerkstelliget werden.

Theorie der Zugkamine für Ventilationen. Die früher entwickelte Theorie der Kamine für Kesselfeuerungen kann auf die Zugkamine für Ventilationen nicht unmittelbar angewendet werden, wir müssen zu diesem Zweck eine besondere Theorie aufstellen. Dabei wollen wir uns jedoch mit Annäherungen begnügen. Wir vernachlässigen einstweilen die Widerstände, welche den Luftcirkulationen entgegen wirken (Reibungen, plötzliche Aenderungen in der Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit), behandeln die Luft wie Wasser, d. h. so, wie wenn sie nicht zusammendrückbar wäre, und vernachlässigen die Wärmeverluste durch die Wände des Kamins und des Zuleitungskanals.

Es sei Tafel XXI., Fig. 9 a der zu ventilirende Raum, der durch eine Oeffnung bei b mit der äusseren Atmosphäre kommunizirt, c das mit einer Feuerung versehene Zugkamin, d das Kanalsystem, durch welches a mit c kommunizirt, t die Temperatur der äusseren atmosphärischen Luft, t_1 die Temperatur der Luft im Raum a und in dem Kanale d, T die Temperatur im Kamin c. Die Bewegung der Luft durch das Kamin erfolgt, weil die Luft im Kamin $h\,g$ leichter ist als in der Luftsäule $f\,b\,d$. Denken wir uns ein zweites Röhrensystem, Fig. 10, das in allen Theilen mit Luft erfüllt ist, deren Temperatur gleich ist jener, die in Fig. 9 im Kamin herrscht, also gleich T, nehmen den Schenkel $g_1\,h_1$, Fig. 10, so hoch als $g\,h$, Fig. 9, geben aber dem Schenkel $f_1\,d_1$ eine solche Höhe, dass das Gewicht der Luftsäule $f_1\,d_1$ so gross ist als jenes der Luftsäule $f\,d$, so wird die Luft in $h_1\,g_1$ gerade so schnell aufsteigen, wie in $h\,g$. Wenn wir also die Strömungsgeschwindigkeit für die Anordnung Fig. 10 berechnen, haben wir zugleich die Strömungsgeschwindigkeit für $h\,g$.

Nennen wir h, h_1, H, Z, H die Höhen der Luftsäulen, $d\,b$, $b\,f$, $h\,g$, $d_1 f_1$, $h_1\,g_1$, γ_0 das Gewicht von einem Kubikmeter Luft bei 0° Temperatur und unter dem äusseren Druck der Atmosphäre, $\alpha = 0{\cdot}00367$ den Wärmeausdehnungscoeffizienten der atmosphärischen Luft, so sind

$$\frac{\gamma_0}{1+\alpha t}, \quad \frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1}, \quad \frac{\gamma_0}{1+\alpha T}$$

die Gewichte von einem Kubikmeter Luft in

$$\overline{f\,b}, \quad d\,b \text{ und } h\,g, \quad d_1 f_1, \quad h_1\,g_1$$

Die Gewichte der Luftsäulen

$$d\,b \quad b\,f \quad h\,g \quad h_1\,g_1 \quad d_1\,f_1$$

bezogen auf einen Quadratmeter Querschnitt sind demnach:

$$h\,\frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1},\quad h_1\,\frac{\gamma_0}{1+\alpha t},\quad H\,\frac{\gamma_0}{1+\alpha T},\quad H\,\frac{\gamma_0}{1+\alpha T},\quad Z\,\frac{\gamma_0}{1+\alpha T}$$

Weil nun das Gewicht der Säule $d_1\,f_1$ so gross sein soll, als jenes der Säulen $d\,b + b\,f$, so hat man:

$$h\,\frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} + h_1\,\frac{\gamma_0}{1+\alpha t} = Z\,\frac{\gamma_0}{1+\alpha T} \quad \dots \quad (1)$$

Hieraus folgt:

$$Z = h\,\frac{1+\alpha T}{1+\alpha t_1} + h_1\,\frac{1+\alpha T}{1+\alpha t} \quad \dots \quad (2)$$

Da die Luft in der ganzen Ausdehnung der Röhren $f_1\;d_1\;h_1\;g_1$ einerlei Dichte hat, so ist die Geschwindigkeit U, mit welcher die Luft durch die Mündung bei g_1 ausströmt, gleich $\sqrt{2\,g\,(Z-H)}$, man hat also:

$$U = \sqrt{2\,g\,(Z-H)} \quad \dots \quad (3)$$

Führt man für Z den Werth aus (2) ein und berücksichtiget, dass $h_1 = H - h$ ist, so erhält man:

$$U = \sqrt{2\,g\left\{H\,\frac{\alpha(T-t)}{1+\alpha t} - h\left[\frac{\alpha(T-t)}{1+\alpha t} - \frac{\alpha(T-t_1)}{1+\alpha t_1}\right]\right\}} \quad \dots \quad (4)$$

Berücksichtiget man aber auch die mannigfaltigen Widerstände, welche der Bewegung der Luft entgegen wirken, so erhält man statt des Ausdruckes (4) folgenden Ausdruck:

$$U = \sqrt{\frac{2\,g}{1+m}\left\{H\,\frac{\alpha(T-t)}{1+\alpha t} - h\left[\frac{\alpha(T-t)}{1+\alpha t} - \frac{\alpha(T-t_1)}{1+\alpha t_1}\right]\right\}} \quad \dots \quad (5)$$

wobei m einen analogen Werth hat, wie jener, welchen wir in der Theorie der Dampfkesselkamine, Seite 327, gefunden haben.

Nennen wir L die Luftmenge in Kilogrammen, welche stündlich durch das Kamin aufsteigt, so ist:

$$L = 3600\,\Omega\,U\,\frac{\gamma_0}{1+\alpha T} \quad \dots \quad (6)$$

oder wegen (5):

$$L = 3600\,\Omega\,\frac{\gamma_0}{1+\alpha T}\sqrt{\frac{2\,g}{1+m}\left\{H\,\frac{\alpha(T-t)}{1+\alpha t} - h\left[\frac{\alpha(T-t)}{1+\alpha t} - \frac{\alpha(T-t_1)}{1+\alpha t_1}\right]\right\}} \quad (7)$$

Wir nehmen an, dass $t_1 > t$ ist, dann ist $\frac{\alpha(T-t)}{1+\alpha t} - \frac{\alpha(T-t_1)}{1+\alpha t_1}$ eine positive Grösse; die Geschwindigkeit U der Ausströmung und die Luftmenge selbst nimmt daher mit der Höhe des Punktes b über d oder h ab. Dieser nachtheilige Einfluss von h auf die Ventilation ist jedoch nur von Belang, wenn die Temperatur t_1 in dem Raum a beträchtlich höher ist, als die Temperatur der äusseren Luft, denn wenn $t = t_1$ wäre, würde $\frac{\alpha(T-t)}{1+\alpha t} - \frac{\alpha(T-t_1)}{1+\alpha t_1}$ gleich Null, d. h. im Sommer, wenn nicht geheizt wird, lassen sich die hochgelegenen Räume eben so leicht ventiliren wie die tief gelegenen. Um sicher zu gehen, dass das Zugkamin für die verschiedenen Räume eines höheren Gebäudes genügen kann, ist es angemessen, seine Dimensionen so zu berechnen, wie wenn sich alle zu ventilirenden Räume im obersten Stockwerk des Gebäudes befänden; für h ist demnach die Höhe der Decke des obersten Stockwerkes über dem Fuss des Kamins in Rechnung zu bringen.

Befände sich der zu ventilirende Raum a unterhalb des Kaminfusses, so wäre h negativ in Rechnung zu bringen, woraus man sieht, dass die Ventilation leichter von statten geht, wenn der zu ventilirende Raum tiefer liegt, als der Fusspunkt des Kamins. Dies ist in Gebäuden der Fall, wenn man das Zugkamin vom Speicher aus aufsteigen lässt; aber auch bei der Ventilation der Bergwerke befindet sich der zu ventilirende Raum in der Regel unter dem Fusspunkt des Kamins.

Die zur Ventilation erforderliche Brennstoffmenge und Luftmenge bestimmt sich auf folgende Weise.

Nennen wir: $\mathfrak{H}$ die Wärmemenge, die durch Verbrennung von einem Kilogramm Brennstoff entwickelt wird, B die Brennstoffmenge, welche stündlich zur Unterhaltung der Feuerung im Kamin nothwendig ist, und nehmen wir an, dass die Verbrennung durch die in das Kamin einströmende unreine Luft unterhalten wird, so hat man:

$$0{\cdot}237\ L\ (T - t_1) = \mathfrak{H}\ B \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

demnach:

$$B = \frac{0{\cdot}237\ L\ (T - t_1)}{\mathfrak{H}} \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

Für die numerischen Berechnungen ist es nothwendig, dass wir uns über die Werthe von H, T, m aussprechen. Die Kaminhöhe H richtet sich in der Regel nach Lokalverhältnissen, nach der Höhe des Gebäudes und nach der Ausdehnung der Lokalitäten. Zuweilen wird man die Regel befolgen dürfen, welche wir für freistehende

Kesselkamine aufgestellt haben, nach welcher Regel die Kaminhöhe 25 mal so gross genommen werden kann als die Weite.

Was die Temperatur T anbelangt, so ist zu berücksichtigen, dass ein kleiner Werth von T für die Brennstofföknomie vortheilhaft ist, aber ein sehr hohes voluminöses Kamin erfordert; dass dagegen bei einem hohen Werth von T ein kleines Kamin ausreichen wird.

Wir wollen als Regel aufstellen, dass man je nach Umständen T gleich 40^0 bis 80^0 nehmen kann.

Der Werth von m ist bei Dampfkesselfeuerungen in der Regel ungefähr gleich 100, und so gross wird man denselben auch für Ventilationseinrichtungen nehmen können. Wir nehmen also $m = 100$. Will man ganz rationell verfahren, so muss man, mit Berücksichtigung der Anordnung und Ausdehnung des Kanalsystems den Werth von m durch eine Formel ausdrücken, und vermittelst derselben den numerischen Werth bestimmen; allein die Genauigkeit einer solchen umständlichen und weitläufigen Berechnungsweise von m ist doch nicht zu verbürgen, so dass man mit einer schätzungsweisen Annahme nicht mehr fehlen wird.

Wir wollen ein Beispiel berechnen.

Es sei eine Ventilation für ein Zellengefängniss einzurichten:

Anzahl der Zellen	1200
Stündliche Luftmenge für jede Zelle	30^{Klg}
Temperatur in den Zellen	$t_1 = 15^0$
Aeussere Lufttemperatur	$t = 0$
Temperatur im Kamin	$T = 60^0$
Höhe des Gebäudes	$h = 12^{\text{m}}$
Höhe des Kamins	$H = 50^{\text{m}}$
Widerstandscoeffizient	$m = 100$
Gewicht von einem Kubikmeter Luft	$\gamma_0 = 1{\cdot}3$
Aus Gleichung (5) findet man . . .	$U = 1{\cdot}41^{\text{m}}$
Aus Gleichung (6) oder (7) folgt dann	$\Omega = 6{\cdot}6^{\text{qm}}$
Aus Gleichung (9) folgt für $\mathfrak{H} = 6000$	$B = 85^{\text{Klg}}$

Ventilation vermittelst Windflügel (Ventilatoren). In neuester Zeit sind in Paris äusserst sorgfältige und umfassende experimentale Studien über die Heizung und Ventilation der öffentlichen Gebäude und insbesondere der Strafanstalten, Kasernen und Krankenhäuser angestellt worden, um mit Zuverlässigkeit die praktisch wirksamsten Methoden ausfindig zu machen. Die zu diesem Behufe von der Regierung ernannte Kommission hat sich insbesondere auch mit der