

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Selbstständige Ventilation

[urn:nbn:de:bsz:31-270981](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270981)

sammlungssaal. *a* ist der Calorifer. Die erwärmte Luft wird in ein Kanalsystem *b b b* geleitet, das unter dem Boden des Saales liegt, gelangt durch Oeffnungen in den Saal selbst, steigt in demselben auf und entweicht durch Oeffnungen, die in der Decke angebracht sind.

Selbstständige Ventilation.

Einleitendes. Wir betrachten nun die Ventilation für sich ohne Rücksicht auf Erwärmung, d. h. wir wollen die Mittel kennen lernen, durch welche man bewirken kann, dass einem Raum in jeder Stunde eine gewisse Quantität Luft zugeführt und in derselben Zeit eine eben so grosse Quantität entzogen werden kann. Soll diese Lufterneuerung mit kalter Luft geschehen, wie dies immer der Fall ist bei einer Ventilation während der warmen Jahreszeit, so bedarf es gar keiner Wärmezuführung nach dem zu ventilirenden Raum; soll der Raum auch warm erhalten werden, so nehmen wir an, dass nebst der Einrichtung zur Ventilation auch eine Heizeinrichtung hergestellt ist, die in den Raum nur Wärme abgibt (Dampfheizung, Wassercirkulationsheizung), so dass also dann zwei von einander ganz unabhängige Einrichtungen bestehen. Es gibt vorzugsweise zwei Mittel, durch welche derlei Ventilationen bewirkt werden können. Das eine Mittel besteht darin, indem man in den Raum umschliessenden Flächen an geeigneten Orten Oeffnungen anbringt, durch welche reine kalte Luft eintreten, und andere Oeffnungen, durch welche sie in ein Kanalsystem austreten kann, das nach einem zum Behufe der Ventilation errichteten Zugkamin entweichen kann, wo sie durch eine Feuerungseinrichtung erwärmt und dadurch zum Aufsteigen gezwungen wird. Diese Erwärmung der Luft kann auf zweifache Weise geschehen: 1) indem man die Luft durch das Feuer ziehen lässt, so dass sie die Verbrennung unterhält, 2) indem man die Feuerung so einrichtet, dass sie mit reiner atmosphärischer Luft genährt wird, und dass nur die Wärme der Verbrennungsgase an die ausgesaugte Luft abgegeben wird. Das zweite Mittel zur Ventilation ist die mechanische Gewalt vermittelt sogenannter Ventilatoren, die durch irgend einen Motor getrieben werden. Diese mechanistische Ventilation kann aber auf zweierlei Weise geschehen: 1) indem man vermittelt eines Druckventilators reine atmosphärische Luft in den zu ventilirenden Raum eintreibt und zum Entweichen der Luft an geeigneten Stellen Oeffnungen anbringt, die in's Freie führen; 2) indem man die Luft

durch Anwendung eines Saugventilators aus dem Raum aussaugt und zum Eintreten von frischer kalter Luft an geeigneten Orten Oeffnungen anbringt. Diese Ventilationseinrichtungen haben wir nun genauer zu studiren.

Die Bugkamine. Die Tafel XXI., Fig. 5, 6, 7, 8 dienen zur Erklärung der Einrichtung der Zugkamine. Fig. 5 ist die einfachste Einrichtung eines Zugkamins. Es unterscheidet sich von jedem gewöhnlichen Kamin nur dadurch, dass hier bei *b* eine Rostfeuerung angebracht ist. Der Kanal *a* steht in Kommunikation mit dem zu ventilirenden Raum. Die Luft tritt bei *a* in das Kamin ein, geht durch den Rost, unterhält die Verbrennung und das Gemisch von Verbrennungsgasen und von unverbrannter Luft, steigt dann im erwärmten Zustand im Kamin auf, um oben zu entweichen. Diese Einrichtung ist nicht gut, weil viel mehr Luft Zutritt, als zum Verbrennen nothwendig ist.

Fig. 6 ist eine bessere Einrichtung. Der Feuerungsrost *b* nimmt nur einen Theil vom Querschnitt des Kamins ein. Ein Theil der Luft geht direkt aus dem Kanal in das Kamin, der Rest geht durch den Rost und bewirkt die Verbrennung. Oberhalb des Rostes einigen sich die beiden Ströme und steigen im Kamin auf.

Fig. 7 ist ein Zugkamin, bei welchem die Verbrennung nicht durch die unreine Luft, sondern durch reine atmosphärische Luft geschieht. Die Feuerung ist hier nicht im Kamin, sondern neben demselben. Die Verbrennungsgase treten in das Kamin, mengen sich mit der durch den Kanal *a* herkommenden unreinen Luft und das ganze Gemenge steigt durch das Kamin auf.

Fig. 8 ist ein Zugkamin, bei welchem die Verbrennung durch reine atmosphärische Luft geschieht und die Verbrennungsgase in eine Röhre durch das Kamin geleitet werden. Die innere Luft wird an den Wänden des Rohres erwärmt und steigt in dem Raum zwischen dem Rohr und den Wänden des Kamins auf. Diese Einrichtung ist nothwendig, wenn die unreine abgeleitete Luft explosible Mischungen enthalten sollte oder wenn sie durch ihre Vermischung mit den Verbrennungsgasen unangenehmen oder schädlichen Geruch verursachen könnte. Die Gruben der Bergwerke müssen oftmals auf diese Weise ventilirt werden.

Das Zugkamin soll, wenn möglich, so aufgestellt werden, dass die Zuströmung der unreinen Luft aus dem zu ventilirenden Raum nach dem Kamin möglichst wenig Widerstand verursacht. Es ist jedoch nicht immer möglich, dieser Bedingung zu entsprechen, insbesondere wenn es sich um die Ventilation von Gebäuden handelt,

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

Theorie der Bugkamine 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 Luftcirculationen 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 kommuniziert, c das mit einer Feuerung versehene Zugkamin, d das Kanalsystem, durch welches a mit c kommuniziert, 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, $d_1, f_1, h_1, g_1, \gamma_0$ das Gewicht von einem Kubikmeter Luft bei 0° Temperatur und unter dem äusseren Druck der Atmosphäre, $\alpha = 0.00367$ den Wärmeausdehnungscoefficienten 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

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

Die Gewichte der Luftsäulen

$$db \quad bf \quad hg \quad h_1 g_1 \quad d_1 f_1$$

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 $db + bf$, 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 $\sqrt{2g(Z - H)}$, man hat also:

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

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

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

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

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

wobei m einen analogen Werth hat, wie jener, welchen wir in der Theorie der Dampfkesselkamme, 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):

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

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 a 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{S} 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:

$$0.237 L (T - t_1) = \mathfrak{S} B \quad \dots \dots \dots (8)$$

demnach:

$$B = \frac{0.237 L (T - t_1)}{\mathfrak{S}} \quad \dots \dots \dots (9)$$

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 Brennstoffökonomie 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° bis 80° 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 mittelst 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 schätzungsweise 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	$30 \text{ K}^{\text{L}}_{\text{g}}$
Temperatur in den Zellen	$t_1 = 15^\circ$
Aeussere Lufttemperatur	$t = 0$
Temperatur im Kamin	$T = 60^\circ$
Höhe des Gebäudes	$h = 12^{\text{m}}$
Höhe des Kamins	$H = 50^{\text{m}}$
Widerstandscoeffizient	$m = 100$
Gewicht von einem Kubikmeter Luft	$\gamma_0 = 1.3$
Aus Gleichung (5) findet man	$U = 1.41^{\text{m}}$
Aus Gleichung (6) oder (7) folgt dann	$\Omega = 6.69^{\text{m}}$
Aus Gleichung (9) folgt für $\phi = 6000$	$B = 85 \text{ K}^{\text{L}}_{\text{g}}$

Ventilation mittelst 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

Beantwortung der Frage beschäftigt, welche Ventilationsweise (ob die mit Zugkaminen oder jene mit Windflügeln) unter gegebenen Umständen den Vorzug verdiene. Die zur Beantwortung dieser Frage angestellten umfassenden experimentalen Studien haben in einer unwiderlegbaren Weise dargethan, dass durch die Lufterwärmung in Zugkaminen unter allen Umständen eine hinreichend energische und gleichförmige Ventilation erzielt werden kann, dass dagegen die ventilirende Wirkung der Windflügel in den meisten Fällen weder hinreichend energisch noch hinreichend gleichförmig sei.

Nach diesen Erfahrungen wird man gezwungen, die Windflügelventilation ganz zu verwerfen, dagegen die Ventilation durch Lufterwärmung in Zugkaminen unter allen Umständen zu empfehlen. Wir unterlassen daher hier, eine Theorie der Windflügelventilationen aufzustellen, um so viel mehr, da in der Folge, wenn überhaupt die Gebläse zu behandeln sind, eine Theorie der Ventilatoren entwickelt werden muss.

Luftheizung und künstliche Ventilation.

Allgemeine Einrichtung. Eine Luftheizung mit gleichzeitiger künstlicher Ventilation ist eine Einrichtung, bei welcher zuerst reine kalte atmosphärische Luft in einem ausserhalb der zu erwärmenden Räume aufgestellten Calorifer erwärmt, hierauf im warmen Zustand durch Kanäle in die zu erwärmenden Räume geleitet wird. Dasselbst verliert sie an den Wänden und Fensterflächen einen Theil ihrer Wärme und wird durch verschiedene Vorgänge verunreinigt, zuletzt aber durch den künstlichen Ventilationsapparat aus den erwärmten Räumen weggeleitet. Die Luftmenge, welche in dem Calorifer erwärmt werden muss, ist gleich derjenigen, welche stündlich in die Räume zu- und abgeleitet werden muss, damit im Beharrungszustand die in den Räumen enthaltene Luft nur bis zu einem gewissen Grade verunreinigt ist. Die Wärmemenge, welche der Calorifer stündlich der kalten reinen Luft mitzutheilen hat, ist gleich derjenigen, welche durch Abkühlen an den Wänden und Fensterflächen stündlich verloren geht, mehr noch derjenigen Wärmemenge, die in der unreinen Luft enthalten ist, welche stündlich aus den Räumen wegzuleiten ist. Eine gute Einrichtung muss aber von der Art sein, dass die Luftzuführung von der Wärmezuführung ganz unabhängig ist, so dass also die cirkulirende Luftmenge innerhalb gewisser Grenzen beliebig geändert werden kann, ohne dass eine Temperaturänderung in der cirkulirenden Luft eintritt, und