

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Der Maschinenbau**

**Redtenbacher, Ferdinand**

**Mannheim, 1863**

Luftmenge, welche die Ventilation liefern soll

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

schnittlich zu 0.5 der atmosphärischen Luft angenommen werden. Das Gewicht eines Kubikmeters Gas darf daher mit  $0.5 \times 1.3 = 0.65^{Kl_g}$  in Rechnung gebracht werden. Zum vollständigen Verbrennen von einem Kilogramm Leuchtgas sind  $17^{Kl_g}$  atmosphärische Luft erforderlich; ein Kubikmeter Gas verbraucht daher  $0.65 \times 17 = 11^{Kl_g}$  atmosphärische Luft oder nahe  $8^{Kbm}$  Luft. Gewöhnlich konsumiert ein Gasbrenner stündlich  $0.1^{Kbm}$  oder 4 Kubikfuss Gas. Ein solcher Brenner braucht daher stündlich  $11 \times 0.1 = 1.1^{Kl_g}$  oder  $8 \times 0.1 = 0.8^{Kbm}$  Luft.

Die Heizkraft von einem Kilogramm Gas ist 12400 Wärmeinheiten. Die Heizkraft von einem Kubikmeter Gas  $0.65 \times 12400 = 8060$  Wärmeinheiten. Die Wärmemenge, welche ein Brenner stündlich entwickelt, welcher stündlich  $0.1^{Kbm}$  Gas verbraucht, ist  $0.1 \times 8060 = 806$  Wärmeinheiten. Diese Daten kurz zusammengestellt, erhält man folgende Tabelle.

1) Stündlicher Luftverbrauch eines Menschen	{	$6^{Kbm}$	
		$8^{Kl_g}$	
2) Stündliche Wärmeentwicklung eines Menschen . . . . .			48 Wärmeinheiten
3) Luftverbrauch durch Verbrennung von $1^{Kl_g}$ Gas . . . . .	{	$13^{Kbm}$	
		$17^{Kl_g}$	
4) Luftverbrauch durch Verbrennung von $1^{Kbm}$ Gas . . . . .	{	$8^{Kbm}$	
		$11^{Kl_g}$	
5) Luftverbrauch (stündlicher) wegen eines Brenners, der stündlich $0.1^{Kbm}$ Luft konsumiert . . . . .	{	$0.8^{Kbm}$	
		$1.1^{Kl_g}$	
6) Wärmeentwicklung durch Verbrennung von $1^{Kl_g}$ Gas . . . . .			12400 Wärmeinheiten
7) Wärmeentwicklung durch Verbrennung von $1^{Kbm}$ Gas . . . . .		8060	"
8) Stündliche Wärmeentwicklung eines Brenners, welcher stündlich $0.1^{Kbm}$ Gas verbraucht . . . . .		806	"

Luftmenge, welche die Ventilation liefern soll. Vermittelt dieser Zusammenstellung kann man nun leicht die Luftmenge berechnen, welche stündlich durch Menschen und durch Beleuchtung verdorben wird. Nun ist aber die Frage, wie viel reine Luft einem Raum durch die Ventilation zugeführt werden muss, damit dieser Raum

im Beharrungszustand der Ventilation Luft enthält, die nur bis zu einem gewissen Grad verunreinigt oder verdorben ist? Zur Beantwortung dieser Frage dient die Lösung folgender Aufgabe.

Ein Raum, dessen Inhalt gleich  $\mathfrak{B}$  ist, enthält Luft, die entweder rein oder theilweise schon verdorben ist. Diesem Raum werden stündlich  $w$  Kubikmeter reine atmosphärische Luft zugeführt, und in jeder Stunde ein eben so grosses Luftvolumen von der im Raum enthaltenen Luft entzogen. Durch Menschen, Beleuchtung und andere Ursachen werden stündlich  $w_1$  Kubikmeter Luft verdorben. Es soll nun die Beschaffenheit der nach Verlauf einer gewissen Zeit in dem Raum enthaltenen Luft ermittelt werden.

Nachdem die angegebenen Verhältnisse eine gewisse Zeit  $t$  eingewirkt haben, wird in dem Raum ein gewisses Quantum  $v$  reiner und ein gewisses Quantum  $v_1$  verdorbener Luft enthalten sein, und es ist

$$\mathfrak{B} = v + v_1 \quad \dots \quad (1)$$

In dem darauf folgenden Zeitelement  $dt$  geschieht Folgendes: 1) Durch die Zuführung der reinen Luft wird die Luftmenge der reinen Luft um  $w dt$  vermehrt. 2) Durch die Ableitung der Luft wird aus dem Raum eine Menge  $\frac{v}{v+v_1} dt = \frac{v}{\mathfrak{B}} dt$  reiner und eine Menge  $\frac{v_1}{v+v_1} dt = \frac{v_1}{\mathfrak{B}} dt$  unreiner Luft entfernt. 3) Die Luftmenge  $w_1 dt$ , welche im Zeitelement  $dt$  aus dem Zustand, der zur Zeit  $t$  vorhanden ist, in den ganz verdorbenen Zustand gebracht wird, enthält  $\frac{v}{\mathfrak{B}} w_1 dt$  reine und  $\frac{v_1}{\mathfrak{B}} w_1 dt$  verdorbene Luft. Nennen wir  $dv$  die Zunahme an reiner und  $dv_1$  die Zunahme an verdorbener Luft während dieses Zeitelementes  $dt$ , so hat man:

$$\left. \begin{aligned} dv &= w dt - \frac{v}{\mathfrak{B}} w_1 dt - \frac{v}{\mathfrak{B}} w dt \\ dv_1 &= \frac{v_1}{\mathfrak{B}} w dt - \frac{v_1}{\mathfrak{B}} w_1 dt \end{aligned} \right\} \dots \quad (2)$$

Da der Voraussetzung gemäss  $w$  und  $w_1$  constante Grössen sind, so kann die erste der Gleichungen (2) unmittelbar integriert werden. Es folgt aus dieser Gleichung:

$$\frac{dv}{w - \frac{v}{\mathfrak{B}}(w + w_1)} = dt$$

demnach erhält man:

$$-\frac{\mathfrak{B}}{w + w_1} \log \left[ w - \frac{v}{\mathfrak{B}}(w + w_1) \right] = t + \text{const} \quad \dots \quad (3)$$

Es seien am Anfang der Zeit (also  $t=0$ ) in dem Raum  $\mathfrak{B}$ :  $v_0$  Kubikmeter reine,  $v_0$  Kubikmeter unreine Luft enthalten, also

$$V_0 + v_0 = \mathfrak{B} \dots \dots \dots (4)$$

Dann folgt aus (3), wenn man  $t=0$  und  $v = v_0$  setzt:

$$-\frac{\mathfrak{B}}{W+W_1} \log_{\text{nat}} \left[ W - \frac{V_0}{\mathfrak{B}} (W+W_1) \right] = \text{const}$$

Diese Gleichung von (3) abgezogen, erhält man:

$$\frac{\mathfrak{B}}{W+W_1} \log_{\text{nat}} \frac{W - \frac{v}{\mathfrak{B}} (W+W_1)}{W - \frac{V_0}{\mathfrak{B}} (W+W_1)} = -t \dots \dots \dots (5)$$

Hieraus ergibt sich auf gewöhnlichem Wege

$$v = \mathfrak{B} \frac{W}{W+W_1} - \left( \mathfrak{B} \frac{W}{W+W_1} - v_0 \right) e^{-\frac{W+W_1}{\mathfrak{B}} t} \dots \dots \dots (6)$$

und weil  $v = \mathfrak{B} - v$  ist:

$$v = \mathfrak{B} \frac{W_1}{W+W_1} + \left( \mathfrak{B} \frac{W}{W+W_1} - v_0 \right) e^{-\frac{W+W_1}{\mathfrak{B}} t} \dots \dots \dots (7)$$

Wenn die Ventilation längere Zeit fortgedauert hat, wird die Exponentialgrösse  $e^{-\frac{W+W_1}{\mathfrak{B}} t}$  eine verschwindend kleine Grösse. Die Werthe von  $v$  und  $v$  nähern sich demnach mit der Zeit gewissen Werthen  $v_1$  und  $v_1$ , und diese sind:

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= \mathfrak{B} \frac{W}{W+W_1} \\ v_1 &= \mathfrak{B} \frac{W_1}{W+W_1} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

Für den Fall, dass dem Raum nur so viel Luft zugeführt wird als verdirbt, ist  $W = W_1$ , und dann wird

$$v_1 = \frac{1}{2} \mathfrak{B}, \quad v_1 = \frac{1}{2} \mathfrak{B} \dots \dots \dots (9)$$

d. h. in diesem Fall tritt ein Endzustand ein, in welchem der Raum zur Hälfte mit reiner, zur Hälfte mit verdorbener Luft gefüllt ist. Man sieht hieraus, dass es für die dauernde Erhaltung eines guten Zustandes durchaus nicht genügt, wenn nur so viel Luft zugeführt wird, als verdorben wird, sondern es darf ein Raum nicht mehr als z. B. 5 oder 10 Prozent unreine Luft enthalten, wenn der Auf-

enthalt in demselben nicht unangenehm oder schädlich sein soll. Nennen wir diesen zulässigen Prozentgehalt an verdorbener Luft  $p$ , setzen also  $\frac{v_1}{\mathfrak{B}} = p$ , so erhalten wir wegen (8):

$$\frac{v_1}{\mathfrak{B}} = \frac{W_1}{W + W_1} = p \dots \dots \dots (10)$$

demnach:

$$\frac{W}{W_1} = \frac{1 - p}{p} \dots \dots \dots (11)$$

für  $p = 0.05 \quad 0.06 \quad 0.07 \quad 0.08 \quad 0.09 \quad 0.10$

wird  $\frac{W}{W_1} = 19 \quad 16 \quad 13 \quad 12 \quad 10 \quad 9$

Wenn also ein Endzustand eintreten soll, in welchem in dem Raum nur noch 10 bis 5 Prozent unreine Luft enthalten, so muss man nahe 10 bis 20 mal mehr Luft zuführen, als verdorben wird.

Diese Rechnungsergebnisse stimmen mit den in neuester Zeit in Paris gemachten Erfahrungen. Eine Kommission, bestehend aus *Regnault*, *Pelouze* und *Morin*, erhielt von der französischen Regierung den Auftrag, über die Heizung und Ventilation der grossen Krankenhäuser von Paris Gutachten zu erstatten. Es wurden zu diesem Behufe umfassende Versuche angestellt, deren Ergebniss die Kommission veranlasste, den Antrag zu stellen, dass für jeden einzelnen Kranken stündlich wenigstens  $60^{Kbm}$  reine atmosphärische Luft zugeführt werden sollen, ja dass dieses Quantum selbst unter Umständen zu verdoppeln sei, also  $120^{Kbm}$  betragen solle. Da wir Seite 388 angegeben haben, dass durch einen Menschen stündlich nur  $6^{Kbm}$  Luft verbraucht werden, so beträgt nach dem Vorschlag der Kommission die zuzuleitende und abzuleitende Luftmenge 10 bis 20 mal mehr, als die Luftmenge, welche verdorben wird, und es tritt dann nach unserer Rechnung in den Krankenhäusern ein Luftzustand ein, bei welchem die Luft nahe 5 bis 10 Prozent verdorbene Luft enthält. Wenn man bedenkt, dass ein Kranker, insbesondere bei eiternden Wunden, wahre Giftgase aussendet, so wird man begreiflich finden, dass die Luft der Krankensäle nicht mehr als 5 bis 10 Prozent solcher Gase enthalten darf, wenn der Aufenthalt in den Sälen nicht geradezu gefährlich werden soll. Bisher hat man angenommen, dass für jeden Kranken eine stündliche Luftmenge von  $20^{Kbm}$  hinreichend seien; in diesem Falle ist sehr nahe  $\frac{W}{W_1} = 3$  und wird folglich vermöge (10)  $p = \frac{1}{4} = 0.25$ , d. h. es tritt bei dieser Ventilation ein Zustand ein, wobei die Luft 25 Prozent Gift

gase enthält; hieraus erklären sich die furchtbaren Spital epidemien, die bis auf den heutigen Tag so oftmals in den Krankenhäusern eintreten. Wie gross die Luftmengen sind, welche in Strafhäusern, Versammlungssälen und Theatern nothwendig sind, damit ein leidlicher Zustand eintritt, ist leider noch nicht ermittelt. Nach den in den französischen Spitalern gemachten Erfahrungen wird man aber wohl nicht fehlen, wenn man feststellt, dass für die genannten Lokalitäten 5 bis 10 mal mehr Luft zu- und abgeführt werden muss. Wir glauben daher folgende Regeln aufstellen zu dürfen.

Lokalitäten.	Luftmenge in Kubikmetern pro 1 Stunde.	
Für jeden Kranken in den Krankensälen . . .	60 bis	120 <sup>Kbm</sup>
Für jeden Kranken in den Verbindungsgängen des Krankenhauses . . . . .	20 „	30 <sup>Kbm</sup>
Für jeden Gefangenen eines Zellengefängnisses pro Zelle . . . . .	30 „	40 <sup>Kbm</sup>
Für jeden Menschen eines Versammlungslokals, Theaters, Hörsals . . . . .	30 „	60 <sup>Kbm</sup>
Wegen eines Gasbrenners, welcher stündlich 0.1 <sup>Kbm</sup> oder 4 Kubikfuss Gas konsumirt . . . . .	4 „	8 <sup>Kbm</sup>
Wegen jedem Kubikmeter Luft, die durch irgend eine ander Ursache verdorben wird . . . . .	5 „	10 <sup>Kbm</sup>

**Wärmeverluste durch Wände, Decken und Fenster bei continuirlicher Heizung.** Wenn die einen Raum einschliessenden Wände den Durchgang der Wärme absolut hinderten, brauchte man die in dem Raum enthaltene Luft nur einmal bis zu einer gewissen Temperatur zu erwärmen, und dann würde diese Temperatur fort und fort unverändert bleiben. Dass ein Raum continuirlich geheizt werden muss, wenn sich in demselben die Temperatur nicht ändern soll, ist nur deshalb nothwendig, weil durch die Wände und Fenster Wärme entweicht, die ersetzt werden muss, wenn eine Abnahme der Temperatur nicht eintreten soll. Diese Wärmeverluste durch Wände und Fenster wollen wir nun bestimmen, vorerst aber eine ununterbrochene Heizung und einen Beharrungszustand der Erwärmung voraussetzen, wobei weder die Temperatur der Luft im Raum und ausserhalb desselben, noch die Temperatur irgend eines Punktes der Wand mit der Zeit veränderlich ist.

Nennen wir:

F den Flächeninhalt einer Seite einer einfachen Wand, welche zwei Medien von einander trennt,

$t_0$  die constanten Temperaturen der Medien,  $t_0 > t_1$ ,