γ) Meffen des durch eine Leitung ftrömenden Flüffigkeitsvolums.

Die betreffenden Einrichtungen finden ausfchliefslich Verwendung zum Meffen des Leuchtgafes (Gasuhren) oder des Waffers (Waffermeffer). Zum Meffen des Waffers, welches eine Wafferheizungsanlage durchläuft, dürfte nur der Waffermeffer von *Rofenkranz*[58]) brauchbar fein, da diefer verhältnifsmäfsig fehr geringe Widerftände bietet. Leider ift das Meffen der wirklich eintretenden Waffergefchwindigkeiten in Heizungsleitungen bisher nicht gebräuchlich, was wohl die grofsen Widerftände der meiften Waffermeffer zur Urfache hat, welche möglicherweife die geringe bewegende Kraft diefer Leitungen vollftändig aufzehren können, fie jedenfalls erheblich beeinträchtigen. Die Anbringung folcher Waffermeffer würde in Verbindung mit Thermometern die Prüfung der betreffenden Anlagen wefentlich erleichtern. 148. Meffen des Volums.

In Bezug auf Gasuhren verweife ich auf *Rühlmann*'s Allgemeine Mafchinenlehre, Bd. 1 (2. Aufl. Braunfchweig 1875), S. 149—156, und auf Art. 14, S. 12. Solche Kubicirapparate, welche zum Meffen des Waffers[59]) und des Gafes dienen, würden, entfprechend umgeformt, auch zum Meffen des Dampfes benutzt werden können. Mir find jedoch dementfprechende Conftructionen nicht bekannt; bis jetzt beftimmt man die Dampfmengen, bezw. Dampfgefchwindigkeiten nach dem Druckunterfchied und dem Ausftrömungsquerfchnitt (*Birdsill Holly*) oder nach der Menge des Niederfchlagswaffers[60]).

Literatur

über »Anemometer«.

RÜHLMANN. Ueber Windgefchwindigkeitsmeffer. Mitth. d. Hannov. Gwbver. 1862, S. 26.

RÜHLMANN. Ueber Anemometer, befonders das von ADIE. Mitth. d. Hannov. Gwbver. 1863, S. 109. Polyt. Centralbl. 1863, S. 1266.

BARTHOLD. Anemometer zum Meffen des Zuges bei Heiz- und Kochöfen. Deutfche Bauz. 1869, S. 221.

SCHEURER-KESTNER. *Appareil pour la mesure du tirage dans les cheminées. Bulletin de la soc. ind. de Mulh.* Vol. 41, S. 429. Polyt. Journ. Bd. 206, S. 448. Polyt. Centralbl. 1874, S. 105.

RÜHLMANN, M. Allgemeine Mafchinenlehre. Bd. 1. 2. Aufl. Braunfchweig 1875. S. 135.

ARON. Zugmeffer. Polyt. Centralbl. 1875, S. 1092.

BARTHOLD. Die Zugverhältniffe der Heiz- und Kochöfen. Deutfche Bauz. 1876, S. 221.

WOLPERT. Ueber Anemometer. Mafchin.-Conft. 1876, S. 276. Deutfche Bauz. 1876, S. 235.

WOLPERT, A. Das Flügel-Anemometer. Zeitfchr. d. Bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—77, S. 36.

Ein recht praktifches Anemometer und die Ventilationseinrichtungen im hiefigen Zellengefängniffe. Hannov. Wochbl. f. Hand. u. Ind. 1878, S. 131.

Anemometer von NEGRETTI u. ZAMBRA. Rohrleger 1878, S. 93.

FRESE. Das Anemometer und feine Anwendung zur Beftimmung der Gefchwindigkeit bewegter Luft. Gefundh.-Ing. 1881, S. 23.

58) Befchreibung deffelben in: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1874, S. 145.

59) Die Literatur über »Waffermeffer« fiehe Kap. 13 diefes Bandes.

60) Ueber Dampfmeffer vergl. Polyt. Journ. Bd. 234, S. 278.

4. Kapitel.

Canäle für Luft und Rauch.

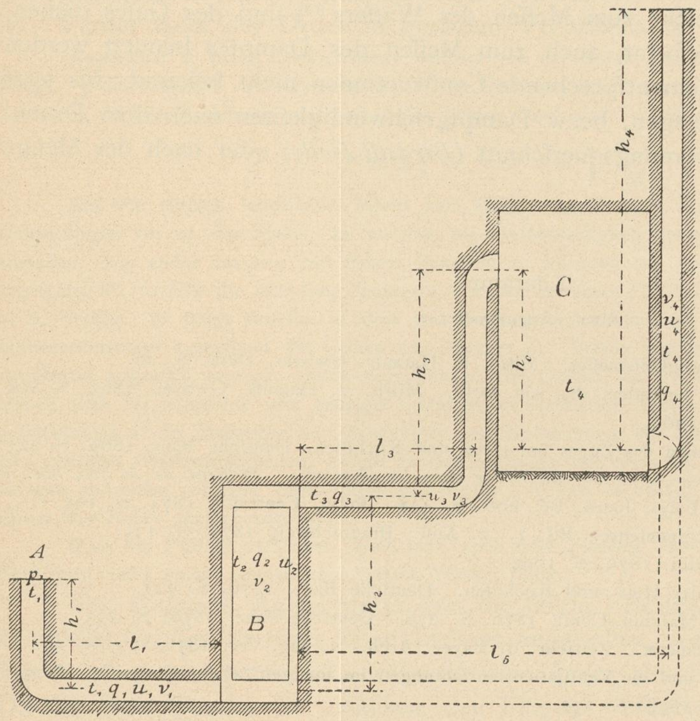
(Luftcanäle, Rauchcanäle, Lock- und Rauchſchornſteine.)

a) Abmessungen.

149. Luftcanäle. Aus der Gegenüberſtellung der Widerſtände der Bewegung und der Kraft der bewegenden Mittel gewinnt man ohne Weiteres die zweckmäſsigſten, bezw. zuläſſigen Abmeſſungen der Canäle. Es mag das Verfahren, welches einzuſchlagen iſt, an der Hand einiger Beiſpiele näher erörtert werden.

150. Heizung mit Lüftung. Der Raum *C* (Fig. 92) ſoll von *A* aus mit friſcher Luft verſorgt werden. *A* iſt eine im Freien liegende Öffnung; von ihr aus ſoll die Luft, ohne ihre Temperatur t_1 zu verändern, zunächſt um h_1 nach unten ſteigen, dann in einem l_1 langen Canal wagrecht fortgeführt werden, um in die Heizkammer *B* zu gelangen, woſelbſt die Erwärmung auf t_2 Grad erfolgt. Die mittlere Temperatur der Luft iſt (vergl. Art. 130, S. 106) in der Heizkammer $\frac{t_1 + t_2}{2}$; die mittlere Geſchwindigkeit ſei v_2, der freie Querſchnitt q_2 und der Umfang deſſelben u_2. Die erwärmte Luft durchſtrömt nunmehr den wagrechten Canal, welcher l_3 lang iſt, und den lothrechten h_3 hohen Canal und gelangt durch das Gitter, deſſen freier Querſchnitt q_3 miſſt, in den Raum *C*. Der Einfachheit der Rechnung halber ſoll zwiſchen Heizkammer *B* und Zimmer *C* keine Temperaturänderung, auch keine Aenderung des Canalquerſchnittes, alſo der Werthe q_3, u_3 und v_3 ſtattfinden; nur das Ausſtrömungsgitter verlangt eine Querſchnitterweiterung, welcher durch den Ausdruck für den durch dieſen veranlaſſten Widerſtand Rechnung getragen werden ſoll. Aus *C* ſoll die Luft mittels eines nahe über dem Fuſsboden mündenden lothrechten Canales, der h_4 Meter hoch iſt, abgeführt werden.

Fig. 92.



Es ſoll, um jeden Luftwechſel durch Thüren, Fenſter und Wände ſo viel als möglich zu vermeiden, der Druck der Luft im Zimmer *C* gleich demjenigen des Freien ſein.

Der für die Zuführung der Luft verwendbare Auftrieb iſt nach Formel 83., da in dem ersten lothrechten Theil der Leitung die Temperatur t_1 der Luft gleich derjenigen des Freien angenommen werden muss, und die Temperatur t_4 des Zimmers angenähert innerhalb der Höhe h_1 unveränderlich bleibt:

$$\gamma_0 \left\{ -\frac{h_2}{1+\alpha\frac{t_1+t_3}{2}} - \frac{h_3}{1+\alpha\, t_3} + \frac{h_c}{1+\alpha\, t_4} + \frac{h_2+h_3-h_c}{1+\alpha\, t_1} \right\} \quad . \ . \ 85.$$

Diesem Auftrieb sind die folgenden Widerstände gegenüberzustellen (vergl. 57. bis 62. einschl.), wenn $\varkappa = 0{,}0006$, der Coefficient für Krümmungen $= 0{,}4$ und derjenige der Gitterwiderstände $= 1$ gesetzt und $\frac{1}{v}$ gegen 20 vernachlässigt wird:

$$\frac{\gamma_0}{1+\alpha\, t_1}\left\{1 + 0{,}012\,(h_1+l_1)\frac{u_1}{q_1} + 0{,}4\right\}\frac{v_1^2}{2g} + \frac{\gamma_0}{1+\alpha\, t_1}\frac{v_2^2}{2g} + \frac{\gamma_0}{1+\alpha\frac{t_1+t_3}{2}}\left\{0{,}012\, h_2\frac{u_2}{q_2}\right\}\frac{v_2^2}{2g}$$

$$+ \frac{\gamma_0}{1+\alpha\, t_3}\left\{1 + 0{,}012\,(l_3+h_3)\frac{u_3}{q_3} + 0{,}4 + 1\right\}\frac{v_3^2}{2g} \quad . \ . \ . \ . \ 86.$$

Ist nun die Aufgabe gestellt, eine bestimmte Luftmenge $\mathfrak{L}$ stündlich in den Raum C zu führen, so ist

$$\mathfrak{L} = 3600\, v\, q\ \frac{\gamma_0}{1+\alpha\, t} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ 87.$$

oder

$$v_1 = \frac{\mathfrak{L}}{3600\, q_1}\ \frac{1+\alpha\, t_1}{\gamma_0}\ \text{u. s. w.} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ 88.$$

Soll mittels der Luftmenge dem Zimmer C eine bestimmte Wärmemenge W geliefert werden, so ist

$$W = \mathfrak{L}\,.\,0{,}24\,(t_3 - t_4)$$

oder

$$\mathfrak{L} = \frac{W}{0{,}24\,(t_3 - t_4)} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ 89.$$

in Rechnung zu setzen.

Es mag, um die Ausdrücke für Auftrieb und Widerstand (Formel 85. und 86.) einfacher zu gestalten, angenommen werden, dass $v_1 = v_2 = v_3 = v_4$ sei; alsdann entsteht die Gleichung:

$$-\frac{h_2\,\gamma_0}{1+\alpha\frac{t_1+t_3}{2}} - \frac{h_3\,\gamma_0}{1+\alpha\, t_3} + \frac{h_c\,\gamma_0}{1+\alpha\, t_4} + \frac{(h_2+h_3-h_c)\gamma_0}{1+\alpha\, t_1} = \left[\frac{\gamma_0}{1+\alpha\, t_1}\left\{2{,}4 + 0{,}012\,(h_1+l_1)\frac{u_1}{q_1}\right\}\right.$$

$$\left. + \frac{\gamma_0}{1+\alpha\frac{t_1+t_3}{2}}\,0{,}012\, h_2\frac{u_2}{q_2} + \frac{\gamma_0}{1+\alpha\, t_3}\left\{2{,}4 + 0{,}012\,(l_3+h_3)\frac{u_3}{q_8}\right\}\right]\frac{v^2}{2g} \quad . \ . \ 90.$$

Die in dieser Gleichung vorhandenen Gröfsen sind theils durch örtliche Verhältnisse gegeben. Hierhin gehören die Höhen h_1 bis h_c, so wie die Längen l_1 und l_3. Andere müssen angenommen werden. Die Temperatur der freien Luft t_1 ist wechselnd; für den Fall, dass man weniger Werth auf die Zuführung einer bestimmten Luftmenge, als auf das Heranschaffen einer verlangten Wärmemenge legt, wird man für t_1 die niedrigste der vorkommenden Temperaturen einsetzen, weil, wenn diese herrscht, die gröfste und berechnete Wärmemenge W verlangt wird. Soll dagegen eine bestimmte Luftmenge $\mathfrak{L}$ zugeführt werden, so hat man sich zu entscheiden, bis zu welcher Temperatur t_1 des Freien die Leistung noch verlangt wird, und diese Temperatur für die Berechnung zu benutzen.

Die Temperatur t_3 iſt, wie früher erörtert wurde, behuf einer möglichſt gleichmäſſigen Temperatur des Zimmers nicht ſehr hoch zu wählen; neuere vortrefflich arbeitende Heizungsanlagen benutzen ſelbſt während der ſtrengſten Kälte höchſtens 40 Grad. Die Temperatur t_4 iſt ſelbſtverſtändlich gegeben.

Die Factoren $\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1}$ etc. bedeuten das Gewicht von 1$^{\mathrm{cbm}}$ Luft bei der Temperatur t_1 etc. Auf S. 75 und 76 wurde eine Tabelle der betreffenden Werthe gegeben, aus welcher ſie für die Rechnung zu entnehmen ſind. Die Factoren $\frac{u}{q}$ ſind nicht allgemein zu behandeln: der kreisförmige und der quadratiſche Querſchnitt gewähren noch eine einfache Beziehung; die rechteckigen Querſchnitte dagegen, welche meiſtens Verwendung finden, ſind nur für jeden einzelnen Fall zu berechnen. Zur Erleichterung der Rechnung möge die auf S. 123 befindliche Tabelle dienen.

Nachdem man ſchätzungsweiſe, bezw. auf Grund beſtimmter Anforderungen die in Rede ſtehenden Werthe vorläufig beſtimmt hat, kann man v berechnen. Stimmt dieſes v überein mit dem v, welches aus Gleichung 88., nach Umſtänden unter Zuhilfenahme der Gleichung 89., gewonnen iſt, ſo iſt die Aufgabe gelöst; erhält man dagegen einen anderen Werth für v, als aus den angezogenen Formeln hervorgeht, ſo muss man andere Werthe für u und q, nach Umſtänden auch für die Temperaturen einſetzen, ja zuweilen ſogar den Lauf des Canales verändern, um ſchlieſslich zur Uebereinſtimmung der auf zwei Wegen gefundenen v zu gelangen.

Derſelbe Weg iſt für die Berechnung des Luftabführungscanales einzuſchlagen, indem für dieſen, da angenommen wurde, daſs in der Mitte ſeiner Mündung im Zimmer C derſelbe Druck herrſche wie im Freien, die folgende Gleichung gilt:

$$\frac{\gamma_0 h_4}{1 + \alpha t_1} - \frac{\gamma_0 h_4}{1 + \alpha t_4} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_4} \left\{ 1 + 1 + 0{,}4 + 0{,}012\, h_4 \frac{u_4}{q_4} \right\} \frac{v_4^2}{2g} \quad . \quad . \quad 91.$$

oder

$$h_4 \left\{ \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_4} \right\} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_4} \left\{ 2{,}4 + 0{,}012\, h_4 \frac{u_4}{q_4} \right\} \frac{v_4^2}{2g} \quad . \quad . \quad 92.$$

Beiſpiel. Es ſeien dem Raum bei $(t_1 =) - 20$ Grad m Freien ſtündlich 18 000 Wärmeeinheiten $(= W)$ zuzuführen. Die Temperatur der in C eintretenden Luft ſei 40 Grad $(= t_3)$, diejenige des Raumes C ſei 20 Grad $(= t_4)$; ferner ſei $h_1 = 1{,}5^{\mathrm{m}}$, $l_1 = 6{,}2^{\mathrm{m}}$, $h_2 = 2{,}4^{\mathrm{m}}$, $l_3 = 0^{\mathrm{m}}$, $h_3 = 2{,}2^{\mathrm{m}}$ und $h_c = 1{,}9^{\mathrm{m}}$; endlich $h_4 = 16{,}3^{\mathrm{m}}$.

Schätzungsweiſe werde für den Canal zwiſchen Heizkammer und zu beheizendem Raum der Querſchnitt $0{,}66 \times 0{,}79$ angenommen; nach dem vorläufigen Entwurf iſt der freie Querſchnitt in der Heizkammer $q_2 = 0{,}5^{\mathrm{qm}}$, die Summe der Umfänge deſſelben 7^{m} $(= u_2)$, ſonach $\frac{u_2}{q_2} = 14$. Der Querſchnitt des Zuleitungscanales ſei $0{,}66 \times 0{,}66$, ſo daſs annähernd $v_1 = v_2 = v_3$ wird.

Alsdann entſteht nach Gleichung 90. unter Benutzung der Werthe für $\frac{\gamma_0}{1 + \alpha \frac{t_1 + t_2}{2}}$ etc., die der Tabelle S. 75 entnommen ſind:

$$- 2{,}4 \cdot 1{,}16 + 2{,}2 \cdot 1{,}13 + 1{,}9 \cdot 1{,}2 + 2{,}7 \cdot 1{,}4 =$$

$$= \left[1{,}4 \left\{ 2{,}4 + 0{,}012\, (1{,}5 + 6{,}2)\, 6{,}06 \right\} + 1{,}16 \cdot 0{,}012 \cdot 2{,}4 \cdot 14 + 1{,}13 \left\{ 2{,}4 + 0{,}012 \cdot 2{,}2 \cdot 5{,}56 \right\} \right] \frac{v^2}{19{,}6}$$

$$1{,}5 = \frac{7{,}489}{19{,}6} v^2; \quad v = \backsim 1{,}98^{\mathrm{m}}.$$

Aus Gleichung 88. und 89. erhält man:

$$v_1 = \frac{W}{0{,}24\, (t_3 - t_4)} \, \frac{1}{3600\, q_1} \, \frac{1 + \alpha t_1}{\gamma_0},$$

oder

Werthe $\frac{u}{q}$ für kreisförmige, quadratische und rechteckige Querschnitte.

Kreisförmiger Querschnitt.				Quadratischer Querschnitt.				Rechteckiger Querschnitt.							
Weite.	u	q	$\frac{u}{q}$	Weite.	u	q	$\frac{u}{q}$	Querschnitt.	u	q	$\frac{u}{q}$	Querschnitt.	u	q	$\frac{u}{q}$
0,150	0,471	0,0177	26,6	0,150	0,6	0,0225	26,6	0,14 × 0,14	0,56	0,0196	28,6	0,40 × 0,79	2,38	0,3160	7,53
0,175	0,549	0,0240	22,9	0,175	0,7	0,0306	22,9	» × 0,27	0,82	0,0378	21,7	» × 0,92	2,64	0,3680	7,17
0,200	0,628	0,0314	20,0	0,200	0,8	0,0400	20,0	» × 0,40	1,08	0,0560	19,3	» × 1,05	2,90	0,4200	6,90
0,25	0,785	0,0491	16,0	0,25	1,0	0,0625	16,0	» × 0,53	1,34	0,0742	18,0	0,53 × 0,53	2,12	0,2809	7,55
0,30	0,942	0,0707	13,3	0,30	1,2	0,0900	13,3	» × 0,66	1,60	0,0924	17,3	» × 0,66	2,38	0,3498	6,80
0,35	1,099	0,0962	11,4	0,35	1,4	0,1225	11,4	» × 0,79	1,86	0,1106	16,8	» × 0,79	2,64	0,4187	6,30
0,40	1,257	0,1256	10,0	0,40	1,6	0,1600	10,0	» × 0,92	2,12	0,1288	16,5	» × 0,92	2,90	0,4876	5,95
0,45	1,414	0,1590	8,89	0,45	1,8	0,2025	8,89	» × 1,05	2,38	0,1470	16,2	» × 1,05	3,16	0,5565	5,68
0,50	1,57	0,196	8,00	0,50	2,0	0,2500	8,00	0,27 × 0,28	1,08	0,0729	14,8	0,66 × 0,66	2,64	0,4356	6,06
0,55	1,73	0,237	7,27	0,55	2,2	0,3025	7,27	» × 0,40	1,34	0,1080	12,4	» × 0,79	2,90	0,5214	5,56
0,60	1,88	0,283	6,67	0,60	2,4	0,3600	6,67	» × 0,53	1,60	0,1431	11,2	» × 0,92	3,16	0,6072	5,20
0,65	2,04	0,332	6,15	0,65	2,6	0,4225	6,15	» × 0,66	1,86	0,1782	10,4	» × 1,05	3,42	0,6930	4,94
0,70	2,20	0,385	5,71	0,70	2,8	0,4900	5,71	» × 0,79	2,12	0,2133	9,94	0,79 × 0,79	3,16	0,6241	5,06
0,75	2,36	0,442	5,33	0,75	3,0	0,5625	5,33	» × 0,92	2,38	0,2484	9,58	» × 0,92	3,42	0,7268	4,70
0,80	2,51	0,503	5,00	0,80	3,2	0,6400	5,00	» × 0,05	2,64	0,2835	9,31	» × 1,05	3,68	0,8295	4,43
0,85	2,67	0,567	4,70	0,85	3,4	0,7225	4,70	0,40 × 0,40	1,60	0,1600	10,00	0,92 × 0,92	3,68	0,8464	4,34
0,90	2,83	0,636	4,44	0,90	3,6	0,8100	4,44	» × 0,53	1,86	0,2120	8,77	» × 1,05	3,94	0,9660	4,08
0,95	2,98	0,709	4,21	0,95	3,8	0,9025	4,21	» × 0,66	2,12	0,2640	8,03	1,05 × 1,05	4,20	1,1025	3,81
1,00	3,14	0,785	4,00	1,00	4,00	1,0000	4,00								
Meter.	Meter.	Quadr.-Meter.		Meter.	Meter.	Quadr.-Meter.		Meter.	Meter.	Quadr.-Meter.		Meter.	Meter.	Quadr.-Meter.	

$$v_1 = \frac{18\,000}{0{,}24 \cdot 20 \cdot 3600 \cdot 0{,}44} \frac{1}{1{,}4} = \backsim 1{,}7 \text{ m},$$

und auf demfelben Wege

$$v_3 = \backsim 1{,}8 \text{ m}.$$

Es find fonach die fchätzungsweife angenommenen Mafse der Canäle ausreichend; wenn eine Verkleinerung derfelben gewünfcht wird, fo ift fogar diefe zuläffig.

Für den Abfaugungscanal möge ein flacherer Querfchnitt erwünfcht fein, damit derfelbe bequemer in der betreffenden Wand untergebracht werden kann. Da, wie leicht zu überfehen, die zu erreichende Gefchwindigkeit in dem Abzugscanal gröfser ift, als in dem Zuführungscanal, fo mag zunächft mit dem Querfchnitt $0{,}4 \times 0{,}92$ m der Verfuch gemacht werden. Diefer Querfchnitt verlangt die Gefchwindigkeit:

$$v_4 = \frac{18\,000}{0{,}24 \cdot 20 \cdot 3600 \cdot 0{,}368} \frac{1}{1{,}2} = 2{,}36 \text{ m}.$$

Nach Formel 92. ift aber:

$$16{,}3 \left\{ 1{,}4 - 1{,}2 \right\} = 1{,}2 \left\{ 2{,}4 + 0{,}012 \cdot 16{,}3 \cdot 7{,}17 \right\} \frac{v^2}{19{,}6}, \text{ d. h.}$$

$$3{,}26 = 1{,}2 \cdot 3{,}8 \frac{v_4{}^2}{19{,}6}$$

und

$$v_4 = \backsim 3{,}7 \text{ m}.$$

Der Canalquerfchnitt darf fonach wefentlich kleiner fein, als $0{,}4 \times 0{,}92$ m. Da im vorliegenden Falle erwünfcht fein mag, den Canal möglichft flach zu erhalten, fo foll verfucht werden mit dem Querfchnitt $0{,}27 \times 0{,}92$ m auszukommen. Diefer Querfchnitt verlangt eine Gefchwindigkeit:

$$v_4 = \frac{18\,000}{0{,}24 \cdot 20 \cdot 3600 \cdot 0{,}248} \frac{1}{1{,}2} = \backsim 3{,}5 \text{ m}.$$

Die Formel 92. liefert aber eine Gefchwindigkeit, da der Auftrieb $3{,}26$ kg unverändert bleibt:

$$3{,}26 = 1{,}2 \left\{ 2{,}4 + 0{,}012 \cdot 16{,}3 \cdot 9{,}58 \right\} \frac{v_4{}^2}{19{,}6},$$

$$v_4 = 3{,}53 \text{ m},$$

d. h. der Querfchnitt $0{,}27 \times 0{,}92$ m ift zutreffend.

151.
Heizung mit Umlauf.

In vielen Fällen wird für Heizungszwecke von der Erneuerung der Luft abgefehen, vielmehr die Luft des zu beheizenden Raumes der Heizkammer behuf wiederholter Erwärmung zurückgeführt. Man nennt diefes Verfahren Heizung mit umlaufender Luft oder einfach Heizung mit Umlauf (Circulationsheizung), im Gegenfatz zur bisher befprochenen Heizung mit Lüftung (Ventilationsheizung). In Fig. 92 ift durch punktirte Linien der Rücklaufcanal angegeben. Der h_4 Meter hohe Canal, fo wie der Zuführungscanal der frifchen Luft find als abgefperrt zu betrachten oder überall hinweg zu denken.

Die Luft des Rücklaufcanales ift leichter, als die Luft des Freien; es hat diefelbe daher, da fie nach unten fich bewegen mufs, einen negativen Auftrieb. Um die Bewegung derfelben hervorzubringen und zu unterhalten, mufs an der in der Heizkammer befindlichen Mündung ein niedrigerer Druck herrfchen, als an der im Zimmer C liegenden Mündung. Dies kann dadurch erreicht werden, dafs der Druck in dem unteren Theil der Heizkammer niedriger, oder derjenige im unteren Theil des Zimmers C höher, als derjenige der freien Luft ift; es kann auch der erforderliche Ueberdruck erzielt werden, indem fowohl der eine, als auch der andere der obigen Fälle ftattfindet. Jedenfalls mufs der erforderliche Druckunterfchied durch den pofitiven Auftrieb der von der Heizkammer zum Zimmer C emporfteigenden warmen Luft hervorgebracht werden. Man kann nun den pofitiven, wie den negativen Auftrieb auf Grund des Vergleichs der Luftgewichte mit dem Gewichte der freien Luft einzeln berechnen und durch Zufammenziehen den verfügbaren Reft des pofitiven Auftriebes gewinnen, welcher den Widerftänden gegenüber zu ftellen ift, oder man kann das Canalnetz einfchliefslich Heizkammer und zu beheizendes Zimmer als ein geschlossenes Canalnetz betrachten, so dass der Auftrieb sofort aus dem Vergleiche der Luftgewichte des steigenden und des zurückführenden Theils der Canäle gewonnen wird. Letzteres Verfahren ist einfacher und soll dess-halb hier verfolgt werden.

Es liegt hier offenbar der Fall vor, der durch Fig. 68 (S. 106) versinnlicht und dessen Auftrieb durch Formel 83. ausgedrückt wurde. Indem angenommen wird, dass die Lufttemperatur zwischen dem Eintritt in das Zimmer und dem Austritt aus demselben sich so wenig verändert, dass die Veränderung vernachlässigt werden kann, gewinnt man für den verfügbaren Auftrieb den Ausdruck:

$$p = (h_3 + h_2) \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_4} - h_2 \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_2} - h_3 \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_3},$$

oder, da $t_2 = \frac{t_4 + t_3}{2}$ gesetzt werden soll,

$$p = (h_3 + h_2) \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_4} - h_2 \frac{\gamma_0}{1 + \alpha \frac{t_4 + t_3}{2}} - h_3 \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_3},$$

welcher Auftrieb in gewöhnlicher Weise den Bewegungswiderständen entgegen-zusetzen ist.

Das vorhin für Lüftungsheizung berechnete Beispiel mag nunmehr für Umlaufsheizung berechnet werden; l_5 sei $= 10^{\text{m}}$. Man gewinnt für den Auftrieb:

$$p = (2{,}2 + 2{,}4)\ 1{,}2 - 2{,}4 \cdot 1{,}16 - 2{,}2 \cdot 1{,}13 = 0{,}25^{\text{kg}}.$$

In der früheren Rechnung ergab sich für die Zuführung der Auftrieb zu $1{,}5^{\text{kg}}$. Da die Widerstände zwar verringert sind durch Wegfall des Canales für die Zuführung der kalten Luft, aber vermehrt sind durch Hinzutreten des Canales für Rückleitung der Luft, so werden dieselben sich wenig verändert haben; es müssen daher die Querschnitte wesentlich grösser gewählt werden.

Beide Querschnitte q_3 und q_5 seien daher zu $1{,}05 \times 1{,}05^{\text{m}}$, q_2 zu $1{,}2^{\text{qm}}$ und u_2 zu 8^{m} angenommen, so dass nach der Tabelle auf S. 123

$$\frac{u_2}{q_2} = 6{,}67 \text{ und } \frac{u_3}{q_3} = \frac{u_5}{q_5} = 3{,}8$$

wird. Sodann entsteht, nach 57a., 58., 59., 60. und 62., wenn $\varkappa = 0{,}006$, die Coefficienten der Widerstände in Krümmungen $= 0{,}4$ und in Gittern $= 1$ gesetzt werden:

$$p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_4} \left\{ 1 + 0{,}4 + (h_2 + h_3 - h_c)\ 0{,}012 \frac{u_5}{q_5} + 0{,}4 + l_5 \cdot 0{,}012 \frac{u_5}{q_5} \right\} \frac{v_5^2}{2g} + \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_4} \frac{v_5^2}{2g}$$

$$+ \frac{\gamma_0}{1 + \alpha \frac{t_4 + t_3}{2}} h_2 \cdot 0{,}012 \frac{u_2}{q_2} \frac{v_2^2}{2g} + \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_3} \left\{ 1 + l_3 \cdot 0{,}012 \frac{u_3}{q_3} + 0{,}4 + h_3 \cdot 0{,}012 \frac{u_3}{q_3} + 0{,}4 + 1 \right\} \frac{v_3^2}{2g}$$

oder nach Einsetzen der Zahlenwerthe und Zusammenziehen:

$$p = 1{,}2 \left\{ 2{,}8 + 12{,}7 \cdot 0{,}012 \cdot 3{,}8 \right\} \frac{v_5^2}{19{,}6} + 1{,}16 \cdot 2{,}4 \cdot 0{,}012 \cdot 3{,}8 \frac{v_2^2}{19{,}6} + 1{,}13 \left\{ 2{,}8 + 2{,}2 \cdot 0{,}012 \cdot 3{,}8 \right\} \frac{v_3^2}{19{,}6}.$$

Behuf Lösung dieser Gleichung sind zunächst die Geschwindigkeiten v_2, v_3 und v_5 zu bestimmen, welche durch die Wahl der Querschnitte bedingt werden. Sie sind, nach Formel 88. und 89. berechnet, die folgenden:

$$v_2 = 0{,}75^{\text{m}};\quad v_3 = 0{,}84^{\text{m}};\quad v_5 = 0{,}79^{\text{m}};$$

folglich:

$$p = 0{,}299^{\text{kg}},$$

d. h. die Widerstände sind grösser, als der verfügbare Auftrieb. Zur Lösung der Aufgabe wird man vielleicht die Eintrittstemperatur t_3, sonach den Temperaturunterschied $t_3 - t_4$ um einige Grade erhöhen, um den Auftrieb zu vergrössern, oder man wird Gitter und Krümmungen so construiren, dass die betreffenden Widerstands-Coefficienten kleiner ausfallen, als angenommen ist, oder endlich, man wird die Querschnitte vergrössern, womit die Geschwindigkeiten vermindert werden.

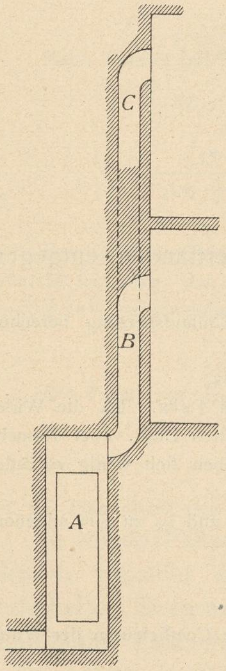
Das Beispiel wurde absichtlich in etwas anderer Weise berechnet, um zu zeigen, wie bei verschiedenen Geschwindigkeiten innerhalb des Canalnetzes verfahren wird.

Aus dem Ergebniss der Rechnung ersieht man, dass die Heizungen mit Umlauf gröſsere Canalquerſchnitte oder geringere Luftgeſchwindigkeiten bedingen, als die Heizungen mit Lüftung. Vor allen Dingen dürfte aber Jeder, welcher die Rechnung ſorgfältig verfolgt, einſehen, daſs mit ſog. Fauſtrechnungen die vorliegende Aufgabe niemals befriedigend gelöst werden kann.

152.
Zuſammengeſetzte Heizung u. Lüftung.

Wenn von einer Heizkammer aus mehrere Räume mit Wärme oder von einer Stelle aus mehrere Zimmer mit friſcher Luft verſorgt werden ſollen, ſo wird die Rechnung zuſammengeſetzter. Man hat dann dafür zu ſorgen, daſs an den Stellen, an denen mehrere Canäle in einen Raum, z. B. in die Heizkammer oder einen Hauptcanal, münden, gleiche Drücke herrſchen. Soll z. B. die Heizkammer *A* (Fig. 93) zwei Zimmer in verſchiedenen Geſchoſſen mit Wärme, bezw. Luft verſorgen, ſo iſt offenbar der Auftrieb des Canales *B* geringer, als derjenige des Canales *C*; man muſs deſshalb die Widerſtände ſo bemeſſen, daſs der Auftrieb in entſprechendem Maſse aufgezehrt wird, ſo daſs der eine Canal den anderen im Bezuge der Luft aus der Heizkammer nicht beeinträchtigt. Iſt bei beabſichtigter Leiſtung der Auftrieb des Canales *C* nach Abzug des Widerſtandes erheblich gröſser, als der eben ſo beſtimmte Reſt des Auftriebes des Canales *B*, ſo erfährt der Druck in der Heizkammer durch erſteren eine ſolche Verringerung, daſs die Geſchwindigkeit in *B* ſo weit vermindert wird, bis die erwähnten Auftriebsreſte wieder gleich werden, d. h. die Leiſtungsfähigkeit von *B* verkleinert wird, unter gleichzeitiger Erhöhung der Leiſtung des Canales *C*. Paſſende Verhältniſſe können auf dieſem Wege zum Stillſtand der Luft in *B* führen oder gar zum ſog. »falſchen Gange«, d. h. zur abſteigenden Bewegung im Canal *B*. Sobald letztere eingeleitet iſt, erhält ſie ſich ſelbſt, indem der Inhalt des Canales die Temperatur der kälteren Zimmerluft erhält. Daſſelbe kann eintreten, wenn, wie Fig. 94 darſtellt, die beiden lothrechten Canäle *B* und *C* von einem gemeinſchaftlichen Hauptcanale aus mit Luft verſorgt werden ſollen.

Fig. 93.

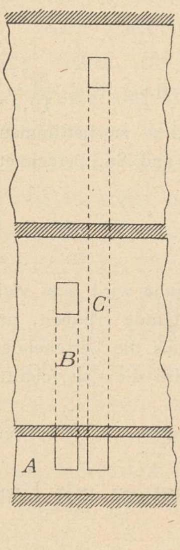


So fern ein anderes Mittel zur Bewegung der Luft verwendet wird, als der Auftrieb, ſo iſt in derſelben Weiſe zu rechnen, wie vorhin gezeigt wurde.

153.
Verzweigte Luftleitungen.

Von dem Punkte *A* (Fig. 95) aus ſoll nach den Punkten *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* und *h*, welche Punkte in verſchiedener Höhe liegen, Luft geſandt werden. Die Luftmengen, ſo wie die Temperaturen derſelben ſind bekannt; die Lage des Rohrnetzes iſt nach den örtlichen Verhältniſſen ſo gewählt, wie Fig. 95 erkennen läſst. Man berechnet alsdann die Widerſtände von einer der Canalmündungen aus rückwärts ſchreitend bis zu dem Punkte, an welchem der betreffende Canal abgezweigt wird und fährt ſo ſchrittweiſe bis zu dem Punkte *A* fort. Man ſorgt dafür, daſs an den Verzweigungspunkten gleiche Drücke verlangt werden, muſs alſo die Widerſtände, welche bis hierher gefunden waren, nach Umſtänden entſprechend vergröſsern, bezw. verringern. Beiſpielsweiſe mag bei *c* begonnen werden. Die Widerſtände von *c* über *M* bis *K* wer-

Fig. 94.



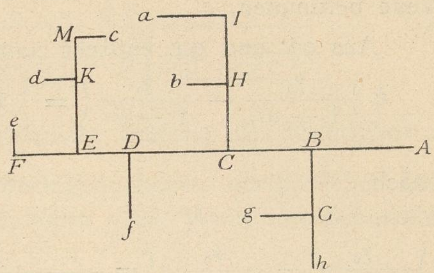


Fig. 95.

den, nach ſchätzungsweiſer Feſtſtellung der Canalquerſchnitte und unter Berückſichtigung etwaigen Auftriebes, zu p_1 berechnet. Alsdann beſtimmt man die Querſchnitte in derſelben Weiſe für die Strecke dK und zwar ſo, daſs an der Mündungsſtelle K derſelbe Widerſtand p_1 ſich ergiebt; nunmehr beſtimmt man die Widerſtände der Luftmengenſumme, die bei c und d ausſtrömen ſoll, nach Wahl der Querſchnitte etc. bis E zu p_2 und ſorgt dafür, daſs die Widerſtände von e über F bis E auch gleich $p_1 + p_2$ werden etc. Fällt dann die Summe der Widerſtände für den Punkt A gröſser aus, als die zur Verfügung ſtehende Kraft, ſo iſt das ganze Verfahren, unter Aenderung der Querſchnitte und nach Umſtänden auch der Lage der Canäle, bezw. der Temperaturen zu wiederholen, bis das gewünſchte Ergebniſs vorliegt. Selbſtverſtändlich verfährt man gerade ſo, wenn von dem Punkte A aus beſtimmte Luftmengen durch Oeffnungen abgeſogen werden ſollen, welche bei a, b . . . h ſich befinden.

Die Bewegungswiderſtände in den Rauchcanälen und Feuerungen müſsten, wollte man ſtreng verfahren, eben ſo berechnet werden, wie hier für Luftleitungen im Allgemeinen auseinandergeſetzt wurde. Die Berechnung des Widerſtandes der Luft in der Brennſtoffſchicht iſt jedoch faſt unmöglich; jedenfalls gewährt ſie keine brauchbaren Ergebniſſe. Die Rauchcanalwiderſtände ſind wegen der Unbekanntſchaft mit den Temperaturen auch nur ſehr unſicher zu beſtimmen. Man pflegt deſshalb die Widerſtände, welche die Luft im Feuer und der Rauch auf ſeinem Wege erfährt, auf Grund von Erfahrungen zu ſchätzen. Weiter unten werden hierüber einige Angaben folgen. 154. Rauchcanäle.

Die Schornſteine, auch Rauchſchlote oder Raucheſſen genannt, haben die Rauchgaſe der Feuerungen abzuführen, bezw. den zur Ueberwindung der Widerſtände nöthigen Auftrieb hervorzubringen; ſie können auf folgende Weiſe berechnet werden. 155. Rauchſchornſteine.

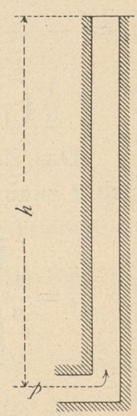


Fig. 96.

Es ſei Fig. 96 ein Schornſtein, deſſen Querſchnitt auf der ganzen Höhe gleich bleibt, deſſen Höhe h iſt und in dem t Grad warmer Rauch mit der Geſchwindigkeit v ſich bewegt. Die Temperatur der freien Luft ſei t_1 Grad und die Bewegungshinderniſſe bis zum Fuſse des Schornſteines ſeien p. Alsdann iſt der Auftrieb, da das Gewicht des Rauches annähernd dem Gewicht der Luft gleich iſt (vergl. die Tabelle in Kap. 8 unter a.) $h\left(\frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1+\alpha t}\right)$, und die im Schornſtein auftretenden Bewegungshinderniſſe ſind $\frac{\gamma_0}{1+\alpha t}\left\{1 + \varkappa . 20\, h\frac{u}{q}\right\}\frac{v^2}{2g}$; folglich muſs

$$h\left\{\frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1+\alpha t}\right\} = \frac{\gamma_0}{1+\alpha t}\left\{1 + \varkappa . 20\, h\frac{u}{q}\right\}\frac{v_2}{2g} + p \quad . \quad 93.$$

ſein, worin nach Formel 88.:

$$v = \frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\,\frac{1}{\left(\frac{\gamma_0}{1+\alpha t}\right)}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 94.$$

wenn $\mathfrak{L}$ die ſtündlich zu fördernde Rauchmenge (in Kilogr.) bedeutet.

Aus dieſen Formeln kann man die Abmeſſungen des Schornſteines in folgender Weiſe beſtimmen.

Aus 93. und 94. entſteht zunächſt:

$$h \left\{ \frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1+\alpha t} \right\} = \left\{ 1 + \varkappa \, . \, 20\, h \, \frac{u}{q} \right\} \frac{\mathfrak{L}^2}{2g\, q^2\, 3600^2 \, \dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t}} + p \, , \quad 95.$$

ſonach

$$h \left\{ \frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1+\alpha t} \right\} = \frac{\mathfrak{L}^2}{2g\, q^2\, 3600^2 \dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t}} + \frac{\varkappa \, . \, 20 \, \dfrac{u}{q} \, \mathfrak{L}^2}{2g\, q^2\, 3600^2 \, \dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t}} \, h + p \, . \quad 96.$$

oder

$$h = \frac{\mathfrak{L}^2 + 2g\, q^2\, 3600^2 \dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t}\, p}{\left(\dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t} \right) 2g\, q^2\, 3600^2 \, \dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t} - \varkappa \, . \, 20 \, \dfrac{u}{q} \, \mathfrak{L}^2} \quad . \; . \; 97.$$

Ferner aus 95.:

$$h \, \frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} \, \frac{\gamma_0}{1+\alpha t} - h \left(\frac{\gamma_0}{1+\alpha t} \right)^2 - p \, \frac{\gamma_0}{1+\alpha t} = \frac{\left(1 + \varkappa \, . \, 20\, h \, \dfrac{u}{q} \right) \mathfrak{L}^2}{2g\, q^2\, 3600^2}$$

oder

$$\left(\frac{\gamma_0}{1+\alpha t} \right)^2 - \left(\frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \frac{p}{h} \right) \frac{\gamma_0}{1+\alpha t} - \frac{\left(\dfrac{1}{h} + \varkappa \, . \, 20 \, \dfrac{u}{q} \right) \mathfrak{L}^2}{2g\, q^2\, 3600^2} = 0 \, ,$$

d. h.

$$\frac{\gamma_0}{1+\alpha t} = \frac{1}{2} \left(\frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \frac{p}{h} \right) \pm \sqrt{ \frac{1}{4} \left(\frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \frac{p}{h} \right)^2 - \frac{\left(\dfrac{1}{h} + \varkappa \, . \, 20 \, \dfrac{u}{q} \right) \mathfrak{L}^2}{2g\, q^2\, 3600^2} }$$

und

$$t = \frac{\gamma_0 \, \dfrac{1}{\alpha}}{\dfrac{1}{2} \left(\dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \dfrac{p}{h} \right) \pm \sqrt{ \dfrac{1}{4} \left(\dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \dfrac{p}{h} \right)^2 - \dfrac{\left(\dfrac{1}{h} + \varkappa \, . \, 20 \, \dfrac{u}{q} \right) \mathfrak{L}^2}{2g\, q^2\, 3600^2} }} - \frac{1}{\alpha}$$

Das Zeichen vor der Wurzel muſs poſitiv ſein, da mit dem Wachſen von $\mathfrak{L}$ auch t zunimmt, alſo iſt:

$$t = \frac{1}{\alpha} \left\{ \frac{2\gamma_0}{\dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \dfrac{p}{h} + \sqrt{ \left(\dfrac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \dfrac{p}{h} \right)^2 - \dfrac{\left(\dfrac{1}{h} + \varkappa \, . \, 20 \, \dfrac{u}{q} \right) \mathfrak{L}^2}{2g\, q^2 \, . \, 1800^2} }} - 1 \right\} . \quad 98.$$

Die Gleichung 95. läſst ſich unmittelbar auf q löſen, wenn man $\frac{u}{q}$ ſchätzungsweiſe beſtimmt und einſetzt, um demnächſt zu prüfen, ob die Schätzung eine richtige war oder nicht.

Es entſteht aus 95. ohne Schwierigkeit:

$$q = \frac{\mathfrak{L}}{3600} \sqrt{\frac{\left\{1 + \varkappa \,.\, 20\, h \frac{u}{q}\right\}}{\left[h\left\{\frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1+\alpha t}\right\} - p\right] 2g \frac{\gamma_0}{1+\alpha t}}} \quad . \quad . \quad 99.$$

Die Schätzung des $\frac{u}{q}$, so wie die nachträgliche Prüfung der Richtigkeit der Schätzung wird für Schornsteine runden, achteckigen, bezw. quadratischen Querschnittes erleichtert, indem man bedenkt, dass, wenn a die Weite des Schornsteins bezeichnet, $\frac{u}{q}$ in diesen besonderen Fällen ist:

$$\frac{u}{q} = \frac{a\pi}{\frac{a^2}{4}\pi} = \frac{4}{a}, \text{ bezw. } \frac{u}{q} = \frac{\left(\frac{8a}{1+2\cos 45^0}\right)}{\left(\frac{2a^2}{1+2\cos 45^0}\right)} = \frac{4}{a}, \text{ bezw. } \frac{4a}{a^2} = \frac{4}{a} \quad . \; 100.$$

Die Formeln 97., 98. und 99. gestatten die directe Berechnung der Schornsteinhöhe, -Temperatur und -Weite, wenn zwei dieser Werthe, bezw. für 99. das Verhältniss zwischen Fläche und Umfang des Schornsteinquerschnittes nach Schätzung angenommen werden.

156. Berücksichtigung der Rauchabkühlung.

Während der Rauch zur Mündung des Schornsteines emporsteigt, verliert derselbe eine gewisse Wärmemenge, so dass, genauer genommen, die mittlere Schornsteintemperatur $\frac{t + t_2}{2}$ für t in die vorigen Formeln eingesetzt werden muss, wobei t_2 die Temperatur an der Mündung, t wie bisher die Temperatur am Fusse des Schornsteins bezeichnet. Der Wärmeverlust darf proportional $k\,h\,u\left(\frac{t_2 + t}{2} - t_1\right)$ gesetzt werden, wenn k die Zahl der Wärmeeinheiten bezeichnet, welche stündlich eine Wand, wie die des Schornsteins, bei 1 Grad Temperaturunterschied überführt. Bezeichnet dann noch c die specifische Wärme des Rauches (durchschnittlich ist $c = 0{,}25$), so entsteht die Gleichung

$$\mathfrak{L}\,(t - t_2)\,c = k\,h\,u\left(\frac{t + t_2}{2} - t_1\right)$$

oder:

$$\left(\mathfrak{L}\,c + \frac{khu}{2}\right) t_2 = \mathfrak{L}\,tc - k\,h\,u\,\frac{t}{2} + k\,h\,u\,t_1\,,$$

woraus mit Leichtigkeit gefunden wird:

$$\frac{t_2 + t}{2} = \frac{2\,\mathfrak{L}ct + khut_1}{2\,\mathfrak{L}c + khu} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 101.$$

Benutzt man die Formel 97., d. h. geht man von bestimmten Annahmen für t und u aus, so kann man $\frac{t_2 + t}{2}$ statt t direct einflechten; dasselbe ist der Fall, wenn man die Formel 98. benutzen will.

Angesichts der geringen Leitungsfähigkeit der gemauerten Wände kann man jedoch den Einfluss der Rauchabkühlung dadurch ausgleichen, dass man t von Vornherein etwas kleiner in die Rechnung einführt, wie t wirklich sein wird, so dass man also den Temperaturverlust $t - t_2$ schätzt. Dieses Verfahren ist um so eher zulässig, als die Temperatur t_1, diejenige des Freien, im Laufe des Jahres nicht selten um 50 Grad wechselt, wodurch mindestens ein eben so grosser Einfluss geübt wird, als durch jenen Temperaturverluſt. Hierzu kommt noch, daſs nach Früherem (Art. 126, S. 99) ein Zuſchlag für das entſprechend raſche Anheizen gemacht werden muſs, alſo für den Beharrungszuſtand ein Ueberſchuſs des Auftriebes zur Verfügung ſteht.

Für Blechſchornſteine und andere metallene Schornſteine muſs dagegen der Wärmeverluſt voll berückſichtigt werden.

157. Abgekürztes Verfahren.

Früher wurde ſchon angedeutet, daſs die Berechnung des p für Rauchſchornſteine ſchwierig ſei; für dieſe iſt deſshalb ein abgekürztes Rechnungsverfahren zuläſſig, was zwar in einzelnen Fällen zu kleine, meiſtens aber zu groſse Maſse liefert.

Setzt man nämlich in Gleichung 95., bezw. 93. und 94.:

$$\frac{\left(\frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1}-\frac{\gamma_0}{1+\alpha t}\right)\frac{\gamma_0}{1+\alpha t}\,3600^2\,2g}{1+\varkappa\,.\,20\,h\,\frac{u}{q}+p\,\frac{2g}{v^2}}=\varphi^2\,,\quad\ldots\ldots\quad 102.$$

ſo entſteht:

$$h\,\varphi^2=\frac{\mathfrak{L}^2}{q^2}\,,\ \text{oder: } h=\frac{\mathfrak{L}^2}{\varphi^2\,q^2}\,;\quad\ldots\ldots\quad 103.$$

$$\mathfrak{L}=\varphi\,q\,\sqrt{h}\quad\ldots\ldots\quad 104.$$

$$q=\frac{\mathfrak{L}}{\varphi\,\sqrt{h}}\quad\ldots\ldots\quad 105.$$

Die Formeln 103., 104. und 105. ſind dieſelben, welche *Redtenbacher* aufſtellte [61]); derſelbe giebt an, dass erfahrungsmäſsig $\varphi = 924$ ſei, wofür wohl unbedenklich, der Einfachheit halber, geſetzt werden kann:

$$\varphi=1000\quad\ldots\ldots\quad 106.$$

Die Frage, ob es berechtigt iſt, φ als unveränderlich anzunehmen, mag noch kurz erörtert werden. Der Zähler des Bruches in Gleichung 102. enthält die zweifellos als unveränderlich anzuſehenden Theile $\frac{\gamma_0}{1+\alpha\,t_1}$, 3600^2 und $2\,g$, dagegen zweimal den Ausdruck $\frac{\gamma_0}{1+\alpha\,t}$, welcher veränderlich iſt. Man kann jedoch annehmen, daſs t immer gleich gewählt werden wird; alsdann iſt der ganze Zähler unveränderlich. Im Nenner ſind 1, 20 und $2\,g$ feſte Werthe, $\varkappa$ ein Erfahrungswerth, der für gleich gut angelegte Schornſteine derſelbe iſt.

Iſt q quadratiſch oder kreisrund und heiſst die Weite des Schornſteins a, ſo iſt, wie ſchon erwähnt, $\frac{u}{q}=\frac{4}{a}$, ſomit iſt $h\,\frac{u}{q}=4\,\frac{h}{a}$; es wird daher $h\,\frac{u}{q}$ conſtant, ſo fern $\frac{h}{a}$ unveränderlich iſt, und dies hat *Redtenbacher* vorausgeſetzt, indem derſelbe für die untere Weite a und die kleinere obere Weite a_1 folgende Beziehungen anwendet:

$$h=25\,a\,,\quad\ldots\ldots\quad 107.$$

$a_1 = 0{,}675\,a$, wofür geſetzt werden mag

$$a_1=0{,}7\,a\quad\ldots\ldots\quad 108.$$

Die Formeln 103. und 105. erhalten alsdann die Geſtalt:

$$a=\sqrt[5]{\left(\frac{\mathfrak{L}}{5\,\varphi}\right)^2}\ \text{ oder } a=\frac{\sqrt[5]{\mathfrak{L}^2}}{30}\quad\ldots\ldots\quad 109.$$

$$h=\frac{5}{6}\sqrt[5]{\mathfrak{L}^2}\quad\ldots\ldots\quad 110.$$

Was nun endlich das letzte Glied des Nenners $p\,\frac{2g}{v^2}$ anbetrifft, ſo iſt p, nach früheren Erörterungen, allgemein auszudrücken durch:

$$p=\mathfrak{A}\,\frac{v_x^2}{2g}\,,\ \text{ ſonach } p\,\frac{2g}{v^2}=\mathfrak{A}\,\frac{v_x^2}{v^2}\,.$$

Es iſt alſo das in Rede ſtehende letzte Glied des Nenners in Gleichung 102. immer gleich groſs, wenn die Geſchwindigkeit v_x der Luft und des Rauches von dem Eintritte der Luft in die Feuerungs-

61) Redtenbacher, F. Der Maſchinenbau. Bd. 2. Mannheim 1863. S. 330.

anlage bis zum Schornstein gleich ist der Rauchgeschwindigkeit v des Schornsteines, und wenn $\mathfrak{A}$, d. h. die Summe aller Factoren, welche mit $\frac{v_x^2}{2g}$ multiplicirt den Widerstand p bis zum Schornstein ergeben, bei allen in Frage kommenden Anlagen denselben Werth hat.

Dies ist natürlich nicht immer der Fall. Man wird voraussetzen dürfen, dass die Geschwindigkeit v_x des Rauches in den Rauchcanälen im annähernd geraden Verhältniss zur Geschwindigkeit des Rauches im Schornstein steht; jedoch ist nicht anzunehmen, dass v_x^2 proportional v^2 sei, noch weniger, dass das Quadrat der Geschwindigkeit der Luft im Brennstoff sich ähnlich ändere, als v^2; hier findet aber ein besonders grosser Widerstand statt.

Im Allgemeinen liefern die Formeln 107., 108., 109. und 110. für mittelgrosse und grosse Anlagen reichliche Werthe, während für kleine Rauchmengen $\mathfrak{L}$ die Grössen a und h ziemlich knapp ausfallen. Da jedoch kleine Schornsteine oben so weit gemacht werden, wie unten, und $h > 25\,a$ wird, wegen der Höhe der Gebäude, so ist die Formel 109. auch für kleine Rauchmengen verwendbar.

Selbstverständlich passen die soeben besprochenen Formeln nur für mittlere Verhältnisse; bei besonderen Feuerungsanlagen muss man auf die Formeln 97., 98. 99. und nach Umständen 101. zurückgreifen, so wie einen entsprechenden Zuschlag für das Anheizen (vergl. Art. 126, S. 99) gewähren.

158. Weite gewöhnl. Schornsteine.

Die Schornsteine der Kamine und der gewöhnlichen Zimmeröfen pflegt man meistens nicht zu berechnen [62]). Die Schornsteine der Kamine darf ich hier, da dieselben in Deutschland fast nur in der Form der sog. Kaminöfen, die ähnlich wie die erwähnten Zimmeröfen zu behandeln sind, Verwendung finden, unberücksichtigt lassen.

159. Russische Schornsteine.

Für Ofenheizung (und auch für Kochherdfeuerungen) werden gegenwärtig fast nur die sog. engen oder russischen Schornsteine angewendet; dieselben erhalten einen kreisrunden, quadratischen oder rechteckigen Querschnitt. Die lichte Weite solcher Schornsteine wählt man meist zwischen 12 und 25 cm; sie hängt ab von der Grösse der Feuerung, deren Rauch abzuführen ist, bezw. von der Anzahl Oefen, die an einen und denselben Schornstein angeschlossen werden. Für jeden einzuführenden Zimmerofen können hierbei ungefähr 70 qcm gerechnet werden; ein kleiner Küchenherd erfordert etwa den doppelten Schornsteinquerschnitt; für noch grössere Feuerungen muss man den Querschnitt entsprechend vermehren [63]).

Für Einzelöfen würde hiernach eine geringere Lichtweite (etwa 9 cm), als das kleinste der oben genannten Masse genügen. Die in mehreren deutschen Bauordnungen geforderte Minimalweite von 12 cm entsteht, wenn man im Mauerwerk ein Quadrat von 1/2 Stein Seitenlänge ausspart und die Innenflächen des so gebildeten Schornsteines besticht oder verputzt. Werden die Innenflächen nur ausgefugt, so ergiebt sich eine lichte Weite von 14 cm.

An einen Schornstein von 12 bis 14 cm Weite können zwei, an einen solchen von 15 cm Weite und darüber drei, bezw. mehr gewöhnliche Oefen angeschlossen werden.

Selbstverständlich muss man, sobald man möglichst enge Schornsteine verwenden will (was zweckmässig ist), auf die durch die Lage des Ofens, bezw. die Höhe des Gebäudes bedingte nutzbare Höhe des Schornsteines Rücksicht nehmen, da mit der Zunahme der nutzbaren Höhe die Leistungsfähigkeit desselben, wenn auch nicht in geradem Verhältniss wächst.

160. Besteigbare Schornsteine.

Für grössere gewerbliche Feuerstellen, so wie für offene Feuerungen sind sog. weite oder besteigbare Schornsteine in Anwendung zu bringen. Der Querschnitt

---

62) Vergl. übrigens: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités.* Paris 1880. S. 149 u. ff.

63) Vergl. BAUMEISTER, R. Normale Bauordnung. Wiesbaden 1881. §. 33, S. 48.

derſelben ſoll ein Quadrat oder ein wenig davon abweichendes Rechteck bilden und 0,2 qm groſs ſein. Wird die lichte Weite über 60cm gewählt, ſo ſind Steigeiſen anzubringen.

161. Ein Schornſtein für mehrere Oefen.

Es wurde ſchon angedeutet, daſs man mehrere Oefen an einen Schornſtein lege. Dies iſt, bei entſprechender Leiſtungsfähigkeit der Schornſteine, unbedenklich, ſo lange die Oefen in gleicher Höhe aufgeſtellt, gleichzeitig in Benutzung ſind und dafür geſorgt wird, daſs die einzelnen Rauchſtröme bei dem Eintreten in den Schornſtein einander nicht ſtören. Letzteres erreicht man durch ſteigende Lage der einzelnen in den Schornſtein mündenden Rohre oder durch verſchiedene Höhenlage der gegenüberliegenden Mündungen. Die gleichzeitige Benutzung der Oefen iſt nicht regelmäſsig durchzuführen; ſobald einer der Oefen nicht geheizt wird, tritt durch ihn vermöge der Saugkraft des Schornſteines kalte Luft in dieſen und beeinträchtigt den Auftrieb deſſelben. Gute Oefen geſtatten jedoch, wenn ihre Thüren geſchloſſen ſind, nur geringen Luftmengen den Eintritt, ſo daſs die entſtehende Störung kaum merklich iſt. So findet man, daſs vier Oefen und mehr an einen entſprechend hohen Schornſtein, der 15 bis 20cm weit iſt, mit Erfolg gelegt ſind.

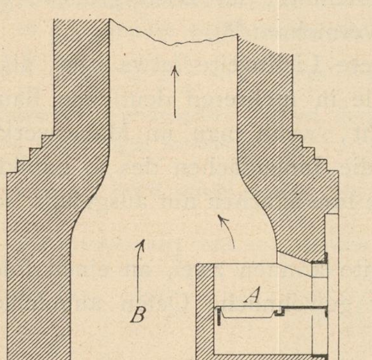
Sobald die Oefen in verſchiedenen Geſchoſſen aufgeſtellt ſind, können anderweitige entſchieden unangenehme Störungen auftreten, welche ich hier in Rückſicht auf den Raum nicht erörtern will, da ſie aus der allgemeinen Beſprechung der Bewegung der Luft in Canälen abgeleitet werden können [64]).

Im Allgemeinen iſt es ſonach am zweckmäſsigſten, jeder Feuerſtelle einen beſonderen Schornſtein zu geben, meiſtens aber unzuläſſig, in verſchiedenen Geſchoſſen befindliche Feuerungen an ein und denſelben Schornſtein zu legen.

162. Lockſchornſteine mit beſond. Feuerſtelle.

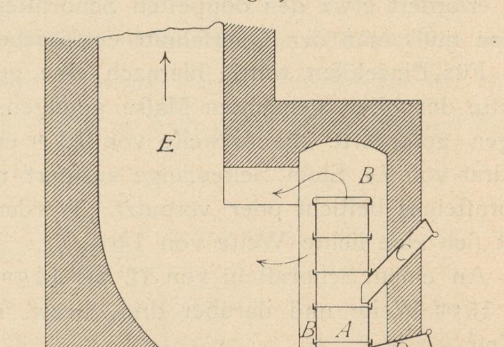
Mit den Rauchſchornſteinen ſind die Lockſchornſteine, welche beſtimmt ſind, Luft aus beſtimmten Räumen zu ſaugen (vergl. Art. 133, S. 107), ſehr nahe verwandt, weſshalb ich die Berechnung derſelben bis an dieſe Stelle aufgeſpart habe.

Fig. 97.



Lockſchornſtein mit Lockfeuer. $^1/_{100}$ n. Gr.

Fig. 98.



Lockſchornſtein mit Lockofen. $^1/_{100}$ n. Gr.

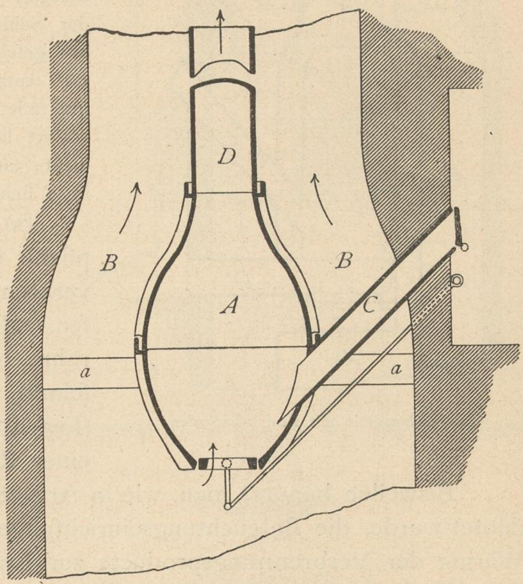
Sie beſtehen im Allgemeinen in einem Schornſtein, in welchem die abzuſaugende Luft erwärmt wird.

Fig. 97 zeigt den Durchſchnitt des unteren Theiles eines ſolchen Lockſchorn-

[64]) Vergl. MEIDINGER. Anleitung zu Verſuchen mit dem Zugapparat. Badiſche Gewbztg. 1875, S. 1.

steines. Bei *A* befindet sich eine Feuerstelle, deren Rauch sich mit derjenigen Luft mischt, welche bei *B* aufsteigt. In Folge der Mischung dieser Luft mit den heissen Feuergasen gewinnt die Gesammtheit derselben eine mittlere Temperatur, welche den Auftrieb hervorzubringen hat.

Fig. 99.



Lockschornstein mit Lockofen[65]. 1/50 n. Gr.

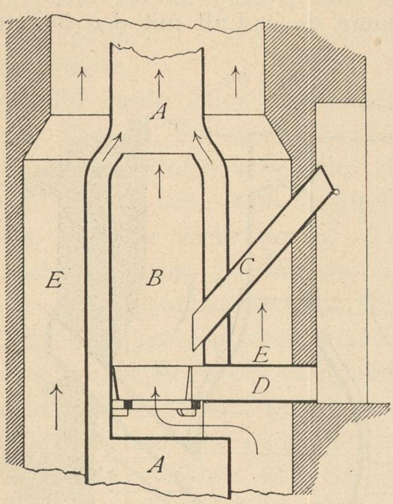
Die Anordnung der Fig. 98 ist günstiger für eine sichere Mischung des Rauches und der angesaugten Luft, also für sichere Erwärmung derselben. Zwei Canäle *B*, welche winkelrecht gegen die Bildfläche gerichtet sind (der eine derselben liegt vor der Bildfläche und ist deshalb hinweggeschnitten), führen die zu fördernde Luft gegen den Ofen *A*. Dieser besteht aus einem lothrechten eisernen Schacht, in welchen der Brennstoff (Coke) mittels der Schlote *C* eingeworfen wird, während das Reinigen des Feuers und das Speisen desselben mit Luft unter Benutzung des Halses *D* stattfindet. Die zu fördernde Luft erwärmt sich theils an den sehr warmen Wänden des Ofens; theils erfährt sie ihre Erwärmung durch den aus dem oberen offenen Ende des Ofens entweichenden Rauch. Bei *E* ist das Gemisch hergestellt.

Die Anordnungen der Fig. 97 und 98 bedingen die Zuführung der Luft für Unterhaltung des Feuers von aussen; es wird der Auftrieb des Lockschornsteines benutzt, um das Feuer anzufachen. Vielfach will man die abzusaugende Luft zur Speisung des Feuers benutzen. Alsdann ist durch einen besonderen Schornstein die Bewegung der Luft durch das Feuer zu vermitteln. Fig. 99 versinnlicht eine derartige Einrichtung[65]. Ein birnenförmiger gusseiserner Ofen, welcher mittels des Schütthalses *C* mit Brennstoff versorgt wird, ist auf zwei im Mauerwerk des Schornsteins befestigte eiserne Träger *a* gestützt. Die zur Verbrennung dienende Luft tritt durch den Boden der Birne ein, wird also der abzusaugenden Luft entnommen; die Rauchgase steigen in dem eisernen Schornstein *D* empor und mischen sich schliesslich mit der Luft, welche der Schornstein *B* enthält und welche vorher schon durch die heissen Wandungen des Ofens erwärmt wurde.

Den Rauch irgend einer Feuerungsanlage, welcher noch eine entsprechend hohe Temperatur besitzt, benutzt man ebenfalls zur Erwärmung der Lockschornsteine, indem man denselben in einem eisernen Schornstein aufsteigen lässt, welcher in dem Lockschornstein Platz gefunden hat, oder ihn mit der abzusaugenden Luft sich mischen lässt. Kann man nicht auf das Vorhandensein genügender Temperaturen rechnen, so oft der Zug- oder Lockschornstein thätig zu sein hat, so bringt man wohl einen besonders zu heizenden Lockofen an. Fig. 100 versinnlicht eine derartige Anordnung, wie sie in der *Charité* in Berlin in Gebrauch ist. 163. Erwärmung durch Rauch-Locköfen.

65) Polyt. Journ., Bd. 222, S. 15.

Fig. 100.



Lockſchornſtein mit Rauch-Lockofen.

A bezeichnet den Schornſtein für den Rauch, welcher in der Regel allein die Beheizung des Lockſchornſteines zu übernehmen hat oder doch eine erhebliche Wärmemenge zu dem Zwecke abzugeben vermag. In einer Erweiterung des Schornſteins *A* iſt der Lockofen *B* aufgeſtellt, welcher mit Hilfe der Schlote *C* mit Brennſtoff geſpeiſt, deſſen Feuer von *D* aus geſchürt und deſſen Verbrennungsluft der abzuſaugenden Luft entzogen wird. Der Rauch des Schornſteins *A* miſcht ſich mit dem Rauch des Lockofens über dem letzteren und erfährt hierdurch die erforderliche Erwärmung, welche dazu dient, unter Vermittelung der Wände des Schornſteins *A* die in *E* ſich bewegende, abzuſaugende Luft zu erwärmen.

164. Erwärmung durch Leuchtgas.

So fern Leuchtgas zur Verfügung ſteht, empfiehlt ſich zuweilen, dieſes in dem Schornſtein zu verbrennen, um den geforderten Auftrieb zu ſchaffen. Man legt die mit Brennern verſehenen Gasrohre in Schornſteine von kreisförmigem Querſchnitt in Form eines Kreiſes oder einer Spirale (Fig. 101), in rechteckige Schornſteine in Geſtalt eines Rechens (Fig. 102).

Bisweilen benutzt man, wie in Art. 28, S. 22 und Art. 85, S. 73 bereits angedeutet wurde, die Beleuchtungseinrichtungen für den gleichen Zweck, indem man die Wärme der Verbrennungsproducte zur Erzeugung des Auftriebes verwendet.

Es ſollte der Rauch der Leuchtflammen in den zur Luftabführung dienenden Schlot, welcher dicht über dem Fuſsboden mündet, geführt werden, um dieſen zu erwärmen, ſo daſs die Luftabführung möglichſt zugfrei erfolgt (vergl. Art. 117, S. 94). Bei mäſsiger Luftabführung, guter Einrichtung und ſorgfältiger Ueberwachung derſelben iſt jedoch eine theilweiſe Abſaugung durch die Decke, bezw. über den Beleuchtungsflammen zuläſſig.

Fig. 101.

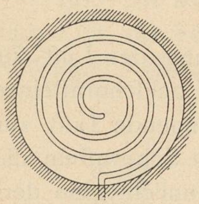
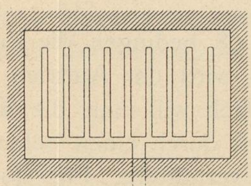


Fig. 102.



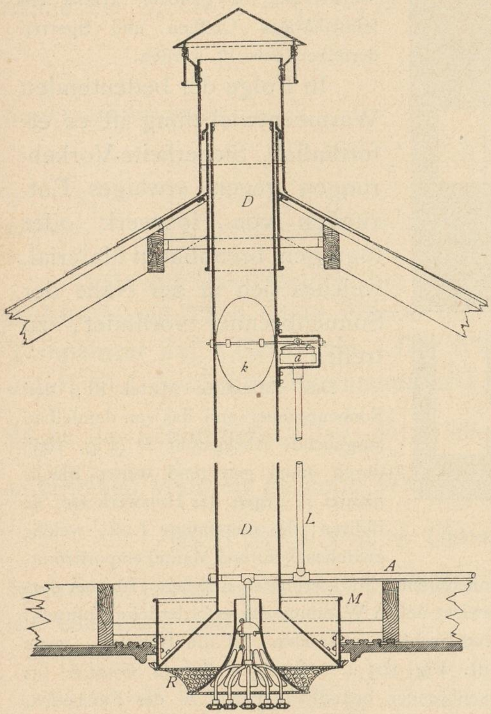
Das in Fig. 27, S. 21 dargeſtellte Globus- oder Ventilationslicht von *Rickets* erfüllt, wenn auch in geringem Maſse, dieſen Zweck, indem unmittelbar unter der Decke Luft aus dem erleuchteten Raume angeſaugt und in dem ringförmigen Raume zwiſchen den concentriſchen Rohren *D* und *E* abgeführt wird.

165. Erwärmung durch Sonnenbrenner.

Wirkſamer, aber auch leichter Zug verurſachend, iſt der in Art. 28, S. 22 vorgeführte Sonnenbrenner. Das Abzugsrohr *D* des in Fig. 29 dargeſtellten Sonnenbrenners führt nicht nur die Verbrennungsgaſe hinweg, ſondern ſaugt auch einen nicht geringen Theil der im darunter befindlichen Raume enthaltenen Luft ab; fernere nicht unbeträchtliche Luftmengen fördert der das Rohr *D* concentriſch umſchlieſsende Schacht *F*. Aehnlich wirkt die Anordnung nach Fig. 103; die anzuſaugende Luft tritt hierbei auch durch die Deckenroſette *R* in das Abführungsrohr *D* ein. An Stelle des Rohres *F* tritt bei groſsen, vielflammigen Sonnenbrennern ein weiterer Schacht *S*, der zweckmäſsig nach Art der Fig. 104 eingerichtet werden kann; alsdann iſt die Wirkſamkeit die gleiche, wie bei den vorher gedachten Lockſchornſteinen mit innen gelegenem Rauchrohr.

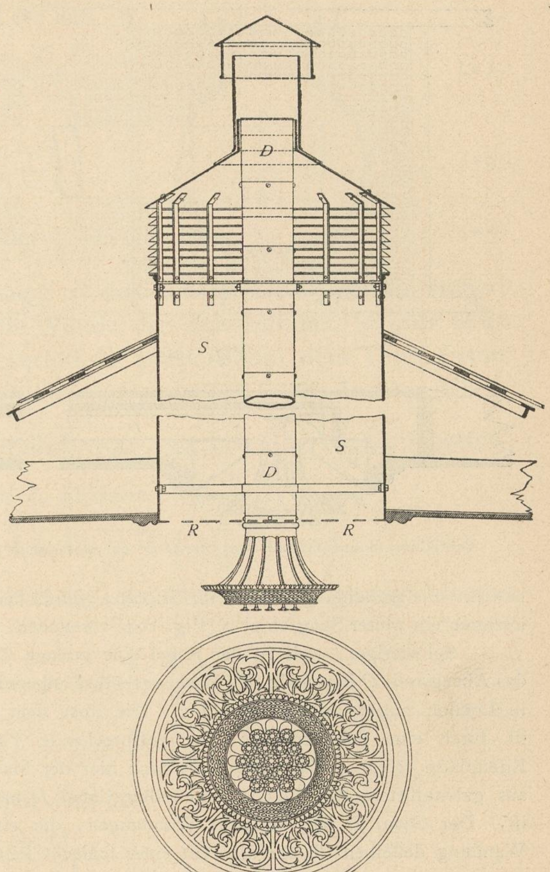
Einrichtungen, wie die eben erwähnten, können nur Anwendung finden, wenn

Fig. 103.



Ventilations-Sonnenbrenner von *Strode & Co.* in London.
1/35 n. Gr.

Fig. 104.



Ventilations-Sonnenbrenner von *Strode & Co.* in London.
1/35 n. Gr.

es ſtatthaft iſt, durch den Raum, der über dem durch Sonnenbrenner erleuchteten Locale gelegen iſt, Schlote etc. zu führen. Geht dies nicht an, ſo werden die Verbrennungsgaſe und die angeſaugte Luft zunächſt in einem horizontalen Canal *D* (Fig. 105 u. 106), welcher innerhalb der Deckenconſtruction untergebracht iſt, geführt und von hier aus in den ſeitlich gelegenen, lothrechten Saugſchlot *V* geleitet.

Solche Einrichtungen functioniren natürlich nur, wenn die Beleuchtungsflammen in Thätigkeit ſind. Brennen die letzteren nicht, ſo können durch die darüber gelegenen Abzugsrohre etc. in unerwünſchter Weiſe kalte Luftſtrömungen in den darunter befindlichen Raum Eintritt finden. Um dies zu verhüten, hat man in den gedachten Rohren Droſſelklappen oder Schieber angebracht, welche jedesmal zu ſchlieſsen ſind, ſobald die Sonnenbrenner ausgelöſcht werden. Da indeſs bei ſolcher Anordnung in Folge der Nachläſſigkeit des Bedienungsperſonals leicht Störungen und Unfälle (ſelbſt Exploſionen) eintreten können, hat man auch ſelbſtthätige Apparate angewendet.

Fig. 103 zeigt eine ſolche, der Firma *Strode & Co.* in London patentirte ſelbſtthätige Einrichtung. Vom Gaszuführungsrohr *A* zweigt ein lothrechtes Rohr *L* ab, welches in die Büchſe *a* mündet; in letzterer kann ſich eine Glocke *c* auf- und abbewegen, und durch Queckſilber iſt ein Abſchluſs des in dieſer Glocke angeſammelten Gaſes nach auſsen bewirkt. Die Glocke iſt durch eine Hebelüberſetzung mit der Droſſelklappe *k* ſo verbunden, daſs ſich letztere öffnet, ſobald erſtere emporſteigt. Findet kein Gaszufluſs ſtatt, ſo nimmt die Glocke die tiefſte Lage ein, und die Droſſelklappe *k* ſperrt das Abzugsrohr *D* ab. Soll der Sonnenbrenner functioniren und läſſt man zu dieſem Ende Gas zuſtrömen, ſo hebt ſich die Glocke und öffnet ſich dadurch die Klappe.

Iſt um das Rohr *D* ein weiterer Saugſchlot *S* (Fig. 104) angeordnet, ſo können auch in dieſem

Fig. 105.

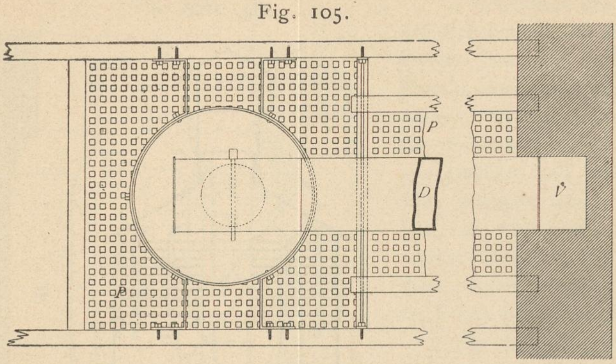
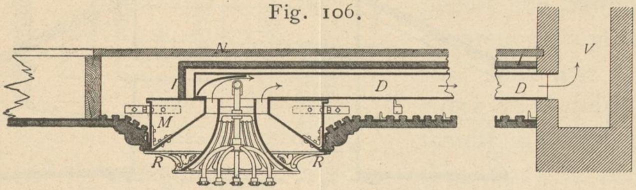


Fig. 106.



Ventilations-Sonnenbrenner von *Strode & Co.* in London. $^1/_{35}$ n. Gr.

ringförmige Verſchluſsklappen angebracht und in gleicher Weiſe ein ſelbſtthätiges Oeffnen und Sperren derſelben bewirkt werden.

In Folge der bedeutenden Wärmeentwickelung iſt es erforderlich, Sicherheits-Vorkehrungen gegen etwaiges Entzünden von Holzwerk oder ſonſtigem brennbaren Material, welches ſich in der Nähe der Sonnenbrenner vorfindet, zu treffen.

Das einfachſte Mittel iſt, den Sonnenbrenner und das von demſelben ausgehende Abzugsrohr D (Fig. 103) durch einen genügend weiten Blechmantel M gegen das Holzwerk etc. zu iſoliren; die angeſaugte Luft, welche zwiſchen Rohr und Mantel emporſtrömt, bewirkt eine Abkühlung der von ihr beſpülten, durch den Sonnenbrenner ſtark erhitzten Flächen. Iſt über dem letzteren ein weiter Saugſchlot S (Fig. 104) vorhanden, ſo bewirkt deſſen Wandung die erforderliche Iſolirung.

Schwieriger, weil in der Regel eine geringe Conſtructionshöhe vorhanden, iſt die Iſolirung, wenn das Abzugsrohr D innerhalb des Deckengebälkes angeordnet iſt. Fig. 105 u. 106 zeigen die von *Strode & Co.* in London angewandte Einrichtung. Die über dem Sonnenbrenner befindliche Partie N des Fuſsbodens iſt durch eine Schieferplatte, der entſprechende Theil P der Deckenſchalung durch eine durchlochte Eiſenplatte erſetzt. Zunächſt dient auch hier der Mantel M zur Sicherung, von dem aus ein horizontaler, aus galvaniſirtem Eiſenblech hergeſtellter Canal D nach jener Mauer führt, in der der Schlot V gelegen iſt. Der Canal D hat doppelte Wandungen, die eine Luftiſolirſchicht zwiſchen ſich laſſen; die äuſsere Wandung deſſelben iſt überdies mit einer ſchlecht leitenden Cementſchicht I bedeckt.

166. Erwärmung durch Waſſer u. Dampf.

Nicht ſelten findet die Erwärmung der Lockſchornſteine mittels ſolcher Heizkörper ſtatt, welche mit heiſsem Waſſer oder Dampf gefüllt ſind; man iſt alsdann im Stande, die Lockſchornſteine aus Holz zu machen.

167. Lockſchornſteine ohne Rauchrohr.

Wie auch die Anordnung der Lockſchornſteine ſein mag, ſo findet die Erwärmung der abzuſaugenden Luft ſtatt: an einer Stelle, oder längs eines Theiles der nutzbaren Höhe oder längs der ganzen nutzbaren Höhe deſſelben. Es laſſen ſich daher ſämmtliche Lockſchornſteine durch die drei ſchematiſchen Figuren 107, 108 und 109 verſinnlichen.

Fig. 107.

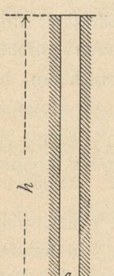


Fig. 108.

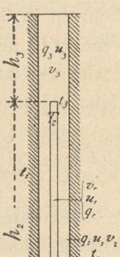
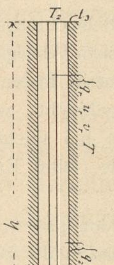


Fig. 109.



Die erforderliche Zugkraft p iſt als bekannt vorauszuſetzen; ſie wurde berechnet auf Grund der früheren Erörterungen (Art. 153, S. 126). In Fig. 107 tritt bei A zu der Luftmenge $\mathfrak{L}$, deren Temperatur t und deren Druck um p geringer iſt als derjenige der äuſseren Atmoſphäre, der Rauch, deſſen Gewicht ſtündlich Q Kilogr. und deſſen Temperatur T Grad beträgt. Die ſpecifiſche Wärme c werde für beide zu 0,24, das Gewicht γ_0 von 1 cbm Luft wie dasjenige von 1 cbm Rauch bei 0 Grad gleich 1,3 kg angenommen.

Alsdann ist die zu fördernde Gasmenge $\mathfrak{L} + Q$, sonach die Temperatur derselben bei A, da $(\mathfrak{L} + Q)\, c\, t_2 = \mathfrak{L}\, c\, t + Q\, c\, T$ ist,

$$t_2 = \frac{\mathfrak{L}\, t + Q\, T}{\mathfrak{L} + Q}; \qquad 111.$$

ferner erhält man:

$$Q = \mathfrak{L}\, \frac{t_2 - t}{T - t_2} \qquad 112.$$

so wie

$$\mathfrak{L} + Q = \mathfrak{L}\left(1 + \frac{t_2 - t}{T - t_2}\right) \text{ oder } \mathfrak{L} + Q = \mathfrak{L}\, \frac{T - t}{T - t_2} \qquad 113.$$

Während das Gemisch bis zur Mündung B des Schornsteins strömt, verliert dasselbe einen Theil seiner Wärme durch die Wände des Schornsteins, so dass seine Temperatur auf t_3 Grad sinkt. Der Wärmeverlust sei proportional dem Temperaturunterschied des Schornsteininneren und Schornsteinäusseren, ferner der inneren Oberfläche des Schornsteins $\frac{u_2 + u_3}{2}\, h$; die stündlich von 1 qm bei 1 Grad Temperaturunterschied verloren gehende Wärme heisse k, alsdann ist

$$(\mathfrak{L} + Q)\, c\, t_2 - (\mathfrak{L} + Q)\, c\, t_3 = k\, h\, \frac{u_2 + u_3}{2} \left(\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1\right),$$

woraus in derselben Weise, wie bei Entwickelung der Formel 101. gezeigt wurde, die Gleichung entsteht:

$$\frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{2\,(\mathfrak{L} + Q)\, c\, t_2 + k\, h\, \frac{u_2 + u_3}{2}\, t_1}{2\,(\mathfrak{L} + Q)\, c + k\, h\, \frac{u_2 + u_3}{2}} \qquad 114.$$

Die Geschwindigkeit v_2 bei A berechnet sich zu:

$$v_2 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{q_2 \,.\, 3600\, \frac{1}{1 + \alpha\, t_2}} \qquad 115.$$

und diejenige an der Mündung des Schornsteins zu

$$v_3 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{q_3 \,.\, 3600\, \frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_3}} \qquad 116.$$

Indem man auf Grund der Ausdrücke die Bewegungshindernisse und den Auftrieb berechnet, zu ersteren p addirt und den Ausdruck für den Auftrieb demjenigen für alle Bewegungshindernisse einschliesslich p entgegensetzt, erhält man eine Gleichung, welche behuf Auffindung von h oder q oder T etc. zu lösen wäre. Dieselbe wird, wie leicht zu übersehen, sehr zusammengesetzt, weshalb vorzuziehen ist, vorläufig den Temperaturverlust $t_2 - t_3$ nicht zu berechnen, sondern zunächst durch Schätzung zu berücksichtigen, auch $q_2 = q_3$, $u_2 = u_3$, $v_2 = v_3$ zu setzen.

Die Formeln 97. und 99. sind dann ohne Weiteres zu verwenden, nachdem für t das Zeichen t_2, für $\mathfrak{L}$ die Summe $\mathfrak{L} + Q$, für u und q die Grössen u_2, bezw. q_2 eingeführt sind. Dieselben lauten alsdann:

$$h = \frac{(\mathfrak{L} + Q)^2 + 2\, g\, q_2^2 \,.\, 3600^2\, \frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_2}\, p}{\left(\frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_1} - \frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_2}\right) 2 g\, q_2^2 \,.\, 3600^2\, \frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_2} - \varkappa \,.\, 20\, \frac{u_2}{q_2}\, (\mathfrak{L} + Q)^2} \qquad 117.$$

und

$$q = \frac{\mathfrak{L} + Q}{3600} \sqrt{\frac{\left(1 + \varkappa \,.\, 20\, h \frac{u_2}{q_2}\right)}{\left[h \left\{\frac{\gamma_0}{1+\alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1+\alpha t_2}\right\} - p\right] 2 g \frac{\gamma_0}{1+\alpha t_2}}} \quad . \quad 118.$$

Das rechnerifche Verfahren mag noch durch ein Beifpiel erläutert werden.

Der Widerftand bis zum Fufse eines Schornfteins, welcher ftündlich $\mathfrak{L} = 7200^{\mathrm{kg}}$ Luft der Temperatur $t = 20$ Grad fördern foll, fei zu $p = 8^{\mathrm{kg}}$ auf Grund der früheren Erörterungen gefunden. Die Erwärmung foll mittels Cokefeuer ftattfinden; fonach darf (vergl. die Tabelle in Kap. 8 unter a.), da eine gute Ausführung vorausgefetzt wird, auf eine Rauchtemperatur von 1300 Grad gerechnet werden. In Rückficht auf den unvermeidlichen Wärmeverluft durch die Wände des Schornfteines foll jedoch vorläufig $T = 1200$ Grad gefetzt werden. Der Schornftein foll auch an heifsen Sommertagen, nämlich bei $t_1 = + 30$ Grad im Freien die genannte Luftmenge fördern. Die örtlichen Verhältniffe mögen räthlich erfcheinen laffen, dafs der Schornftein etwa 45^{m} hoch wird; $\varkappa$ fei $= 0{,}001$; t_2 werde zu 100 Grad angenommen. Alsdann berechnet fich mit Hilfe der Gleichung 113.

$$\mathfrak{L} + Q = \mathfrak{L} \frac{T - t}{T - t_2} = 7200 \frac{1200-20}{1200-100} = 7724^{\mathrm{kg}}.$$

Der Schornftein foll quadratifchen Querfchnitt erhalten, $\frac{u_2}{q_2}$ werde $= 4{,}4$ gefchätzt; fodann wird nach 118.

$$q = \frac{7724}{3600} \sqrt{\frac{1 + 0{,}001 \,.\, 20 \,.\, 45 \,.\, 4{,}4}{\left\{45\,(1{,}16 - 0{,}95) - 8\right\} 19{,}6 \,.\, 0{,}95}}$$

$$q_2 = 0{,}92^{\mathrm{qm}}, \quad a = 0{,}96^{\mathrm{m}}.$$

$\frac{u_2}{q_2} = 4{,}2$; fonach ift $\frac{u_2}{q_2}$ um Weniges zu ungünftig gewählt. Würde man grofsen Werth auf eine etwas geringere Schornfteinweite legen, fo wäre $\frac{u_2}{q_2}$ verfuchsweife zu $4{,}3$ anzunehmen und wie vorhin zu verfahren fein.

Zur Prüfung des Rechnungsergebniffes möge Gleichung 117. benutzt werden. Es ift:

$$h = \frac{7724^2 + 19{,}6 \,.\, 0{,}92^2 \,.\, 3600^2 \,.\, 0{,}95 \,.\, 8}{(1{,}16 - 0{,}95)\, 19{,}6 \,.\, 0{,}92^2 \,.\, 3600^2 \,.\, 0{,}95 - 0{,}001 \,.\, 20 \,.\, 4{,}2 \,.\, 7724^2} = 44{,}7^{\mathrm{m}}.$$

Man fieht hieraus, dafs die zu ungünftige Schätzung des $\frac{u_2}{q_2}$ die Möglichkeit gewährt, die Schornfteinhöhe $0{,}3^{\mathrm{m}}$ geringer als urfprünglich geplant zu machen.

Der im Gebäude unterzubringende Schornftein würde nach dem nächftliegenden Steinmafse eine etwas gröfsere Weite — vielleicht $1{,}05^{\mathrm{m}}$ — erhalten; würde dagegen der Schornftein freiftehend ausgeführt werden follen, fo würde man denfelben zur Erreichung der nöthigen Stabilität wahrfcheinlich unten weiter machen. Es fei beifpielsweife die Mündungsweite $a_3 = 0{,}92^{\mathrm{m}}$ genommen, dagegen die Weite am Fufs $a_2 = 1{,}18^{\mathrm{m}}$ gewählt, ferner die durchfchnittliche Wandftärke zu $0{,}51^{\mathrm{m}}$ beftimmt. Die Innenfläche ift alsdann $\frac{0{,}92 + 1{,}18}{2}\, 4 \,.\, 45 = 189^{\mathrm{qm}}$, die Aufsenfläche etwa doppelt fo grofs. Wird der Wärmeverluft der Innenfläche proportional gefetzt, fo mufs bei dem vorliegenden abgekürzten Verfahren das k (vergl. Art. 72, S. 65) für eine Wand von 2 Steinftärken $1^1/_2$-fach genommen werden, fo dafs im heifsen Sommer der Wärmeverluft $= 1{,}65 \,.\, 189\,(100 - 30) = \backsim 21\,800$ Wärmeeinheiten. Der gefchätzte Wärmeverluft betrug aber $100 \,.\, 524 \,.\, 0{,}24 = 12\,570$ Wärmeeinheiten, d. h. der Wärmeverluft ift nicht unerheblich gröfser, als angenommen. Die Mafse des Schornfteins wurden nun berechnet nach $+ 30$ Grad Aufsentemperatur; fobald diefe finkt, wächst der Auftrieb und zwar in höherem Mafse als der Temperaturverluft. Man wird defshalb einen gröfseren Brennftoffverbrauch für die warmen Sommertage fich gefallen laffen, welcher für $t_1 = 30$ Grad nicht, wie bisher, nur 524^{kg} Rauchgafe, fondern $524 + \frac{21800 - 12570}{0{,}24 \,.\, 1300} = 524 + \backsim 30^{\mathrm{kg}} = 554^{\mathrm{kg}}$ zu erzeugen hat, fo dafs ftatt (vergl. Tab. in Kap. 8 unter a.) $\frac{524}{21{,}5} = 24{,}4$ nunmehr $\frac{554}{21{,}5} = 25{,}7^{\mathrm{kg}}$ Coke ftündlich gebraucht werden, oder man wird die ganze Rechnung nochmals vornehmen.

Die Berechnung der zweiten Lockſchornſteinart, welche Fig. 108 verſinnlicht, iſt weniger einfach; ſie iſt ohne weit gehende Schätzungen nicht durchzuführen, weſshalb hier zunächſt die Berechnung des Schornſteins, welchen Fig. 109 darſtellt, erörtert werden ſoll, um auf Grund der gewonnenen Ergebniſſe im Verein mit denjenigen des bereits behandelten Schornſteins das Verfahren für den erſtgenannten Schornſtein abkürzen zu können. 168. Lockſchornſtein mit ganzem Rauchrohr.

Auch die Berechnung des Lockſchornſteins, in welchem die Erwärmung der Luft längs der ganzen Höhe ſtattfindet, bedingt eine Zahl ſchätzungsweiſe gewählter Werthe, die, nachträglich geprüft, nach Umſtänden anders gewählt werden müſſen.

Es bezeichnen (vergl. Fig. 109), ähnlich wie bisher, h die Höhe des Schornſteins (in Met.), q_2 den freien Querſchnitt deſſelben, u_2 den mittleren Umfang desſelben, der zuſammengeſetzt iſt aus dem Umfang u_r (q_r) des Rauchrohres und dem inneren Umfang des eigentlichen Schornſteins, v_2 die mittlere Geſchwindigkeit der Luft, t die Anfangs-, t_3 die End-, t_2 die mittlere Temperatur der zu fördernden Luft, wobei $t_2 = \frac{t + t_3}{2}$ iſt, $\mathfrak{L}$ die ſtündlich zu fördernde Luftmenge (in Kilogr.), T_1 die Anfangs-, T_2 die Endtemperatur und Q das Gewicht des Rauches, F die Heizfläche des Rauchrohres $= h\,u_r$ und t_1 die Temperatur der freien Luft. Alsdann iſt der zur Verfügung ſtehende Auftrieb (vergl. Gleichung 83., S. 106):

$$= \gamma_0 \left\{ \frac{-h}{1 + \alpha \frac{t + t_3}{2}} + \frac{h}{1 + \alpha\, t_1} \right\} \text{ oder } = h \left\{ \frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_1} - \frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_2} \right\}.$$

Der im Schornſtein zu überwindende Widerſtand, einſchlieſslich des am Fuſse deſſelben auftretenden $\left(\frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t} \frac{v^2}{2g} \right)$ iſt, wenn man im letzteren Ausdrucke $t = t_2$ annimmt, unter Benutzung der Gleichung 57_a. (S. 96)

$$= \frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_2} \left\{ 1 + 20\, \varkappa\, h \frac{u_2}{q_2} \right\} \frac{v^2}{2g}$$

Hierzu tritt der beſonders berechnete Widerſtand p, welcher jenſeits des Schornſteinfuſses überwunden werden muſs, ſo daſs

$$h \left\{ \frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_1} - \frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_2} \right\} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_2} \left\{ 1 + 20\, \varkappa\, h \frac{u_2}{q_2} \right\} \frac{v_2^2}{2g} + p \quad . \quad 119.$$

Nach Gleichung 88. (S. 121) iſt $v_2 = \frac{\mathfrak{L}}{3600\, q_2} \frac{1 + \alpha\, t_2}{\gamma_0}$ . . . . . . 120.

Man muſs nun, mit Hilfe des bekannten p, der gewählten Temperaturen t_1 und t_3 und des ſeiner Gröſse nach geſchätzten Ausdrucks $\frac{\gamma_0}{1 + \alpha\, t_2} \left\{ 1 + 20\, \varkappa\, h \frac{u_2}{q_2} \right\} \frac{v_2}{2g}$ aus 119. vorläufig h berechnen.

Es iſt ferner die zur Hervorbringung der Temperatur t_3 erforderliche Wärmemenge:

$$(t_3 - t)\, \mathfrak{L} \,.\, 0{,}24 = (T_1 - T_2)\, Q \,.\, 0{,}24 = W \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 121.$$

Auch hier iſt T_2 zu ſchätzen, ſo daſs, da T_1 bekannt iſt,

$$Q = \mathfrak{L} \frac{t_3 - t}{T_1 - T_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 122.$$

Zur Berechnung der Fläche F des Rauchrohres, welche die Wärmemenge W zu übertragen hat, dient Gleichung 38. (S. 57), welche hier lautet:

$$F = \frac{W}{k} \, \frac{1}{\left(\frac{T_1 + T_2 - (t + t_3)}{2}\right)}$$

oder, da $u_r \, h = F$,

$$u_r = \frac{(t_3 - t) \, \mathfrak{L} \, . \, 0{,}24}{k \left\{\frac{T_1 + T_2 - t - t_3}{2}\right\} h} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 123.$$

Mit Hilfe von Q aus 122. und h aus 119., fo wie des als bekannt voraus-zufetzenden Widerftandes, welchen der Rauch bis zum Fufse des Schornfteines findet, und einer vorläufigen Annahme der Querfchnittsform ift inzwifchen q_r berechnet worden (vergl. Gleichung 99., S. 129), worauf zu vergleichen ift, ob die berechneten Umfang u_r und Querfchnitt q_r in Uebereinftimmung zu bringen find mittels eines glatten runden oder gerippten runden Rauchrohrquerfchnittes (Fig. 110) oder eines Querfchnittes, welcher gewonnen wird, indem man gerippte oder glatte Wände in dem gemauerten Schornftein anbringt (Fig. 111), wobei nicht zu überfehen ift, dafs ein gröfserer als der berechnete Querfchnitt q_r nicht fchadet, fo lange man innerhalb einer mäfsigen Vergröfserung bleibt.

Fig. 110.

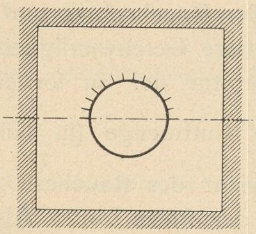
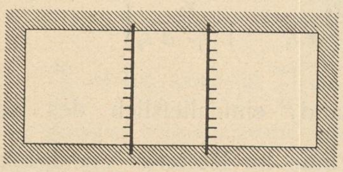


Fig. 111.



Nunmehr liefern die Formeln 119. und 120. Anhalt zu weiterer Rechnung, indem man $\frac{u_2}{q_2}$ vorläufig fchätzt. Man erhält aus denfelben zunächft:

$$h \left\{\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_2}\right\} - p = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_2} \left\{ 1 + 20 \, \varkappa \, h \, \frac{u_2}{q_2} \right\} \frac{\mathfrak{L}^2}{3600^2 \, q_2^{\,2} \, . \, 2 g \left(\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_2}\right)^2}$$

und ferner:

$$q_2 = \frac{\mathfrak{L}}{3600} \sqrt{\frac{1 + 20 \, \varkappa \, h \, \frac{u_2}{q_2}}{\left\{ h \left(\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1} - \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_2}\right) - p \right\} 2 g \, \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_2}}} \quad . \; . \quad 124.$$

Man hat zunächft zu prüfen, ob $\frac{u_2}{q_2}$ dem gefchätzten Werth entfpricht und ferner, ob q_2 überhaupt brauchbar ift, fonach unter Umftänden die Rechnung zu wiederholen.

Die Bedingungen des vorigen Beifpiels mögen im Allgemeinen der Berechnung eines Lockfchornfteines nach Fig. 109 zu Grunde gelegt werden, d. h. es follen ftündlich $\mathfrak{L} = 7200$ kg Luft, die $t = 20$ Grad warm ift, bei der Temperatur $t_1 = + 30$ Grad des Freien und dem Widerftande $p = 8$ kg am Fufse des Schornfteines gefördert werden. Aus dem Vergleiche der Formel 119. mit der früher benutzten Gleichung 93. und den Rechnungsergebniffen des früheren Beifpieles ergiebt fich fofort, dafs man t_2 etwa fo grofs machen mufs, als die früher gewählte Endtemperatur, alfo etwa $= 100$ Grad, fo dafs $t_3 = 2 \, t_2 - t$ alfo $t_3 = 180$ Grad wird.

Es werde alsdann $\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_2} \left\{ 1 + 20 \, \varkappa \, h \, \frac{u_2}{q_2} \right\} \frac{v_2^{\,2}}{2 g}$ zu $1{,}45$ kg gefchätzt, fo dafs:

$$h \left\{ 1{,}16 - 1{,}95 \right\} = 1{,}45 + p \quad \text{und} \quad h = 45 \text{ m wird.}$$

Um noch eine nennenswerthe Wärmeüberführung in den oberen Theilen des Rauchrohres zu erhalten, wird T_2 mindestens $= 200$ Grad sein müssen. T_1 werde aus früher erörterten Gründen, und weil der Wärmeverlust wegen der voraussichtlich grösseren Weite des gemauerten Schornsteins gegenüber dem früher berechneten grösser ausfallen wird, zu nur 1100 Grad angenommen; sodann gewinnt man aus 122.:

$$Q = 7200 \frac{180 - 20}{1100 - 200} = 1280^{\text{kg}},$$

und aus 121.: $W = (180 - 20)\ 7200 \cdot 0{,}24 = 276\,480$ Wärmeeinheiten.

Wählt man nun, nach der Tabelle S. 66, den Coefficienten k (Wärmeüberführung aus Rauch durch glatte gusseiserne Wand in Luft) zu 9, so wird nach Formel 123.

$$u_r = \frac{276\,480}{9 \left\{ \frac{1300 - 200}{2} \right\} 45} = 1{,}24^{\text{m}}.$$

Das Feuer befindet sich am oder im Fusse des Schornsteins; somit ist der Widerstand, welchen der Rauch findet, gering, und ein kreisförmiger Rauchrohrquerschnitt, dessen Durchmesser $0{,}4^{\text{m}}$ dem berechneten Umfange entspricht, zur erfolgreichen Abführung des Rauches genügend, so dass in diesem Falle die Rechnung erspart werden kann.

$\frac{u_2}{q_2}$ werde nunmehr zu $5{,}5$ geschätzt, alsdann ist nach 124.

$$q_2 = \frac{7200}{3600} \sqrt{\frac{1 + 20 \cdot 0{,}001 \cdot 45 \cdot 5{,}5}{\left[45 \left\{1{,}16 - 0{,}95\right\} - 8\right] 19{,}6 \cdot 0{,}95}} = 0{,}94^{\text{qm}}.$$

Ein quadratischer Schornstein erhielte sonach, unter Berücksichtigung des vom Rauchrohr eingenommenen Querschnittes, die Weite $a = 1{,}0^{\text{m}}$, so dass

$$\frac{u_2}{q_2} = \frac{1{,}0 \cdot 4 + 1{,}24}{0{,}94} = 5{,}58$$

wird. Es war also $\frac{u_2}{q_2}$ richtig geschätzt. Die Controlerechnung in Bezug auf die Wärmeverluste mag hier unterlassen bleiben; aufmerksam mache ich jedoch auf den Brennstoffverbrauch.

Der Lockschornstein mit unmittelbarer Mischung von Luft und Rauch gebrauchte (vergl. S. 138) 524^{kg} Rauch und $\frac{524}{21{,}5} = 24{,}4^{\text{kg}}$ Coke; der Lockschornstein mit ganzem Rauchrohr verlangt dagegen: 1280^{kg} Rauch und $\frac{1280}{21{,}5} = \backsim 60^{\text{kg}}$ Coke in jeder Stunde. Derselbe ist sonach wesentlich theuerer zu unterhalten, als ein Schornstein, in welchem sich Rauch und Luft unmittelbar mischen.

169. Lockschornstein mit kurzem Rauchrohr.

Was nun endlich den Lockschornstein mit kurzem Rauchrohr (Fig. 108) betrifft, so kann ich mich hier mit allgemeinen Anführungen begnügen. Man berechnet den oberen Theil h_3 zunächst nach den zum ersten Schornstein (Fig. 107) gegebenen Regeln, indem man einen Theil des p schätzungsweise der Höhe h_2 zu bewältigen überlässt. Hierdurch gewinnt man einen Anhalt für die erforderliche Rauchmenge, so wie die Temperaturen des Rauches. Nunmehr berechnet man den Theil h_2 und vergleicht, ob die gemachten Annahmen zulässig waren oder nicht, und wiederholt nach Umständen das Verfahren so oft, bis befriedigende Uebereinstimmung erzielt wird. Zu vergessen ist nicht, dass häufig die zur Verbrennung dienende Luft der Luftmenge $\mathfrak{L}$ entnommen wird (vergl. Fig 99 und 100), so dass sich $\mathfrak{L}$ um einiges verringert.

Wenn Rauch, welcher bereits zu anderen Zwecken verwendet wurde, bestimmt ist, einen Theil seiner Wärme zur Erwärmung der abzusaugenden Luft herzugeben, so kennt man sowohl die Rauchmenge, als auch die Rauchtemperatur und hat hiernach zu berechnen, was mit der verfügbaren Wärmemenge zu erreichen ist.

170. Vergleich der drei Anordnungen.

Der Betrieb der Lockschornsteine mit Rauchrohr ist, wie durch ein Beispiel erörtert wurde, bei weitem kostspieliger, als der Betrieb solcher, in denen die Erwärmung der Luft sofort bei ihrem Eintritte in den Schornstein nahezu an einem Punkte erfolgt. Die Betriebskosten des Lockschornsteins mit kurzem Rauchrohr fallen zwischen diejenigen der beiden vorher genannten Schornsteinarten.