

Gewicht des Schaftes $G = 199\,784$ kg.
 Querschnitt der Schaftsohle $f = 51\,648$ qcm.
 Druckspannung durch das Eigengewicht

$$\sigma_0 = \frac{G}{f} = \frac{199\,784}{51\,648} = 3,87 \text{ kg/qcm.}$$

Angriffsfläche des Winddruckes

$$F = (R_u + R_o) h = 2,67 \cdot 39 = 104,13 \text{ qm.}$$

Schwerpunktshöhe

$$s = \frac{h}{3} \frac{R_u + 2 R_o}{R_u + R_o} = \frac{39}{3} \cdot \frac{1,67 + 2}{1,67 + 1} = 17,87 \text{ m.}$$

Winddruck:

$$\text{(bei } \mathfrak{B} = 125 \text{ kg/qm)} \quad P = 0,67 \cdot 125 \cdot 104,13 = 8\,721 \text{ kg,}$$

$$\text{(bei } \mathfrak{B} = 150 \text{ kg/qm)} \quad P' = 0,67 \cdot 150 \cdot 104,13 = 10\,465 \text{ kg.}$$

Moment des Winddruckes:

$$\text{(bei } \mathfrak{B} = 125 \text{ kg/qm)} \quad M = P \cdot s = 8\,721 \cdot 17,87 = 155\,844 \text{ m/kg,}$$

$$\text{(bei } \mathfrak{B} = 150 \text{ kg/qm)} \quad M' = P' \cdot s = 10\,465 \cdot 17,87 = 187\,010 \text{ m/kg.}$$

Widerstandsmoment des Querschnittes

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{167^4 - 107^4}{167} = 3\,020\,000 \text{ cm}^3.$$

Daraus ergibt sich für M' die Biegungsbeanspruchung

$$\sigma = \frac{M'}{W} = \frac{18\,701\,000}{3\,020\,000} = 6,2 \text{ kg/qcm}$$

und die Gesamtspannungen:

$$\sigma' = \sigma_0 - \sigma = -2,33 \text{ kg/qcm (Zug),}$$

$$\sigma'' = \sigma_0 + \sigma = +10,07 \quad \text{,, (Druck).}$$

Diese treten jedoch nicht auf, wenn die Fugen klaffen; für diesen Fall sei die große Kantenpressung σ_m berechnet.

a) Mit Hilfe der Zahlentafeln Nr. 57 und 58.

Es beträgt der Ausschlag des Druckmittelpunktes:

$$\text{(für } \mathfrak{B} = 125 \text{ kg/qm)} \quad a = \frac{M}{G} = \frac{155\,844}{199\,784} = 0,78 \text{ m,}$$

$$\text{(für } \mathfrak{B} = 150 \text{ kg/qm)} \quad a' = \frac{M'}{G} = \frac{187\,010}{199\,784} = 0,936 \text{ m.}$$

Man findet nun aus Zahlentafel Nr. 57 für

$$\frac{a'}{R_u} = \frac{0,936}{1,67} = 0,56$$

und für

$$\frac{r_u}{R_u} = \frac{1,07}{1,67} = 0,64$$

durch Interpolation den Wert

$$\frac{z}{R} = 1,398,$$

woraus

$$z = 2,36 \text{ m,}$$

d. h. die Nullachse liegt um 0,69 m links von der Mitte, da dies hiermit für $\mathfrak{B} = 150$ kg/qm nachgewiesen ist, so ist die Bedingung, daß bei 125 kg Winddruck die Fugen nicht weiter als bis zur Mitte klaffen dürfen, reichlich erfüllt.

Aus Zahlentafel Nr. 58 findet man ebenfalls für $\frac{a'}{R_u} = 0,56$ und

$$\frac{r_u}{R_u} = 0,64$$

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_0} = 2,98$$

und

$$\sigma_m = 2,98 \cdot 3,87 = 11,5 \text{ kg/qcm;}$$

zulässig sind 12 bis 15 kg/qcm.

b) Berechnung nach Gl. (73) und (74).

Es ist die Größe des Kernhalbmessers für den Kreisring:

$$k = \frac{1}{4} 1,67 \left(1 + \frac{1,07^2}{1,67^2} \right) = 0,59 \text{ m,}$$

$$\sigma' = \sigma_0 \left(1 - \frac{a}{k} \right) = 3,87 \left(1 - \frac{0,936}{0,59} \right) = -2,28 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma'' = \sigma_0 \left(1 + \frac{a}{k} \right) = 3,87 \left(1 + \frac{0,936}{0,59} \right) = 10 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_m = \sigma'' + \sigma' \left(\frac{a - k}{c - k} \right)^2,$$

worin

$$c = \frac{R}{2} + \frac{r}{4} = \frac{1,67}{2} + \frac{1,07}{4} = 1,102 \text{ m,}$$

$$\sigma_m = 10 + 2,28 \left(\frac{0,936 - 0,59}{1,102 - 0,59} \right)^2 = 11,2 \text{ kg/qcm.}$$

Durch $c > a$ ist die Bedingung, daß die Fugen nicht weiter als bis zur Mitte klaffen, erfüllt.

In derselben Weise werden die Lagerfugen an den übrigen Abstufungen untersucht.

Für die Fundamentsohle beträgt:

das Gesamtgewicht $G_2 = 310\,771$ kg,

das Winddruckmoment $M_2 = 195\,000$ m/kg,

der Ausschlag des Druckmittelpunktes $a_2 = \frac{195\,000}{310\,771} = 0,63$ m,

der Kernhalbmesser der kreisförmigen Grundplatte von $R_2 = 2,8$ m Halbmesser

$$k_2 = \frac{R_2}{4} = 0,7 \text{ m.}$$

Da kein Abheben vom Boden erfolgen darf, muß der Druckmittelpunkt innerhalb des Kernes bleiben, was durch $a_2 < k_2$ erfüllt ist.

Die Druckspannung durch Eigengewicht ist

$$\sigma_0 = \frac{G_2}{\pi R_2^2} = \frac{310\,771}{246\,301} = 1,26 \text{ kg/qm.}$$

Die größte Kantenpressung am Rande der Grundplatte

$$\sigma' = \sigma_0 \left(1 + \frac{a_2}{k_2} \right) = 1,26 \left(1 + \frac{0,63}{0,7} \right) = 2,4 \text{ kg/qm.}$$

XIV. Beseitigung der Flugasche.

1. Die Flugaschenablagerung

wird innerhalb der Kesselanlage besonders dort recht unangenehm empfunden, wo die Ablagerungen die Kesselheizflächen verdecken und so die Wärmeübertragung an den Kesselinhalt teilweise verhindern. Beobachtet man beispielsweise einen Flammrohrkessel nach stattgefundener Reinigung, so findet man oft schon nach 2- bis 3wöchiger Betriebszeit die Flammrohre stellenweise bis zur Hälfte mit Flugasche verlegt (Fig. 356).

Vorgenommene Messungen hinter den Flammrohren

haben ergeben, daß bei verlegten Feuerrohren die Temperatur der Heizgase allmählich um etwa 50° C gegenüber reinen Heizflächen zunimmt, was dadurch erklärlich wird, daß nach und nach etwa 20 v. H. der Flammrohrheizfläche mit Flugasche belegt bzw. fast unwirksam gemacht werden. Die Folge davon sind erhöhte Beanspruchung der übrigen reinen Heizfläche und dadurch vermehrte Verluste durch Strahlung und Abgase im Schornstein, da die Heizgase nunmehr mit höherer Temperatur die Außenzüge bestreichen, die nur auf einer Seite von nutzbringender Heizfläche gebildet werden.

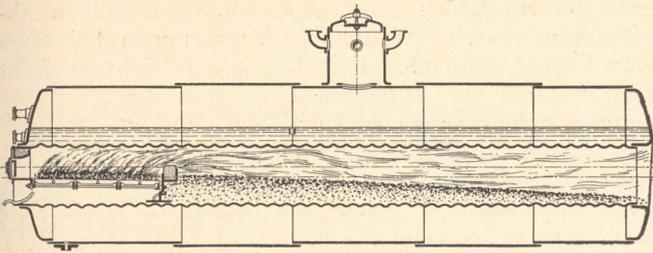


Fig. 356. Flammrohrkessel ohne Feuerrohreinsetzung.

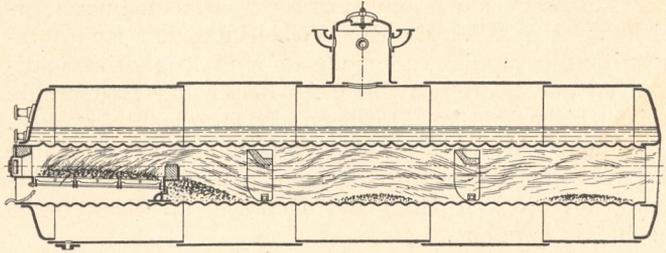


Fig. 357. Flammrohrkessel mit Feuerrohreinsetzung.

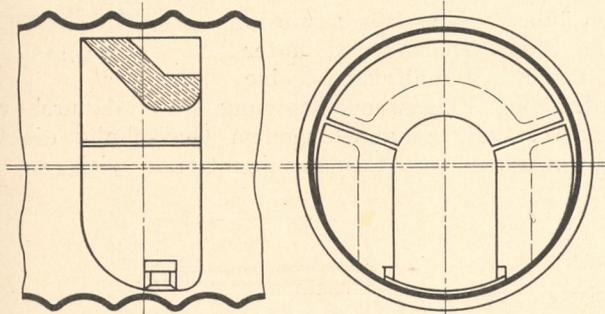


Fig. 358. Flammrohreinsetzung aus ff. Steinen. D. R. G. M. Nr. 190101. Ausführung: Dingersche Maschinenfabrik, A.-G., Zweibrücken.

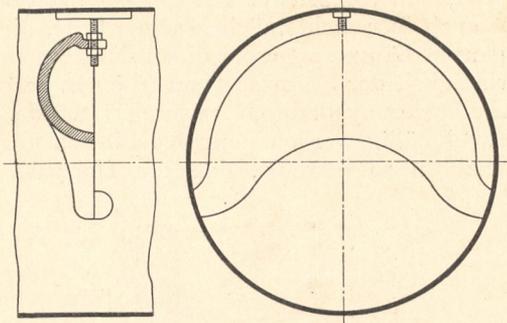


Fig. 359. Flammrohreinsetzung aus Gußeisen. Ausführung: Otto Thost, G. m. b. H., Zwickau.

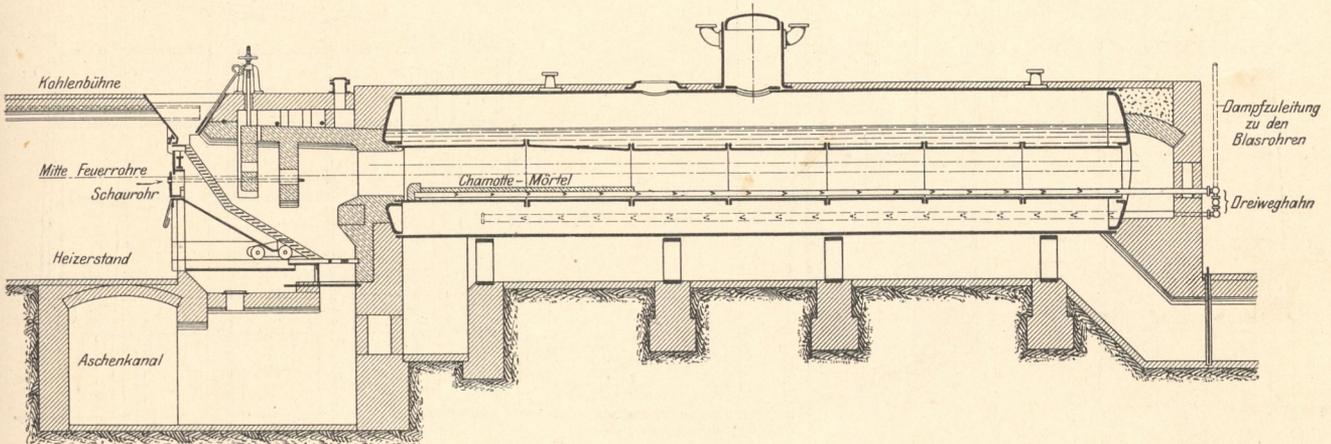


Fig. 360. Dampfstrahl-Flugaschenräumer. Ausführung: Keilmann & Völker, Bernburg.

2. Flugaschenräumer.

Bei Heizrohr- und Wasserrohrkesseln erfolgt die Beseitigung der Flugasche durchweg während des Betriebes mittels Rohrbürste bzw. Dampfstrahl- oder Luftdruckgebläse (Fig. 666). Auch bei dem Keilmann-Völkerschen Flugaschenräumer für Flammrohrkessel (Fig. 360) wird die Reinigung mittels Dampfstrahl bewirkt, während die Fig. 358 und 359 Flugaschenräumer darstellen, die auch in die Flammrohre eingebaut werden, aber dadurch wirken, daß infolge von Querschnittsverengungen die Geschwindigkeit der Gase an einzelnen Stellen beschleunigt wird, so daß die schweren Flugascheteilchen am Niederfallen verhindert werden. Da solche Einbauten gleichzeitig eine starke Wirbelung oder Zerteilung der Heizgase bewirken, wird erreicht, daß die obere und untere Flammrohrfläche ziemlich gleichmäßig von den Gasen bestrichen wird. Wichtig ist es, beim Einbau von Flugaschenräumern nach Fig. 358 und 359 darauf zu achten, daß oben im Scheitel zwischen Flammrohr und Einsatz ein Zwischenraum verbleibt, durch den ein geringer Teil der Heizgase hindurchziehen kann und keine toten Ecken entstehen, die zu Zugverschlechterungen führen würden.

Eine gleich gute Wirkung bezüglich Wirbelung der Heizgase erreicht Paucksch mit seinem Stufenrohr für Flammrohrkessel, Fig. 29.

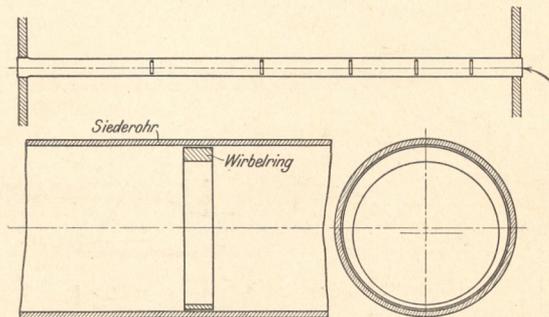


Fig. 361. Wirbelringe, Patent Pielock. Ausführung: Gebr. Sachsenberg, Roßlau a. Elbe.

Pielock dagegen sucht einen Erfolg mit besonderen Wirbelringen in glatten Rauchrohren zu erzielen. Wie aus Fig. 361 ersichtlich, sind in jedes Siederohr in bestimmten Abständen exzentrische, schmiedeeiserne Ringe eingesetzt, durch welche eine Wirbelung der Heizgase und, dadurch verursacht, eine Fortbewegung

der Flugasche sowie ein besserer Wärmeaustausch erzielt werden soll. Da die Wirbelringe den Rohrquerschnitt nur wenig verengen, so sind Zugbeeinträchtigungen und Störungen beim Ausblasen der Rauchrohre bei den bisherigen Ausführungen nicht beobachtet worden.

Auch die in Fig. 444 abgebildeten, gewellten Mannesmann-Rauchrohre seien bezüglich ihrer Wirkung auf die Wirbelung der Heizgase an dieser Stelle nochmals erwähnt.

Wie in den Flammrohren, so vermeidet man auch in den Außenzügen eine übermäßige Flugaschenablagerung durch Einbau von zeitweiligen Querschnittsverengungen, da es auch hier nicht möglich sein würde, die Züge auf der ganzen Länge so eng zu dimensionieren und die Geschwindigkeit der Heizgase so zu erhöhen, daß eine Flugaschenablagerung dadurch verhindert würde.

Zweckmäßig werden derartige Einrichtungen in den Außenzügen so gewählt, daß die Heizgase möglichst

nach der Heizfläche hin- und nicht von derselben abgelenkt werden, sowie daß die Verengungen bei einer erforderlich werdenden Kesselreinigung leicht entfernt und dadurch die Züge wieder bequem befahrbar gemacht werden können. In Fig. 362 sind die Querschnittsverengungen durch lose aufeinander geschichtete Mauersteine *A* gebildet, die beim Befahren der Züge durch die Reinigungsöffnungen im Kesselmauerwerk entfernt werden. In den äußeren Kesselzügen wie in den Rauchkanälen wird unter normalen Verhältnissen eine übermäßige Flugaschenablagerung schon dadurch verhindert, daß bei abnehmendem Querschnitt die Geschwindigkeit der Gase zunimmt und sich so die

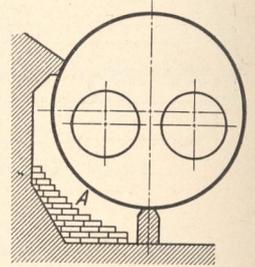
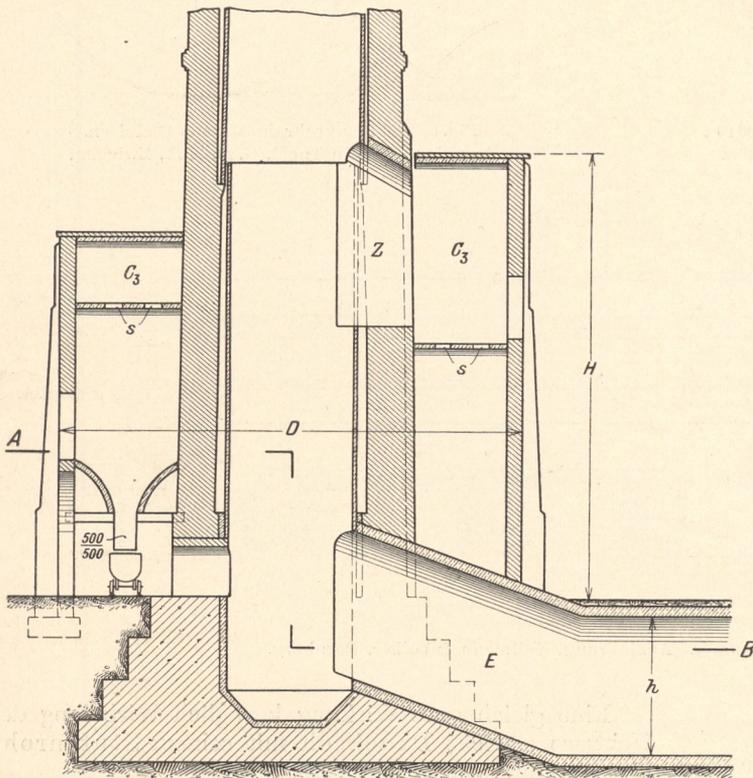
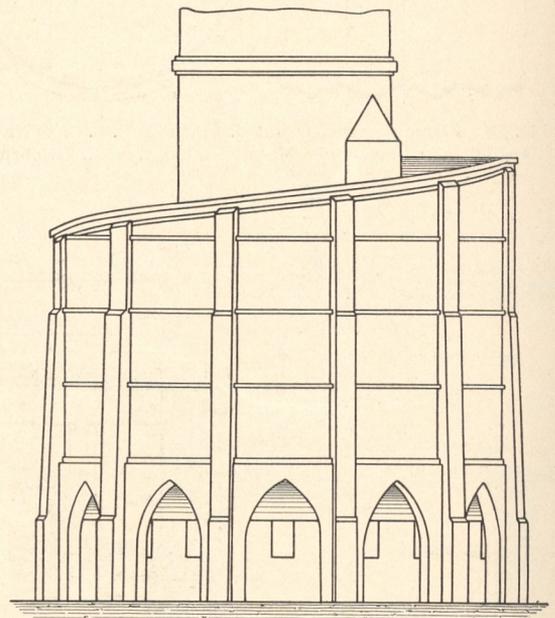


Fig. 362.

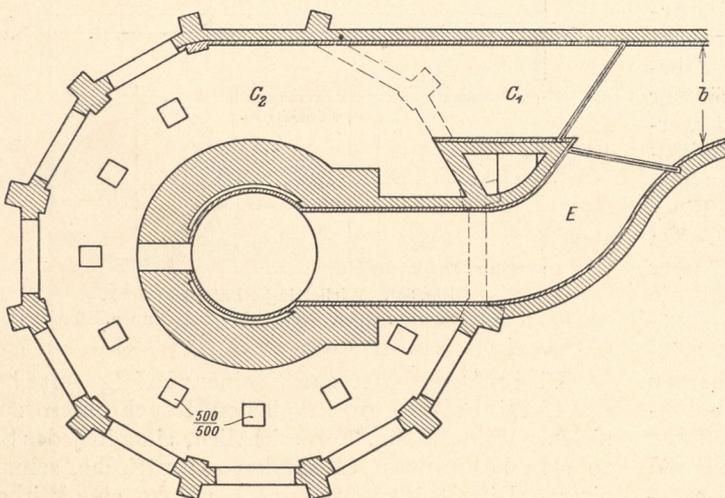


Längsschnitt.



Ansicht.

Fig. 363. Flugaschenfänger. D. R. P. Nr. 69472 u. 124965. Ausführung: v. Hadeln, Hannover.



Grundrißschnitt A-B.

Zahlentafel Nr. 59.

Ungefähre Abmessungen bei einer Kesselbeanspruchung von etwa 20 kg auf 1 qm Heizfläche in 1 Stunde und Verfeuerung erdiger Braunkohle von 2000—3000 WE.

Kesselheizfläche qm	250	500	750	1000
Fuchshöhe <i>h</i> mm	2000	2500	3000	3500
Fuchsbreite <i>b</i> "	1000	1500	1800	2100
Raum für { Durchmesser <i>D</i> "	2000	2200	2400	2600
Flugaschen- fänger { Höhe <i>H</i> "	4000	5000	6000	7000

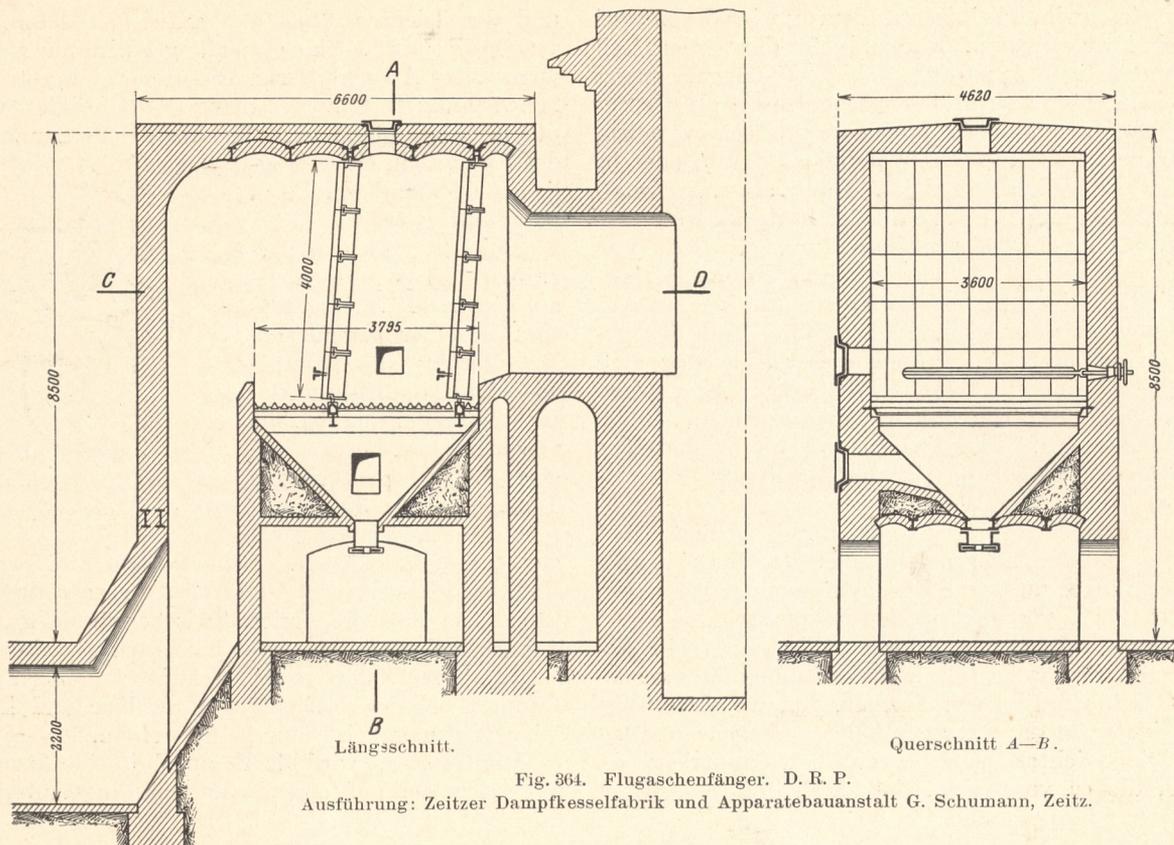


Fig. 364. Flugaschenfänger. D. R. P.
Ausführung: Zeitzer Dampfkesselfabrik und Apparatebauanstalt G. Schumann, Zeitz.

Zahlentafel Nr. 60.

Ungefähre Abmessungen bei einer Kesselbeanspruchung von etwa 20 kg auf 1qm Heizfläche in 1 Stunde und Verfeuerung erdiger Braunkohle von 2000—3000 WE.

Kesselheizfläche qm	250	500	750	1000
Fuchshöhe <i>h</i> mm	1800	2200	2500	2800
Fuchsbreite <i>b</i> "	1400	1800	2200	2500
Raum für (Länge <i>L</i> "	5500	6600	7300	7900
Flugaschen- (Breite <i>B</i> "	3720	4620	5520	5970
fänger (Höhe <i>H</i> "	7200	8500	9100	10000

Zugkraft den für den Betrieb erforderlichen kleinsten Querschnitt von selbst frei hält.

3. Flugaschenfänger.

Eine der unangenehmsten Beigaben des Feuerungsbetriebes, in einzelnen Fällen für die Fabrik selbst, vorwiegend aber für die Anlieger derselben, ist der Auswurf von Flugasche, unter Umständen auch von Ruß oder glimmenden Brennstoffteilchen aus den Schornsteinen. Dieser Auswurf macht sich vornehmlich in solchen Betrieben bemerkbar, wo eine erdige Braunkohle zur Verfeuerung gelangt. Aber auch in Anlagen, in welchen Holzabfälle (Sägemehl und Hobelspäne) oder Lohe verfeuert werden, sowie bei Unterwindfeuerungen für Feinkohle finden derartige Flugaschenauswürfe statt. Im ersteren Falle ist es die Eigenschaft der Verbrennungsrückstände, sehr voluminös und leicht zu sein und zur Schlackenbildung wenig zu neigen, im anderen Falle die durch den künstlichen Zug notwendigerweise sich ergebende große Gasgeschwindigkeit in den Zügen, welche einen starken Auswurf von Flugasche und unverbranntem Material begünstigt.

Die hierdurch entstehenden mannigfachen Belästigungen und Schädigungen haben natürlich vielfach zu Schadenersatzklagen gegen die Fabrikbesitzer geführt und Veranlassung gegeben, daß sich auch die Behörden mit diesen Zuständen befassen, d. h. daß sie bei Konzessionierung von Kesselanlagen gegebenenfalls die Errichtung von Flugaschenfängern vorschreiben.

Welche enormen Mengen Flugasche z. B. bei Verfeuerung erdiger Braunkohle entstehen können, läßt sich daraus ersehen, daß bei einer Kesselanlage von 2200 qm Heizfläche und 98 qm Rostfläche mit 2 Stück von Hadelnschen Flugaschenfängern (Fig. 363) in einer Woche 30 bis 40 cbm Flugasche, die andernfalls aus den Schornsteinen ausgeworfen worden wären, gesammelt wurden. In einer anderen Anlage wurde mit einem Schumannschen Flugaschenfänger (Fig. 364) aus den Abgasen eines 90 qm-Kessels in 24 Stunden 1 cbm Flugasche ausgeschieden.

Das von Hadelnsche System der Staubausscheidung (D. R. P. Nr. 69 472 und 124 965) beruht auf Erzielung einer Geschwindigkeitsverminderung der Heizgase, wobei die von dem Gasstrom fortgerissenen festen Staubteile, ihrer Schwere folgend, zum Sinken gebracht werden.

Diese Geschwindigkeitsverminderung wird durch zwei Umstände hervorgerufen. Einmal bietet der vordere Teil des kammerartigen Apparates, den die Rauchgase zuerst durchziehen, einen weit größeren Querschnitt als der Zuführungskanal, so daß bei doppelt oder dreifach so großem Kammerquerschnitt die Geschwindigkeit nur $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ so groß wie im Rauchkanal ist. Dann aber wird während der Strömung der Gase in der hinteren Kammerhälfte C_2 ständig ein Teil derselben durch eine Reihe von Schlitten s nach oben in eine zweite Kammer C_3 abgeleitet. Die Ableitung erfolgt an der Decke und erst da, wo sich erfahrungsgemäß der größte Teil der gereinigten Gase hinzieht. Infolge dieser Ableitung muß sich die Geschwindigkeit des Gasstromes in der unteren Kammer bei gleichbleibendem Querschnitt allmählich weiter vermindern. Dieser Umstand bietet nun eine wesentliche Unterstützung für die Absetzung der restlichen, leichteren Staubteile.

Die Rauchgase treten entweder durch E direkt und ungereinigt in den Schornstein oder durch C_1 in den Flugaschenfänger und nach Durchströmen der Kammern C_2 und C_3 bei Z gereinigt in den Schornstein.

Die Ausräumung des Apparates ist eine sehr bequeme. Die Flugasche fällt auf die muldenförmig ausgebildete Sohle des unteren Kanals, von wo sie mittels Aschentrichter in darunter geschobene Wagen entladen wird. Die Trichter haben zwei übereinanderliegende Schieber, die es vermeiden, daß Außenluft eindringen

und den leichten Flugstaub aufwirbeln kann. — Der von Hadelnsche Flugaschenfänger wird nur aus Mauerwerk unter Ausschluß von Eisenteilen hergestellt. Eine Schwächung des Schornsteinzuges tritt bei diesem System nur in unbedeutendem Maße ein. Bei Platzmangel kann der Apparat in einer länglichen oder anderen Form ausgeführt werden.

Bei dem Schumannschen Flugaschenabscheider, D.R.P. (Fig. 364) sind in einer gemauerten Erweiterung des Hauptrauchkanals gußeiserne Elemente von der aus Fig. 365 ersichtlichen Form eingesetzt. Die bogenförmigen Teile a sind die Leitschaufeln, die eckigen Teile von b die Fangkästen. Leitschaufeln und Fangkästen sind in der senkrecht stehenden Achse c drehbar gelagert, so daß die freien Zwischenräume d während des Betriebes durch eine jalousieartig wirkende Vorrichtung vergrößert oder verkleinert werden können. Dadurch ist der Aschenfänger regelbar und kann auf seine Wirkungsweise eingestellt werden.

Der Gasstrom wird hier demnach in eine Anzahl Streifen zerlegt und auf folgende Art vom Flugstaub gereinigt.

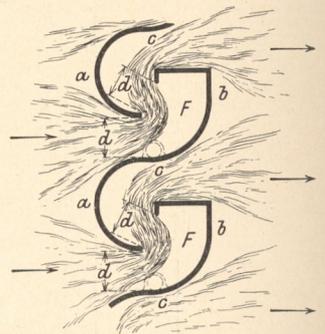


Fig. 365.

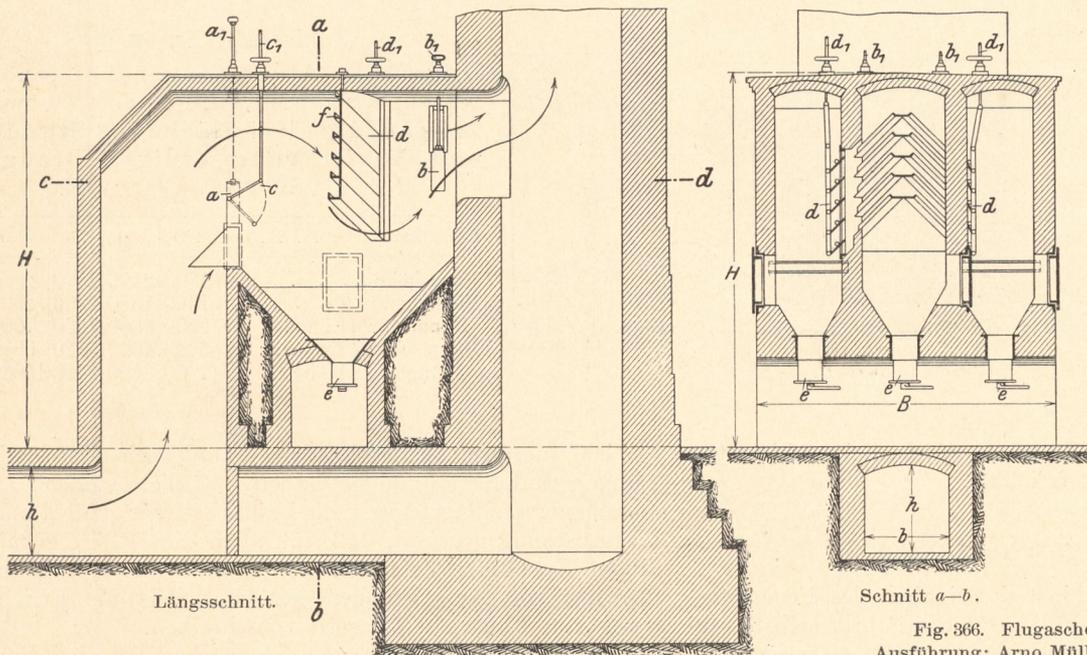
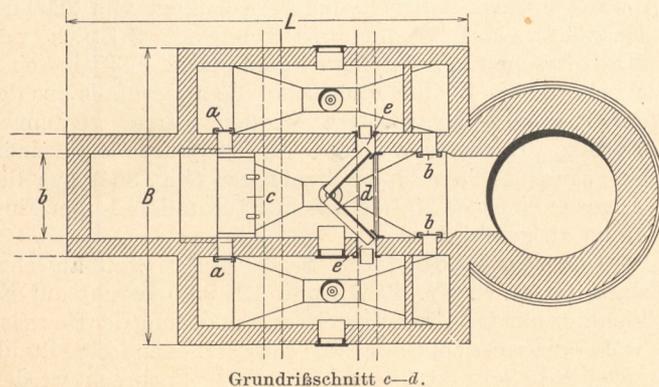


Fig. 366. Flugaschenfänger. D. R. P. Ausführung: Arno Müller, Leipzig-Schleußig.



Grundrißschnitt c-d.

Zahlentafel Nr. 61.

Ungefähre Dimensionen bei einer Kesselbeanspruchung von etwa 20 kg auf 1 qm Heizfläche in 1 Stunde und Verfeuerung erdiger Braunkohle von 2000—3000 WE.

Kesselheizfläche qm	250	500	750	10000
Fuchshöhe h mm	1250	1650	1850	2000
Fuchsbreite b "	1000	1500	2000	2000
Raum für				
Länge L "	3500	4500	5000	6000
Breite B "	3000	3300	4000	4000
Flugaschenfänger				
Höhe H "	5500	6000	6500	7000

Der in der Fig. 365 weiß gelassene Raum F liegt völlig außerhalb der Gasströmung, da sich die Gase selbst den kürzesten Weg suchen. Die Ascheteilchen dagegen folgen der Änderung in der Bewegungsrichtung wegen des ihnen innewohnenden Beharrungsvermögens nicht so schnell, sie werden deshalb in den Raum F geworfen, in welchem sie nach unten fallen. Durch einen Winkelrost gelangen sie in den Sammeltrichter, aus welchem dann die Entleerung während des Betriebes und je nach den örtlichen Verhältnissen über bzw. unter Flur in bequemer Weise vor sich gehen kann. Dadurch, daß die Gasstreifen schmal sind, ist es möglich, selbst die Rußteilchen usw., welche spezifisch sehr leicht sind, abzusondern, weil diese nur einen kurzen Weg zu machen haben, um aus dem Gasstrom entfernt zu werden. In normalen Fällen besteht der Apparat aus 2 Fängerreihen.

Bei dem Flugaschenfänger Patent Müller D. R. P. Nr. 152633 (Fig. 366) kommt das Prinzip der mechanischen Abscheidung der Asche durch wiederholte Änderung der Bewegungsrichtung der Rauchgase mittels Leit- und Fangschaufeln, verbunden mit dem Prinzip der natürlichen Abscheidung von Asche infolge Geschwindigkeitsverminderung in großen Kammern, zur Anwendung.

Die Wirkungsweise der Müllerschen Flugaschenfänger ist folgende: Durch Leitschaufeln c werden die Rauchgase gegen Fangschaufeln d geführt. Letztere sind aus einer Anzahl sich überdeckender, mit Fangrinnen f versehener Einzelschaufeln gebildet. Sie bieten dem sie treffenden Gasstrom eine große Berührungsfläche und zwingen ihn zu einem plötzlichen Richtungswechsel. Da aber die spezifisch schwereren Ascheteilchen bestrebt sind, in gerader Richtung weiter zu fliegen, gelangen sie infolge der winkligen Anordnung der Fangschaufeln in seitliche Aschenkammern, aus denen sie durch die Verschlüsse e abgezogen werden.

Durch diese seitlichen Kammern wird gleichzeitig ein kleinerer, durch Schieber a und b regelbarer Teil der Rauchgase geführt, dessen Flugasche infolge der Geschwindigkeitsabnahme der Gase ausgeschieden wird.

Bei wechselnder Beanspruchung der Kesselanlage werden die Leit- und Fangschaufeln mit den in Fig. 366 gezeichneten Regelvorrichtungen a_1 , b_1 , c_1 und d_1 versehen. Diese können von außen während des Betriebes bedient und so gestellt werden, daß je nach der Gasmenge die gute Wirkung der Anlage gesichert bleibt.