

## **Universitäts- und Landesbibliothek Tirol**

### **Die chemische Technologie der Brennstoffe**

Preßkohlen, Kokerei, Wassergas, Mischgas, Generatorgas, Gasfeuerungen

**Fischer, Ferdinand**

**Braunschweig, 1901**

Generatorgasfeuerungen

## Generatorgasfeuerungen.

In den Feuerungen wird das im Generator erzeugte Gas und die erforderliche Verbrennungsluft vom Boden aus oder seitlich eingeführt.

Treten Gas und Luft durch Oeffnungen im Boden ein, was besonders da geschieht, wo die Generatoren oder Wärmespeicher unmittelbar unter der Feuerung liegen (Fig. 303 u. 304), so wird die Verbrennungsluft getrennt (bei Siemens, S. 330), besser aber unter der Mündung des Gascanals seitlich zugeführt, so daß schon vor Eintritt in den Ofen eine Mischung erfolgt. Damit keine Verstopfung oder Zerstörung durch Abschmelzen erfolgt, ist es vortheilhaft, größere, etwa quadratische Oeffnungen zu wählen, statt Schlitz.

Bei der Gasfeuerung von Voetius liegen z. B., wie Längsschnitt und Querschnitt (Fig. 303 u. 304) zeigen, unter dem Herde zwei Generatoren A. Dieselben werden durch geeignete Ebenen C, schräg liegende Koste D und nach

Fig. 303.

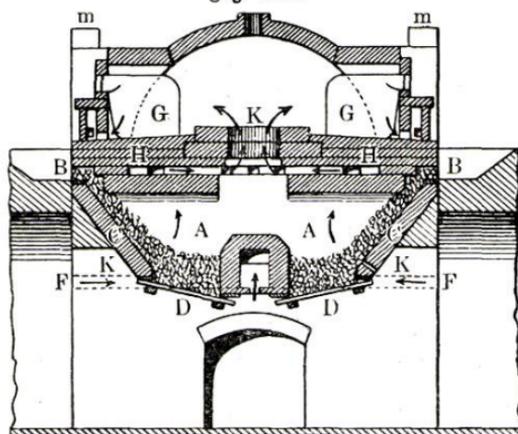
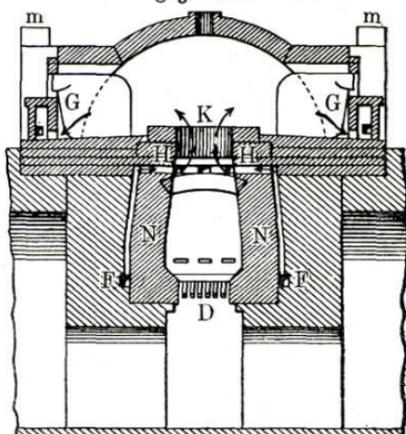


Fig. 304.

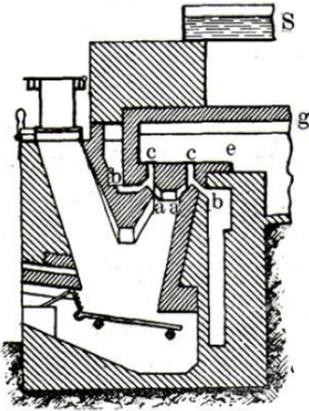


oben sich verengende Seitenwände N gebildet. Die bei B eingefüllten Kohlen entgasen, der Koks vergast auf dem Koste D, so daß die Gase bereits mit hoher Temperatur in den Flammencanal K eintreten. Die durch die Seitencanäle F zugeleitete atmosphärische Luft erwärmt sich an den Seitenwänden N des Generators und in den wagerechten Canälen H, tritt aus einer Anzahl seitlicher Oeffnungen in den Gasstrom ein, die Flamme umspielt die Häfen G, während die Rauchgase durch kleine Kamine m entweichen.

Ist eine völlig reine Verbrennung Bedingung, um die abziehenden Verbrennungsgase noch anderweitig, z. B. zur directen Trocknung von Salz, ver-

wenden zu können, so ist es vortheilhaft, Gas und Luft möglichst zu mischen und erst nach vollständiger Verbrennung mit kalten Flächen, z. B. dem Boden von Verdampfungspfannen, in Verührung zu bringen. Fig. 305 zeigt eine derartige Einrichtung, wie sie in der Saline in Ischl verwendet wird. Das von *a* aus zutretende Generatorgas trifft mit der von *b* kommenden Luft unter einem rechten Winkel zusammen und mengt sich damit schon vor Eintritt in den Brennraum *c*. Das Gewölbe *g* verhindert, daß die Gase vor der vollständigen Verbrennung den Boden der Salzpflanzen *S* treffen <sup>1)</sup>. Ähnlich ist die Heupel'sche Feuerung, welche sich in Aussee bewährt <sup>2)</sup>.

Fig. 305.



Häufiger werden Gas und Luft seitlich eingeführt. Entweder liegen die Luftcanäle *e* (Fig. 306 u. 307) neben den Gascanälen *v*, oder die Luftcanäle *e* (Fig. 308) münden über den Gascanälen *v*, oder der Gascanal *v* mündet in den Luftcanal *e* (Fig. 309). Bei der ersteren Anordnung mischen sich Gas und Luft erst allmählich, so daß anfangs oxydirende und reducirende Ströme neben einander gehen. Für manche Zwecke, z. B. den Martin-Proceß, soll dieses unter Anderem vortheilhaft sein (S. 364) <sup>3)</sup>. Sonst ist es vorzuziehen, den Luftcanal höher münden zu

lassen, als den Gascanal, da die specifisch schwerere Luft in den Gasstrom einsinkt, so daß schon beim Eintritt in den Feuerraum lebhaftere Verbrennung stattfindet. Bei der Einrichtung Fig. 309 beginnt die lebhaftere Verbrennung schon bei *s*, so daß in den Feuerraum *F* die volle Flamme eintritt. Besonders

Fig. 306.

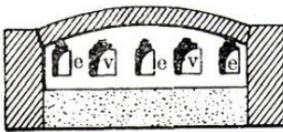


Fig. 307.

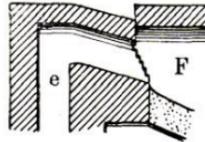


Fig. 308.

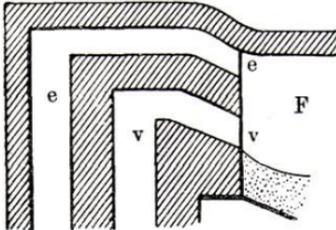
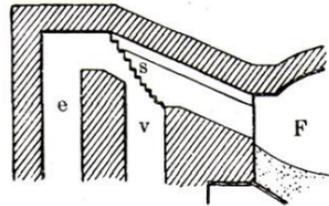


Fig. 309.

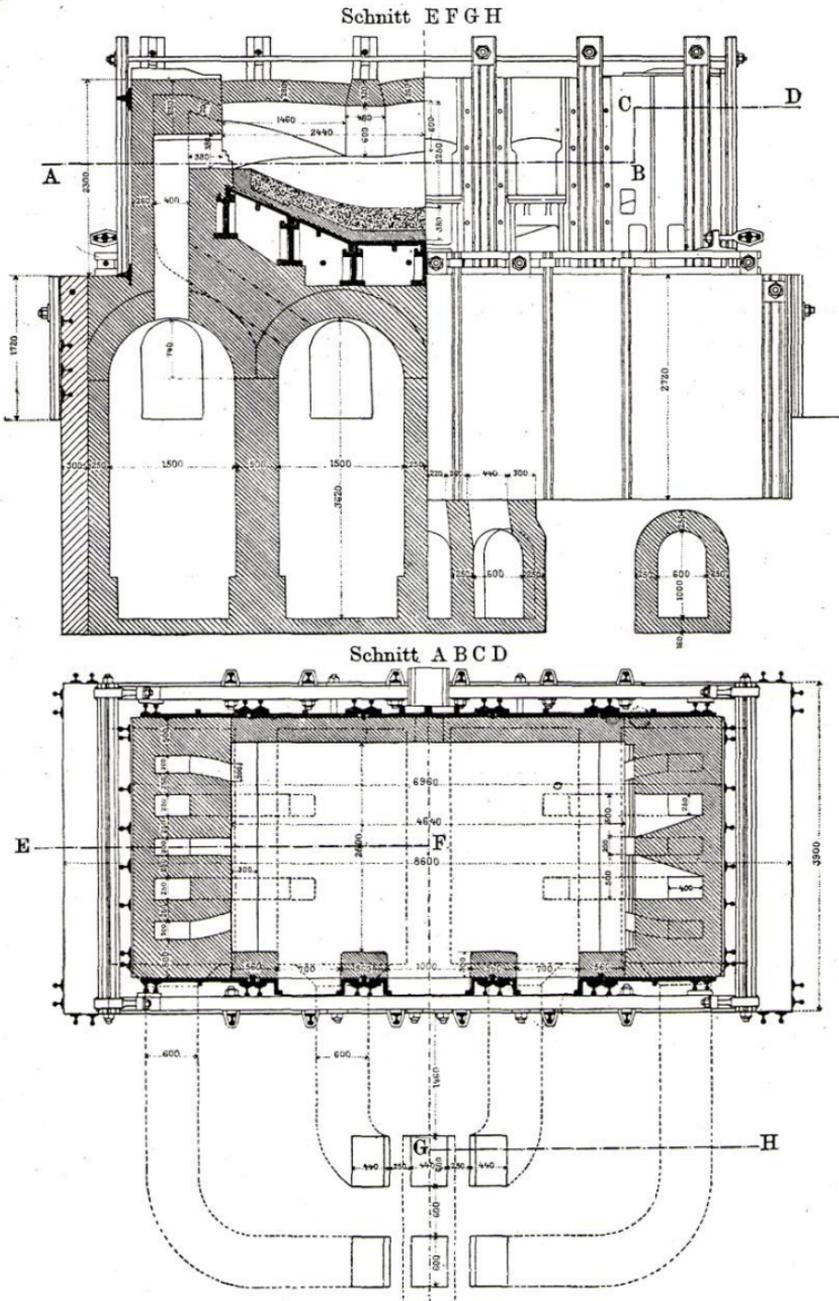


lassen, als den Gascanal, da die specifisch schwerere Luft in den Gasstrom einsinkt, so daß schon beim Eintritt in den Feuerraum lebhaftere Verbrennung stattfindet. Bei der Einrichtung Fig. 309 beginnt die lebhaftere Verbrennung schon bei *s*, so daß in den Feuerraum *F* die volle Flamme eintritt. Besonders

<sup>1)</sup> Fischer's Jahressber. 1882, 290. — <sup>2)</sup> Daj. 1883, 306. — <sup>3)</sup> Die entsprechende Zuführung von Luft und Gas im Gasofen mit wechselnder Flammenrichtung von Zahn (D. R.-P. Nr. 35 551) ist unpraktisch.

bei vorgewärmter Luft kann aber hier leicht ein Abschmelzen der Decke bei s eintreten und dadurch Verstopfung des Canales v, somit schwierige Ausbesserungsarbeit.

Fig. 310 u. 311.



Nach W. Soltz<sup>1)</sup> hat sich die Anordnung der Gas- und Lufteinströmungs- canäle des 8 t-Ofens (Fig. 310 u. 311 a. v. S.) sowohl in Bezug auf den guten Gang des Betriebes, als in Bezug auf die Haltbarkeit der Ofenseitenwände sehr vortheilhaft erwiesen. Wie aus dem Grundriß ersichtlich ist, treffen die Richtungen der drei Gascanäle in einem Punkte der Mittellinie des Ofens zusammen; die lufteinlassenden Canäle sind über den Gascanälen so angebracht, daß sie gegen die Sohle des Arbeitsherdes geneigt sind, wobei ihre Neigung gegen den früher erwähnten Punkt der Ofenmittellinie gerichtet ist. Bei einer solchen Einrichtung muß dahin gestrebt werden, daß die Gesamtquerschnittsfläche der in den Ofen führenden Luftcanäle nicht größer sei, als der Gesamtquerschnitt der aus den Regeneratoren führenden Canäle, weil sonst durch die Schnelligkeit der einströmenden Luft auch der Luftstrom sinken würde, was die schnelle Vermischung von Luft und Gas wesentlich hindern müßte.

Nach Blezinger<sup>2)</sup> sind die Regenerativkammern wie sonst unter dem Ofen angeordnet, nur sind die Gaskammern innen, die Luftkammern außen (Fig. 312 u. 313). Das Gas steigt gerade in die Höhe; die Luft kommt über dem Gaswege nach unten, Luft und Gas müssen also auf einander stoßen und sich durchdringen, da beide mit Druck in den Ofen gelangen. In den kleinen Vorräumen vor dem Herde mischen sich beide und verbrennen dann über dem Herde äußerst rasch. Die Formen der Abzüge nach den Kamern werden somit sehr einfach.

Fig. 312.

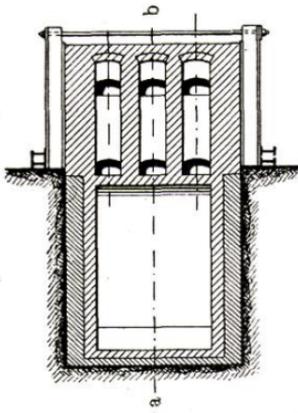
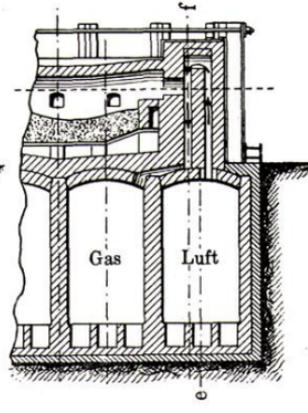


Fig. 313.



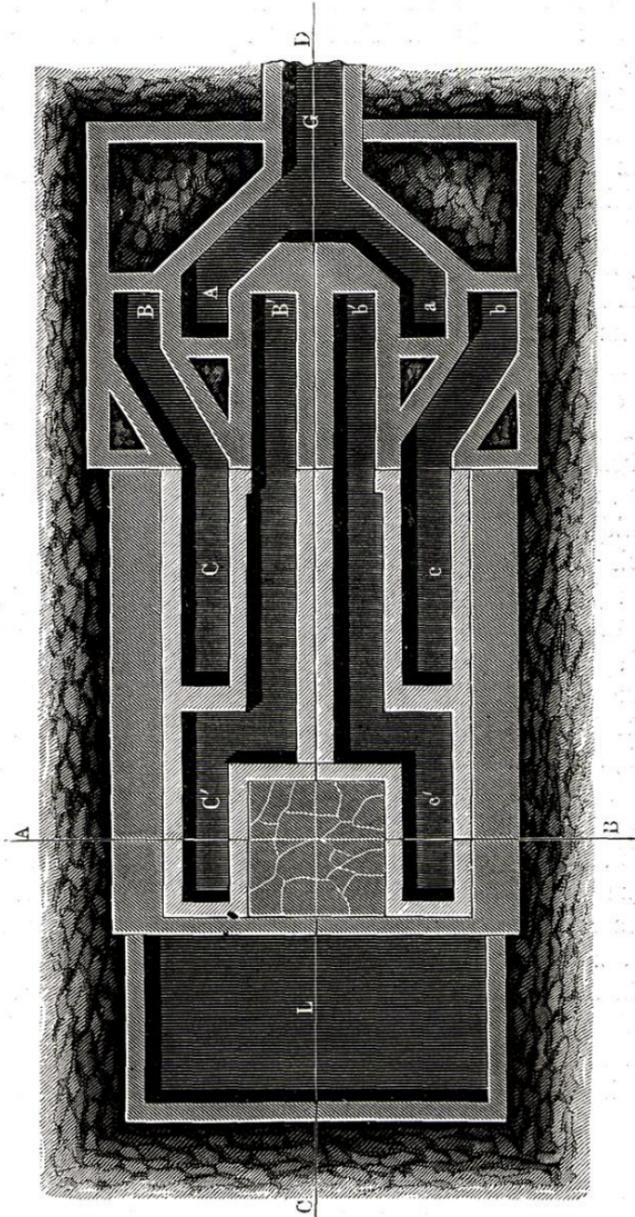
über dem Gaswege nach unten, Luft und Gas müssen also auf einander stoßen und sich durchdringen, da beide mit Druck in den Ofen gelangen. In den kleinen Vorräumen vor dem Herde mischen sich beide und verbrennen dann über dem Herde äußerst rasch. Die Formen der Abzüge nach den Kamern werden somit sehr einfach.

Einen wesentlichen Bestandtheil der Gasfeuerungsofen bilden die sogenannten Regeneratoren. Die Verbrennungsgase entweichen aus den Feuerungen meist mit so hoher Temperatur, daß sie 30 bis 50 Proc. des gesammten Brennwerthes entführen (vergl. S. 279). Um hiervon den größten Theil wieder zu gewinnen, verwendet man im Wesentlichen zwei verschiedene Arten von Einrichtungen. Entweder werden die Gase durch ein Gitterwerk von Steinen geführt, bis diese erhitzt sind, worauf die aufgespeicherte Wärme nach veränderter Zugrichtung auf Luft oder Gas übertragen wird: Wärmespeicher oder Regeneratoren im engeren Sinne (S. 329), oder die Wärme wird durch dünnes Mauerwerk, Thonröhren u. dergl. ununterbrochen auf die Verbrennungs-

<sup>1)</sup> Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1893, 17. — <sup>2)</sup> Stahl und Eisen 1893, 463.

luft oder auch auf das Gas übertragen, Wärmesparer oder Recuperator genannt (S. 333).

Fig. 314.



Als Beispiel eines Siemens'schen Regenerativofens<sup>1)</sup> möge nach Venrath<sup>2)</sup> ein Hohlglasofen beschrieben werden. Fig. 314 zeigt den wagerechten

<sup>1)</sup> Siemens' Regenerativgasofen (Dresden 1869), S. 90. — <sup>2)</sup> Venrath, Glasfabrikation (Braunschweig 1875), S. 142.

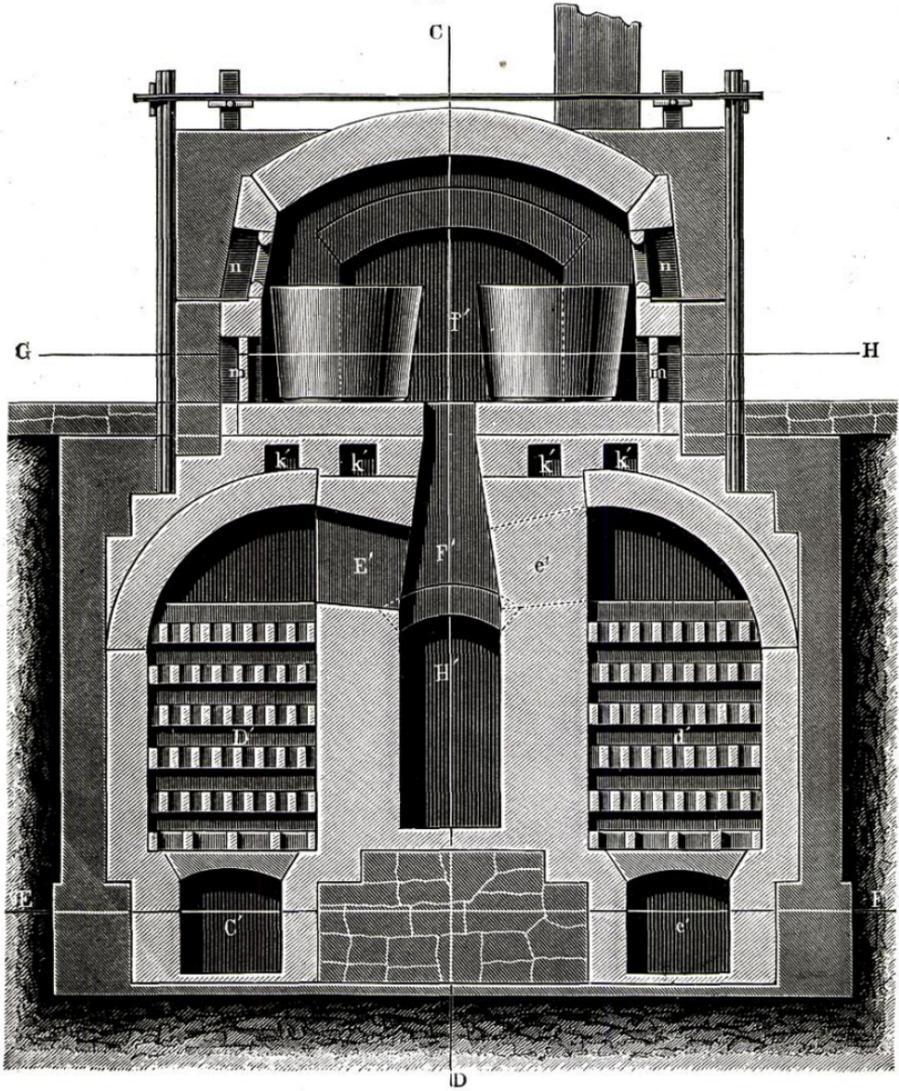
Schnitt der Gas- und Luftleitung. Der Canal  $G$  zunächst, mit seiner Verzweigung nach  $A$  und  $a$ , ist das dem Ofen zugekehrte Ende des Raminicanals, das bei  $A$  mit dem offenen unteren Ende des Gas-, bei  $a$  mit demjenigen des Luftwechsellappenrohres in Verbindung steht. Mit diesem Rohre steht dann über  $A$  der vom Generator kommende Gascanal in Verbindung, und wird aus diesem, je nach Stellung der Klappe, das Gas durch den einen der Seitenansätze des kreuzförmigen Rohres nach  $B$  oder  $B'$  geleitet, wobei im ersteren Falle  $B'$ , im entgegengesetzten  $B$  mit dem Ramine in Verbindung kommt. In derselben Weise wird bei  $a$  die durch das obere freie Ende des Rohrkreuzes der Luftwechsellappe angesogene Luft entweder nach  $b$  oder nach  $b'$  geleitet, und auch hier im ersten Falle  $b'$ , im anderen  $b$  mit dem Ramine in Verbindung gebracht.

Auf dem heller schraffirten Theile des in Fig. 314 wiedergegebenen, im Maßstabe von 1:100 entworfenen Horizontalschnittes ruht der eigentliche Ofen, in dessen innere Einrichtung die Schnitte (Fig. 315 und 316) nach den Linien  $AB$  und  $CD$  vorstehender Figur, sowie der Horizontalschnitt durch den Schmelzraum (Fig. 317 auf S. 331), die, größerer Deutlichkeit halber, im Maßstabe von 1:50 ausgeführt worden, einen Einblick gewähren. Ueber den als gleichzeitiger Gas- und Luftzug zusammengehörigen Canälen  $C'$  und  $c'$ , sowie  $C$  und  $c$  befindet sich zunächst je ein sich über die halbe Länge des Ofens erstreckendes Paar Regeneratoren, von denen die rechts von der Mittellinie liegenden  $D'$  und  $D$  in die Gas-, die links liegenden  $d'$  und  $d$  in die Luftzuführung des Ofens eingeschaltet sind. Steigen nun Gas und Luft, ersteres durch Oeffnungen im Gewölbe des Canals  $C'$  (Fig. 314), letztere in derselben Weise aus  $c'$  in die Räume  $D'$  und  $d'$  auf, so sind sie hier genöthigt, ihren weiteren Weg durch die Züge des diese erfüllenden Steinnetzwerkes zu nehmen, und werden in der Berührung mit letzterem erhitzt, bevor sie aus den Hälsen  $E'e'$ , deren jeder Regenerator zwei besitzt, in die durch Zwischenwände getrennten Feuerzüge  $F'f'$  (Fig. 315 und 316) der Ofensohle, und aus diesen in den Schmelzraum eintreten. Wie ersichtlich, sind die aufsteigenden Theile der aus den Generatoren in den Schmelzraum führenden Züge, von denen  $F'$  Gas,  $f'$  Luft demselben zuleiten, nur seitlich durch Zwischenwände begrenzt, nach unten hin dagegen offen gelassen, und stehen hier sämmtlich mit einer der zu beiden Seiten des Ofens zwischen den Regeneratoren gelegenen Kammern  $H'$  und  $H$ , den „Glastaschen“, in Verbindung, die dazu bestimmt sind, das aus dem Schmelzraume durch die Feueröffnungen und die in solche ausmündenden Verticalzüge  $F', F, f'$  und  $f$  abfließende Herdglas aufzunehmen und flüssig zu erhalten, bis es durch ihre Aufbrechlöcher entfernt werden kann. Diese Taschen sind während der Schmelze durch die Voratzkuchen  $h'h$  (Fig. 316) geschlossen, sowie durch weitere vorgestellte Formsteine  $i'i$  und zwischen letztere und  $h'h$  aufgeschüttete Sandfüllung vor Abkühlung möglichst geschützt.

Die Sohle des die Hasen enthaltenden Schmelzraumes, die auf den Ueberwölbungen der Regeneratoren ruht, ist eben. Durch ihre Mauerung hin zieht sich ein vierfaches Canalsystem  $k'k$ , dessen horizontale Leitungen, mit ihrem

einen offenen Ende außerhalb der Ofenmauerung beginnend, mit dem anderen in die an beiden Breitseiten des Ofens errichteten Kamine  $K'K$  münden. Zweck dieses Rohrsystems ist, eine Circulation kalter Luft innerhalb des Mauerwerkes der Sohle zu bewirken, und hat sich dasselbe, einmal beim Abkühlen-

Fig. 315.



lassen der geschmolzenen Glasmasse, vor der Ausarbeitung derselben, bei dem es ein gleichmäßiges Kühlen des ganzen Ofens wesentlich unterstützt, dann aber auch zur Erhaltung des Mauerwerkes der Sohle sehr geeignet erwiesen.

An den Breitseiten liegen die Hafenthore  $l$  (Fig. 316 und 317), in der Mauerung der Langseiten vor jedem Hafen die Aufbrechlöcher mit ihren Vorsekfuchen  $m m$ , über diesen die Formsteine mit auf ihnen ruhenden, ihre

Breite vergrößernden Eisenplatten, die in Fig. 317 sichtbar, sowie die die Arbeitslöcher *nn* umschließenden Ringsteine. Das sehr flache, aus Quarzsteinen

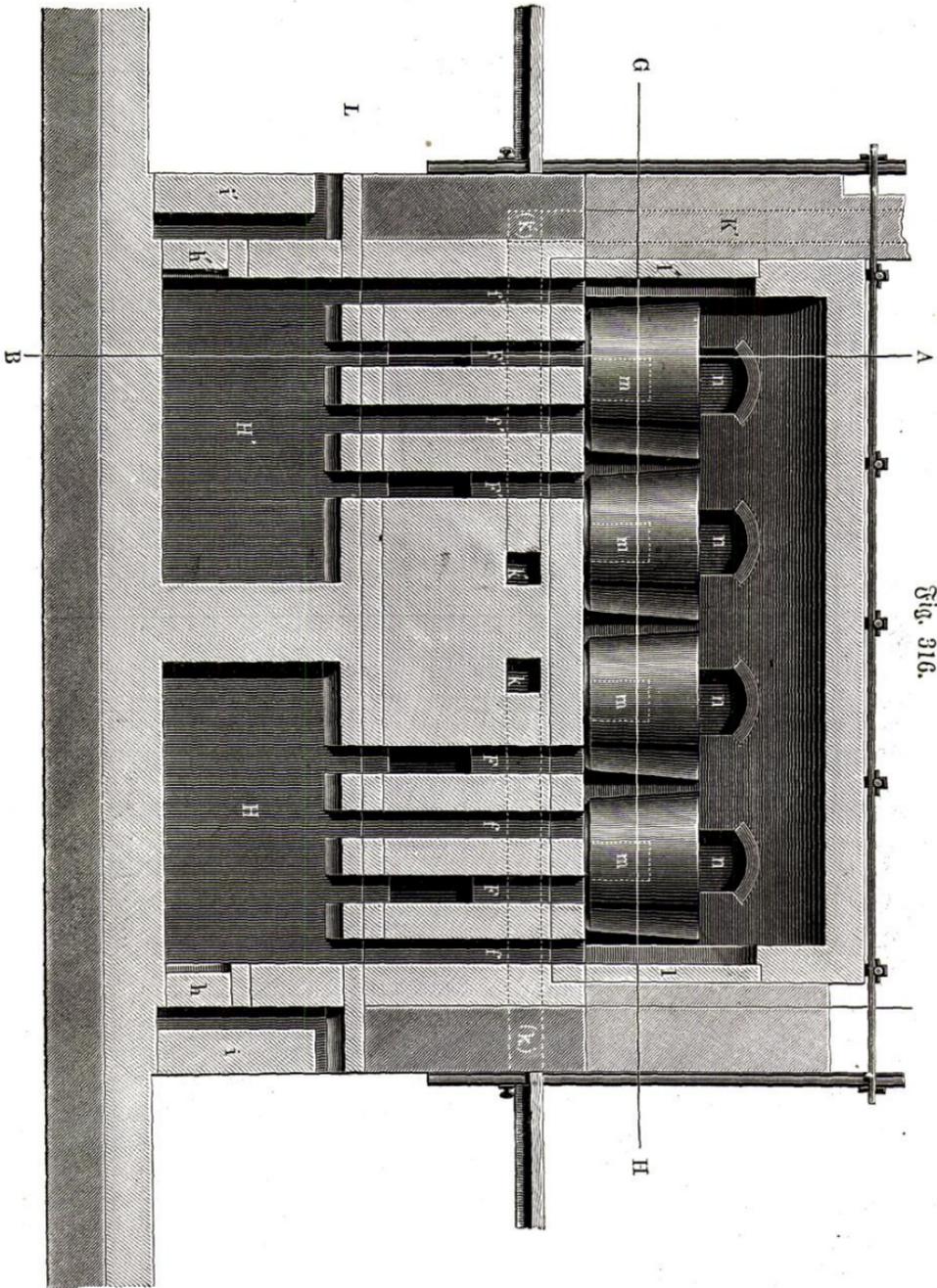


Fig. 316.

hergestellte Gewölbe übt starken Seitendruck gegen die Widerlager, und erfordert daher eine kräftige Verankerung des ganzen zu Tage liegenden Ofenbaues.

Wir haben oben Gas und Luft auf ihrem Wege vom Generator aus verfolgt, bis sie, in den Regeneratoren erhitzt, getrennt in den Schmelzraum eintreten, hier erfolgt ihre Vereinigung, das Gas entzündet sich und durchstreicht bei durch Sperrventile und Kaminzug erreichbarer richtiger Bemessung der Mischungsverhalten mit langer Flamme brennend den Schmelzraum des

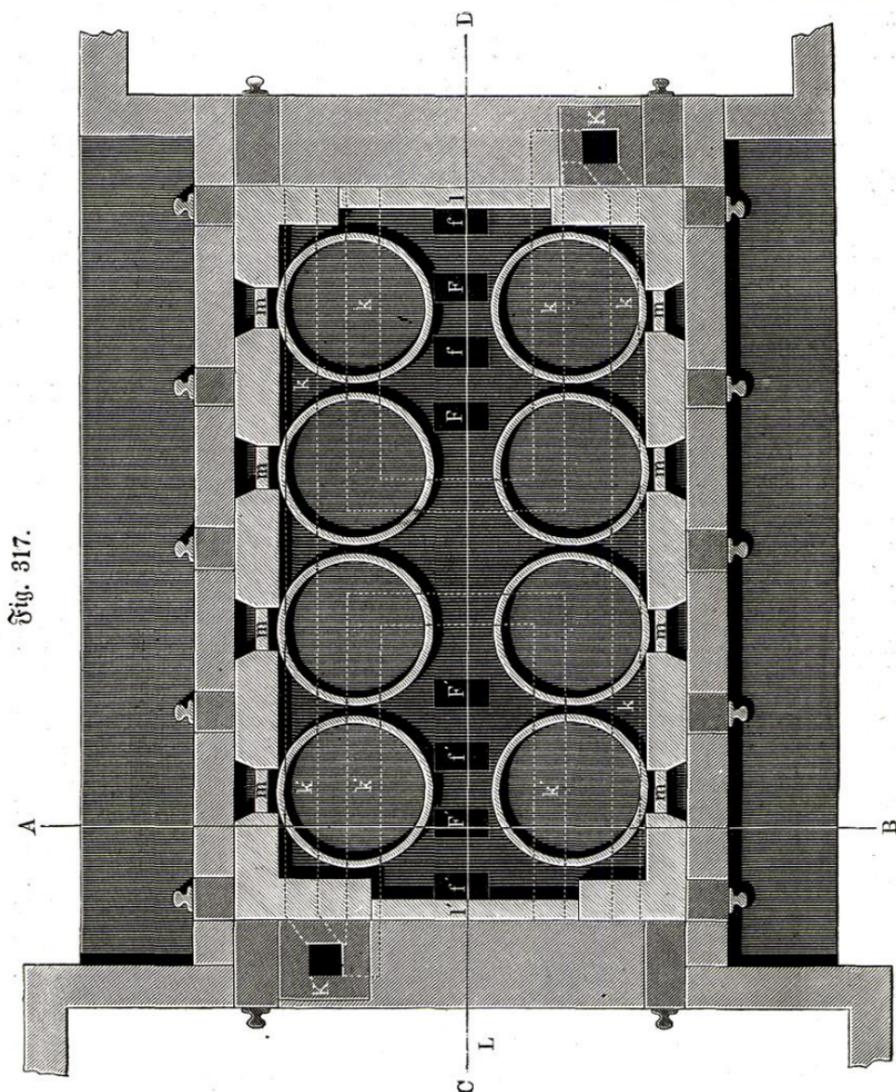


Fig. 317.

Ofens in der Richtung von  $F'f'$  nach  $Ff$ . In ganz derselben Weise wie die Feueröffnungen  $F'f'$  an der von den Generatoren abgekehrten Seite des Ofens mit der inneren, stehen die an der entgegengesetzten Seite des Schmelzraumes befindlichen Feueröffnungen  $Ff$  und ihre über  $Cc$  des Verticalschnittes (Fig. 315) gelegenen Regeneratoren  $Dd$  mit der äußeren Seite der Wechselklappen in Verbindung. Bei der den Klappen der bisherigen Annahme

gemäß gegebenen Stellung stehen diese äußeren seitlichen Abzweigungen der die Wechsellappen umschließenden Röhre beide mit dem Zugkamine in Verbindung; dieser wirkt daher saugend auf die Canäle *BC* und *bc* (Fig. 314) und durch sie auf die Regeneratoren *Dd* und die Feueröffnungen *Ff*. Letztere entführen somit dem Schmelzraume die heißen Verbrennungsproducte, die, in absteigender Richtung durch die Regeneratoren *Dd* streichend, dem Steinmehwerk derselben den größten Theil ihrer Wärme abgeben, und hierbei, selbst gekühlt, in die Canäle *Cc* eintreten. Ist der Ofen etwa eine halbe Stunde bei der beschriebenen Stellung der Wechsellappen geheizt, so sind die früher heißen Regeneratoren *D'd'* abgekühlt, die kälteren *Dd* erhitzt. Werden jetzt die Wechsellappen umgestellt, und hierdurch die Gaszuführung sowie die Saugöffnung für atmosphärische Luft mit den Canälen *BC* und *bc* den über diesen liegenden Regeneratoren *Dd* und den Feueröffnungen *Ff*, die Feueröffnungen *F'f'* dagegen und die ihnen zugehörigen Regeneratoren mit dem Zugkamine verbunden, d. h. die Richtung des Gasstromes im Ofen gegen die entgegengesetzte vertauscht, so müssen Gas wie Luft das während der vorigen Periode frisch erhitzte Regeneratorpaar passieren, und werden nunmehr in diesem vorgewärmt, während die abgehenden Verbrennungsproducte ihre Hitze jetzt an das vor dem Umschlagen der Wechsellappen durch die dem Ofen zufließenden Brennstoffe abgekühlte Steinmehwerk der Regeneratoren *D'd'* abgeben.

Die Umkehrung der Zugrichtung im Ofen wird etwa alle halbe Stunde wiederholt, und findet daher Aufspeicherung der Wärme der abgehenden Gase, sowie Uebertragung des in den Regeneratoren angesammelten Wärmeverrathes an die zufließenden, in stetem Wechsel bald auf der einen, bald auf der anderen Seite des Ofens statt.

F. Siemens (D. R.-P. Nr. 568 u. 7000) beschreibt ferner Abarten des Regenerators, für welche er als neu beansprucht: „Die eigenthümliche Theilung und doppelte Benutzung der in dem Regenerator erhitzten Luft, wodurch es möglich wird, die durch jeden Ventilwechsel sich steigende Heizung der Regeneratoren mit der Erzeugung eines continuirlichen, in gleichmäßiger Richtung abgehenden Stromes erhitzter Luft zu verbinden.“

Einen stündlichen Ventilwechsel vorausgesetzt, empfiehlt Gruner für je 100 k im Generator vergaster Kohle für zwei zusammengehörende Generatorkammern 6 t = Ziegel, also etwa 3,3 cbm oder mit Zwischenräumen 6,6 cbm. Haben diese 6 t = Ziegel eine specifische Wärme von 0,25, so können sie schon bei einem mittleren Temperaturunterschiede zwischen den beiden Ventilwechseln von 200° 3000 hw aufspeichern, also etwa 50 Proc. des Brennwerthes des Gases.

Um dem Steinmaterialie der Wärmespeicher ein erhöhtes Wärmeleitungsvermögen zu ertheilen und dasselbe zu befähigen, eine größere Wärmemenge aufzunehmen, schlägt Daelen (D. R.-P. Nr. 26 504) vor, in das Mauerwerk derselben Eisenkörper einzubetten. Da Eisen etwa 10 mal besser die Wärme leitet als feuerfester Stein, und auch seine Wärmecapacität eine größere ist, so kann hierdurch der erstrebte Zweck wohl erreicht werden. Das Eisen soll nun

entweder in regelmäßigen Stücken mit den Steinen in Verband gelegt, bezw. wenn wegen zu hoher Temperatur eine rasche Oxidation der freiliegenden Eisenflächen zu befürchten ist, ganz in das Steinmaterial eingebettet, oder aber in kleineren unregelmäßigen Stücken, welche durch Granulation oder sonstige mechanische Zerkleinerungsverfahren gewonnen werden, schon bei der Anfertigung feuerfester Ziegel u. dergl. der Masse beigemischt werden. — Nach letzterem Vorschlage hergestellte Steine werden bald zerstört sein; das ganze Verfahren dürfte kaum vortheilhaft sein.

Diese Wechselöfen haben den Uebelstand des lästigen Umsteuerns mit seinen bei jedem Wechsel eintretenden Verlusten an Gas und Wärme. Sind überdies die Wechselklappen nicht dicht, dann ergeben sich dauernde Verluste an

Fig. 318.

Fig. 319.

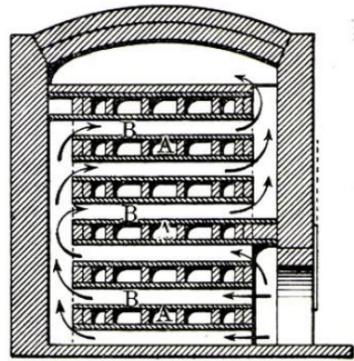
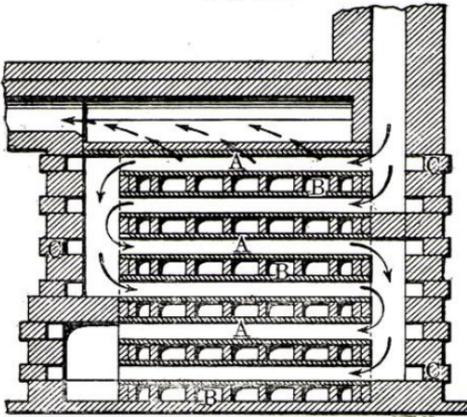
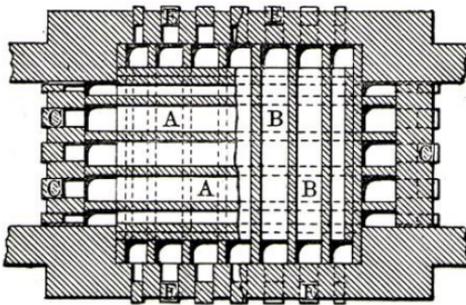


Fig. 320.



müssen daher häufig umgepackt werden. Auch ist man nicht in der Lage, die Temperaturen von Gas und Luft unabhängig vom Gange des Ofens und von der Beschaffenheit der abgehenden Flamme zu wechseln. Das Ofengewölbe leidet durch den Temperaturwechsel.

Die Wärmesparerer (Récupérateurs) werden besonders in Frankreich vorgezogen <sup>1)</sup>. Fig. 318 bis 320 zeigen eine derartige Vorrichtung von Charneau <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> A. Lencauchez, Etude sur les combustibles (Paris 1878). — <sup>2)</sup> Ann. industr. 1888, 562.

Gas, die sehr groß werden können. Die Temperaturen von Gas und Luft ändern sich von einem Wechsel zum anderen. Die Kammern werden durch den darin sich ablagernden Staub (namentlich beim basischen Martin-Ofen) verstopft, auch stark angegriffen, und

in zwei lothrechten und einem wagerechten Schnitte. Die Verbrennungsgase entweichen durch die Canäle *A* nach unten zum Schornstein, während durch die Canäle *B* die Verbrennungsluft aufsteigt und stark vorgewärmt in den Feuerraum tritt. Reinigungsöffnungen *C* und *E* vervollständigen die Anlage. Hier findet also kein Wechsel der Flammenrichtung statt.

Nach *H. Klönne* (D. R.-P. Nr. 25 201) tritt die Verbrennungsluft (Oberluft) bei *a* (Fig. 321 u. 322) ein, bewegt sich in Schlangenlinien, welche durch Pfeile bezeichnet sind, beispielsweise durch vier Röhrenelemente, bis sie bei *b* austritt und zum Verbrennungsorte geführt wird. Die Vergasungsluft (Unterluft) tritt bei *c* ein, geht ebenfalls in Schlangenform durch zwei Elemente

Fig. 321.

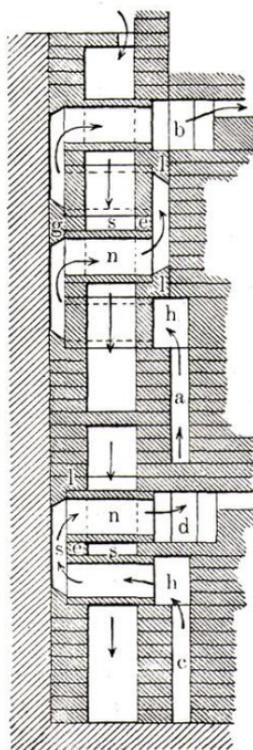
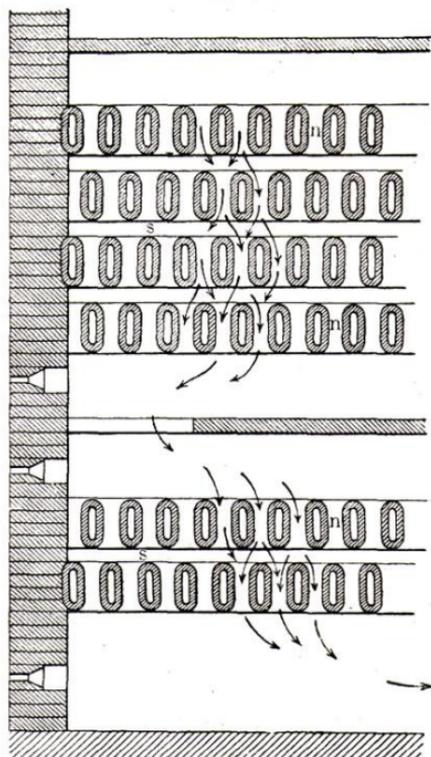


Fig. 322.



und wird von *d* aus unter den Kofst des Generators geführt. Die wärmeabgebenden, abziehenden Rauchgase durchkreuzen die Luftbewegung und ziehen von oben nach unten durch die Wärmeausgleichvorrichtung. Die Construction besteht in der Hauptsache aus einem kreuzweise mit Langschlitzigen gelochten Steine *n*, welcher mit anderen Fassonsteinen *bek* so in Verband steht, daß die Luftwege in der lothrechten Ebene gegen einander verfest sind. Die Canäle *g* dienen zum Putzen und Beobachten der Regeneration. (Vgl. S. 360.)

*E. Meise* (D. R.-P. Nr. 12 761) will den Ofen *A* (Fig. 323) mit dem Wärmeübertrager und dem Generator *G* möglichst nahe stellen. Das im Generator erzeugte Gas wird durch Canal *f* dem Ofen zugeführt, die im Luft-

erhitzer *g* vorgewärmte Luft tritt durch Canal *h* in den Ofen und erhält bei *i* die Verbrennung. Die Producte der Verbrennung entweichen aus dem Ofen bei *k* und strömen in den Sammelcanal *l*, von wo ein Theil derselben durch den Canal *m* um den oberen Theil des Generators, und schließlich durch den Canal *n* nach dem Schornsteincanale *o* geleitet wird, während der übrige Theil der Abhitze durch den Canal *p* in den Lusterhitzer *g* eintritt und bei *r* in den Schornsteincanal *o* geht (Fig. 324).

Der Lusterhitzer *g* besteht aus den Canälen *v*, welche in mehreren Reihen in der Art über einander liegen, daß jedesmal ein Canal einer der Horizontal-

Fig. 323.

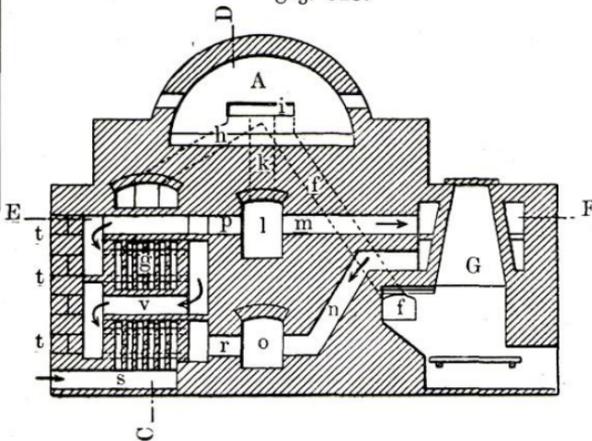
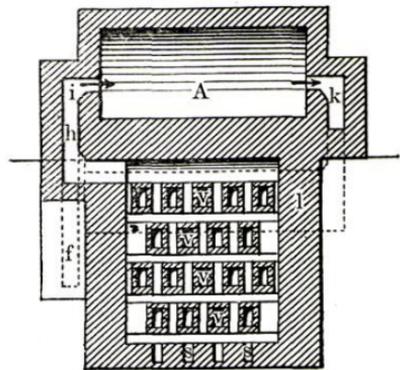


Fig. 324.

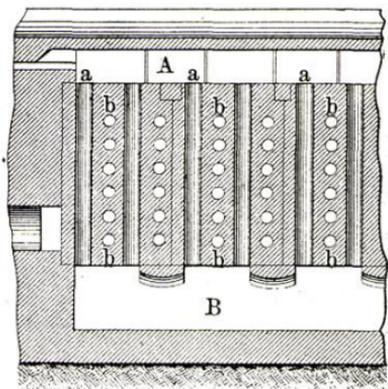


reihen über bzw. unter dem Zwischenraume zwischen den Canälen der nächst unteren oder oberen Reihe liegt. Die Abhitze des Ofens durchstreicht diese Canäle in der Richtung der ange deuteten Pfeile und entweicht bei *r* nach dem Schornsteine. Die zu erwärmende Luft tritt in den Erhitzer bei *s* ein und circulirt um die Canäle *g* in entgegengesetzter Richtung zur Abhitze, um durch den Canal *h* bei *i* den Gasen zugeführt zu werden.

Bei Gasfeuerungen empfiehlt Ch. Schön (D. R.-P. Nr. 22 399) die Anwendung langer, neben einander liegender Canäle für Gas und Luft als Wärmespeicher, was nicht empfehlenswerth ist.

Fig. 325.

Nach Haupt und Mendheim (D. R.-P. Nr. 3972) sind in großen Werkstätten aus feuerfestem Material lothrechte, röhrenförmige Canäle *a* (Fig. 325) angebracht, durch welche die abgehenden Feuergase hindurchstreichen und den ganzen Stein erhitzen, so daß die durch die wagerechten Röhren *b* circulirende Luft sich erwärmt. Die vom Ofen kommenden Flammen treten zu-



nächst in den Canal *A*, durchziehen die Röhren *a* und gelangen durch den Canal *B* zum Schornsteine. Die Verbrennungsluft wird von außen mittelst Canälen in die Röhren *b* eingeführt, von welchen sie schließlich zu den Gasen behufs deren Entzündung gelangt.

Nach Daelen und Blezinger<sup>1)</sup> entweichen die Verbrennungsgase zuerst durch gemauerte Canäle, dann um gußeiserne, ovale Rohre; die zu erwärmende Luft wird parallel durch die Rohre und die entsprechenden Canäle den entgegengesetzten Weg nach unten gedrückt und nimmt auf diese Weise die Abhitze

Fig. 326.

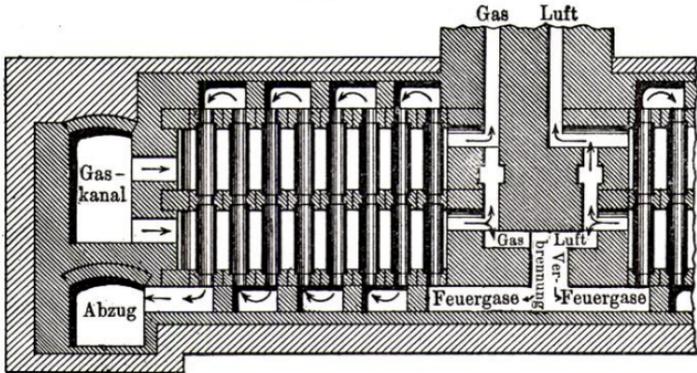
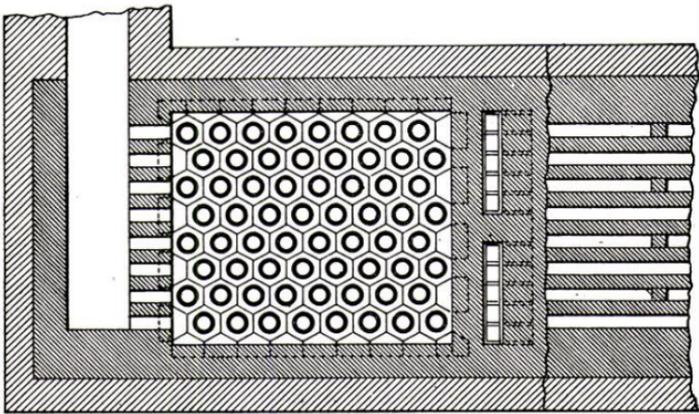


Fig. 327.



der Feuergase auf (Fig. 326 und 327). Durch Verstellen des Gasventils und der Luftklappe kann die Flamme fast augenblicklich geregelt werden. — Werden diese „Recuperatoren“ aus dünnwandigen (25 bis 30 mm) Thonröhren mittelst entsprechender Paßstücke zusammengesetzt, so gehen die den Recuperator erheizenden Feuergase durch die Röhren auf und ab, die zu erheizenden Gase umspülen die Rohre. Der Zwischenraum zwischen den Röhren ist zwar reichlich, aber doch so bemessen, daß die gesammte Oberfläche der Rohre von den zu erheizenden Gasen bestrichen werden muß. Von den in den

<sup>1)</sup> Stahl u. Eisen 1893, 464.

Recuperatoren erhitzten Gasen und der erhitzten Luft wird ein geringer Theil in eine Verbrennungskammer vor den beiden Recuperatoren geführt und so auf einfache Weise die fortwährende Heizung der Recuperatoren erzielt. Der größte Theil der erhitzten Gase sowie Luft gehen auf möglichst kurzem Wege zum Ofen. — Dauber (D. R.-P. Nr. 77 399) will statt dessen Schlangenzöhrren verwenden.

Nach A. Püttsch (D. R.-P. Nr. 1034) werden die Brenngase in dem Generator *A* (Fig. 328 u. 329) erzeugt, treten in die Feuerbrücke *B* und entzünden sich dort an der aus dem Spalt *a* ausströmenden, stark vorgewärmten Luft und streichen als Flammen über den Herd *C*. Die abziehenden Feuergase gelangen durch den Fuchs *b* in die Steuerkammer *D*. Diese enthält zwei Oeffnungen *d*<sub>1</sub> und *d*<sub>2</sub>, welche zu den beiden Recuperatoren *E*<sub>1</sub> und *E*<sub>2</sub> führen und abwechselnd durch einen aus feuerfestem Material hergestellten Schieber geöffnet und geschlossen werden können. In Fig. 329 hält der Schieber die Oeffnung *d*<sub>2</sub> verschlossen, die abziehenden Feuergase ziehen daher durch die Oeffnung *d*<sub>1</sub> in den Recuperator *E*<sub>1</sub> und geben ihre Wärme an die daselbst gitterförmig aufgestellten Steine ab, worauf sie durch den Canal *c*<sub>1</sub> bei der aus Fig. 329 ersichtlichen Stellung der Luftklappe *F* in den Schornstein canal *e* gelangen.

Inzwischen tritt atmosphärische Luft durch das mit einem Regelschieber versehene Luftloch *f* (Fig. 329) auf die andere Seite der Luftklappe *F* und von dort aus in den Canal *c*<sub>2</sub>, durchstreicht den durch vorherigen Betrieb erhitzten Recuperator *E*<sub>2</sub> und verläßt denselben stark erwärmt durch die Oeffnung *g*<sub>2</sub>, welche zu einer zweiten Steuerkammer *G* führt. Letztere ist der früher beschriebenen Steuerkammer *D* analog angelegt. Je nach der Stellung ihres Schiebers correspondirt sie durch die Oeffnungen *g*<sub>1</sub> und *g*<sub>2</sub> abwechselnd mit einem der beiden Recuperatoren *E*<sub>1</sub> und *E*<sub>2</sub>. Aus der Steuer-

Fig. 328 u. 329.

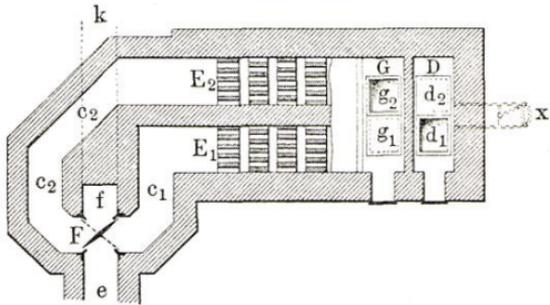
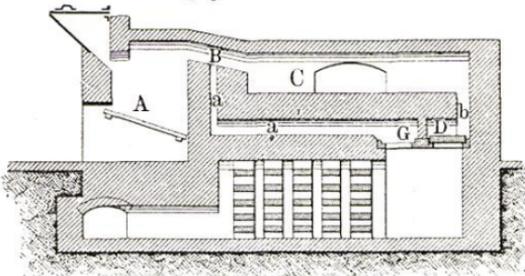
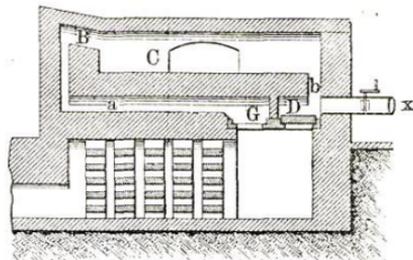


Fig. 330.



Steuerkammer *G* führt. Letztere ist der früher beschriebenen Steuerkammer *D* analog angelegt. Je nach der Stellung ihres Schiebers correspondirt sie durch die Oeffnungen *g*<sub>1</sub> und *g*<sub>2</sub> abwechselnd mit einem der beiden Recuperatoren *E*<sub>1</sub> und *E*<sub>2</sub>. Aus der Steuer-

kammer  $G$  tritt dann die heiße Luft in den zur Feuerbrücke führenden Canal  $a$ . Bei der gezeichneten Stellung ist die Oeffnung  $g_1$  geschlossen, so daß die im Regenerator  $E_2$  erhitzte Luft durch  $g_2$  in den erwähnten Canal  $a$  tritt und die Gase an der Feuerbrücke entzündet. Nach einer gewissen Zeit wird die Stellung der beiden Schieber sowie der Luftklappe gewechselt. Der Weg der abziehenden Feuergase geht dann durch die jetzt frei liegende Oeffnung  $d_2$  nach dem abgekühlten Regenerator  $E_2$  und hierauf durch den Canal  $e_2$  nach dem Schornsteincanale  $e$ ; die durch das Luftloch einziehende atmosphärische Luft dagegen tritt durch den Canal  $e_1$  in den heißen Regenerator  $E_1$  und von dort durch die Oeffnung  $g_1$  in die Steuerkammer  $G$ . Für beide Fälle der Schieber und Luftklappenstellung ist die Zugrichtung nur in den Regeneratoren und den Canälen bis zur Luftklappe eine verschiedene, im Ofen selbst bleibt sie unverändert.

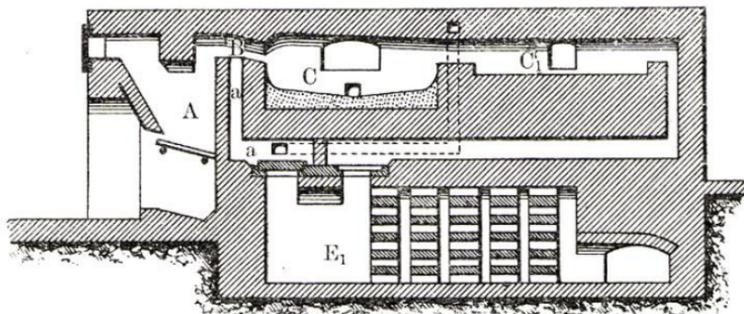
Statt der Schieber werden nun, nach Pat. 2885, auch Wechsellappen mit oder ohne Kühlung zur Leitung der Feuergase in die Regeneratoren angewendet, auch können Sandverschlässe statt der Schieber für die Absperrungen benutzt werden. Diese Construction findet dort Anwendung, wo örtliche Verhältnisse die Aufstellung Siemens'scher Regenerativ-Ofen verbieten. Durch Pat. 3013 soll die Möglichkeit gegeben werden, bei constanter Zugrichtung im Ofen sowohl Oxydations- als auch Reductionsprozesse vornehmen zu können. Soll das letztere geschehen, so erhält der Ofen die in Fig. 330 (a. v. S.) dargestellte Gestalt. Der Generator  $A$  in Fig. 328 ist entfernt und bei  $x$  in Fig. 330 ein regelbarer Zutritt für die atmosphärische Luft hergestellt. Das zur Reduction erforderliche Gas wird dem Ofen aus einem Generator durch den Canal  $k$  zugeführt, welcher in die Wechsellappe  $F$  mündet (die punktirte Linie in Fig. 329), das Gas durchströmt in der gezeichneten Stellung der Klappe  $F$  den vorher erhitzten Regenerator  $E_2$ , tritt mit hoher Temperatur in die Steuerkammer  $G$  und von dort aus durch den Canal  $a$  in den Herd  $C$ , wo es eine reducirende Wirkung ausübt. Das aus dem Herde abziehende, immer noch sehr heiße Gas wird nun im Fuchs  $b$  an der daselbst durch  $x$  eintretenden atmosphärischen Luft entzündet, und nimmt seinen Weg als Flamme durch die Oeffnung  $d_1$  nach dem mit der Wechsellappe und dem Schornsteincanal  $e$  in Verbindung stehenden Regenerator  $E_1$  und erhitzt die Steine des letzteren. Beim Wechsel der Klappe  $F$  und der Schieber (entsprechend Pat. 1034) wird das Gas in den heißen Regenerator  $E_1$  strömen, während der abgekühlte Regenerator  $E_2$  durch das vom Herde kommende und entzündete Gas erhitzt wird. Es wird somit im Ofen ein Strom von glühenden Gasen mit constanter Richtung und hoher Temperatur erzeugt.

Soll nun der Ofen als Oxydationsofen dienen, d. h. will man auf dem Herde nur mit glühender Luft arbeiten, so tritt die atmosphärische Luft bei  $f$  ein, welche jetzt denselben Weg durchläuft wie vorher das Gas, und die Gase werden bei  $x$  der vom Herde kommenden heißen Luft zugeführt. Durch die gebildeten Flammen werden wiederum die Regeneratoren wechselseitig erhitzt. Durch passend angebrachte, mit den nöthigen Sperrvorrichtungen versehene Zuleitungen für Gas und Luft lassen sich nun nach Püttsch an ein und dem-

selben Ofen sämmtliche für die chemische und hüttenmännische Industrie erforderlichen Prozesse sowohl der Reduction als auch der Oxydation bei constanter Flammenrichtung ausführen.

In einer chemischen Fabrik wurde ein in Fig. 331 dargestellter, mit einem Vorglühherde versehener Reductionsofen erbaut. Die Gase treten aus dem Generator *A* in eine Feuerbrücke *B*, werden durch die aus dem Canal *a* dem Regenerator *E*<sub>1</sub> entströmende heiße Luft zur reducirenden Flamme

Fig. 331.



entzündet und durchstreichen den Herd *C*, um in den Vorglühherd *C*<sub>1</sub> einzutreten. *C* und *C*<sub>1</sub> sind durch eine Feuerbrücke geschieden, in welcher der aus dem Herde *C* kommenden Flamme durch den in der Zeichnung angedeuteten Canal nochmals heiße Luft zugeführt wird, welche, wie die punktirten Linien andeuten, ebenfalls aus dem Regenerator entnommen ist. Es ist also die Möglichkeit gegeben, in ein und demselben Ofen, je nach der Menge Luft, welche der Flamme im Vorglühherde zugeführt wird, gleichzeitig zu oxydiren und zu reduciren.

Friedr. Siemens (D. R.-P. Nr. 31113) versuchte<sup>1)</sup> seiner Ansicht Verbreitung zu verschaffen, daß in den von ihm construirten Gasflamöfen die Wärme nicht durch Berührung mit der Flamme selbst, sondern nur durch Strahlung übertragen werde, während die aus der Kammer entweichenden Verbrennungsproducte nur durch unmittelbare Berührung mit den zu erhitzenden Flächen wirken sollen. Siemens meint ferner, jede Heizflamme besitze bis zu einem gewissen Grade der Entwicklung eine viel größere Wärmeausstrahlung als später, trotzdem noch viel Wärme in der Flamme vorhanden sei, und

<sup>1)</sup> Vergl. F. Siemens, Heizverfahren mit freier Flammenentfaltung (Berlin 1885). Vortrag im Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes am 1. Dec. 1884 (vergl. Sitzungsberichte 1884, 259) bezw. auf der Generalversammlung für Gesundheitstechnik zu Frankfurt a. M. (vergl. Gesundheitsingenieur 1884, 602 und 1885, 268), in der III. Hauptversammlung des Sächsischen Ingenieur- und Architektenvereins (vergl. Civilingenieur 1884, 537), endlich in der gemeinschaftlichen Versammlung des Niederrheinischen, Kölner, Bergischen und Ruhr-Bezirksvereins deutscher Ingenieure in Düsseldorf, 7. Febr. 1885 (vergl. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1885, 405); Verg. u. hüttenm. Ztg. 1885; Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1885, Heft 15; Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen 1885.

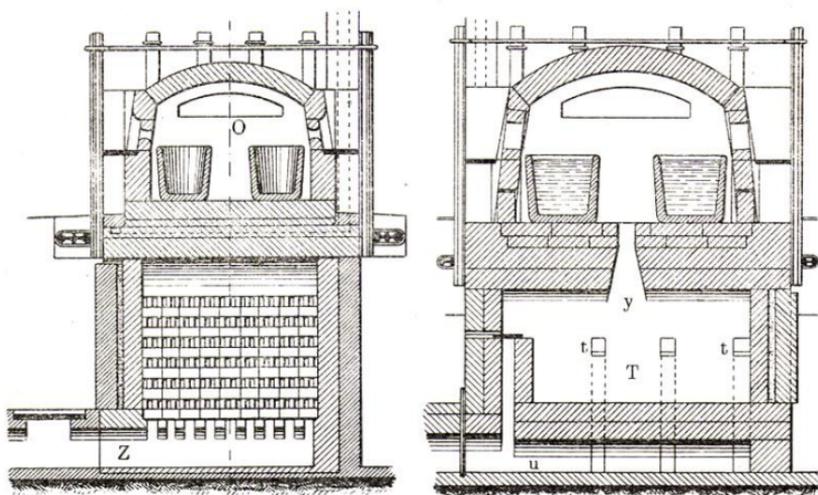
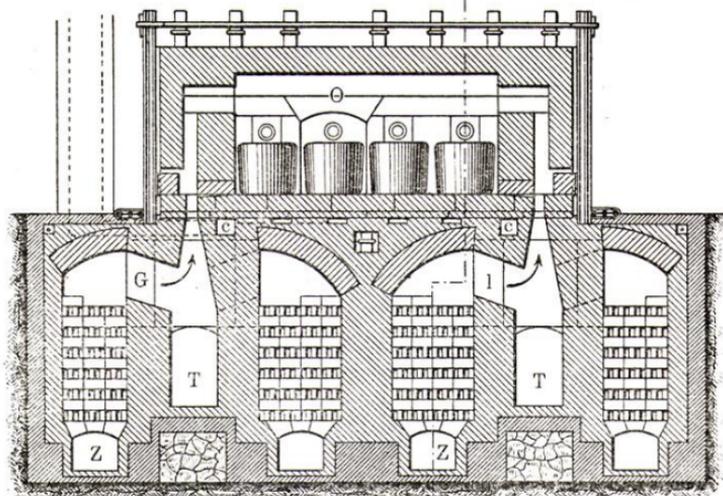
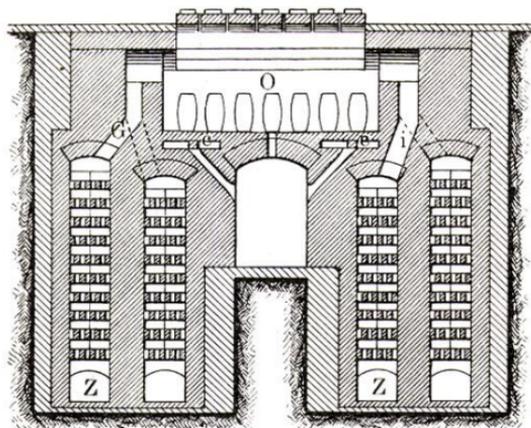


Fig. 335.



bezeichnet diesen Anfangszustand als „actives Stadium“, den zweiten Theil der Flamme aber als „passives Stadium“.

Die Fig. 332 bis 334 veranschaulichen die Einrichtung der neuen Feuerung bei Glashafenöfen, Fig. 335 bei einem Tiegelstahlschmelzofen, Fig. 336 und 337 (a. f. S.) bei einem hufeisenförmig gestalteten Glasschmelzwannenofen für ununterbrochenen Betrieb, Fig. 338 bei einem hufeisenförmig gestalteten Glasschmelzhafenofen, Fig. 339 und 340 bei einem Stahlschmelzofen und Fig. 341 bei einem Dampfkessel. Bei sämtlichen Öfen in Fig. 332 bis 340 umschließt ein Gewölbe den Ofenraum *O*. Von den vier Regeneratoren dienen zwei für Gas und zwei für Luft; vier Canäle *Z* führen Gas und Luft von den Wechsellappen nach den Regeneratoren oder die Verbrennungsgase in umgekehrter Richtung, während die Canäle *Gg* und *Ll* die Regeneratoren mit dem Ofenraume verbinden. Darunter befinden sich bei den Glasöfen die zur Aufnahme von Herdglas und Gemengestaub bestimmten Taschen *T* (vergl. Fig. 332 und 334). Die Arbeitsplätze sind in bekannter Weise mit Deckeln versehen.

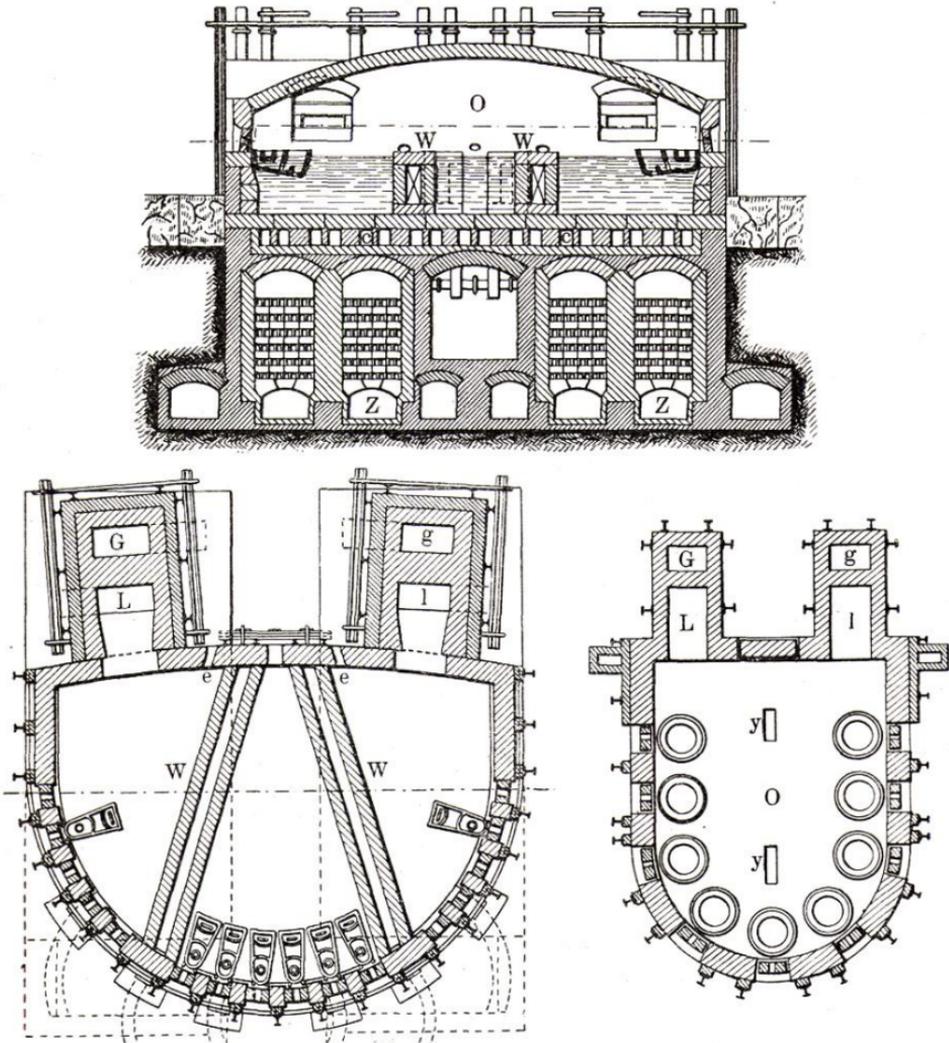
Um den beabsichtigten Zweck bei Glasschmelzhafen zu erreichen, mußte man von der Anlage der Gas- und Luftflüchse zwischen den Hafen absehen, dieselben an die Stirnwände verlegen und Gas und Luft entsprechend hoch in bestimmter Richtung in den Ofenraum eintreten lassen, jedoch so, daß sie von dem Gewölbe als auch von den Seitenwänden des Ofenraumes abstehen, wie in Fig. 332 bis 334 bezw. Fig. 338 zu ersehen ist; dadurch wird der Flamme genügend Raum zur freien Entwicklung gegeben und möglichst fern von den Wandungen gehalten. Es ist ferner vortheilhaft, die vier Regeneratoren mit ihren Verbindungsanälen *Z* rechtwinkelig zur Längsachse des Oberofens zu legen, wodurch die Lage der Wechsellventile auf der Breitseite des Oberofens bedingt wird.

In Fig. 337 und 338 liegen die Gasanäle *G* und *g* bezw. die Luftanäle *L* und *l* hinter einander, während in Fig. 330 bis 340 diese Canäle neben einander angeordnet sind. Die Glasstaschen befinden sich bei dem Ofen Fig. 332 zwischen einem Paar Regeneratoren; Fig. 336 zeigt dagegen eine Anordnung, wo nur eine Glasstasche vorhanden und dieselbe mitten im Ofen gelegen ist. Besondere Canäle *t* zweigen sich hier an mehreren Stellen seitlich in dem Mauerwerke der Tasche ab und vereinigen sich unter derselben in einem gemeinschaftlichen Canale *u*, welcher mit dem Schornsteine in Verbindung steht. Diese Anordnung bezweckt, da man durch Stellung eines Schiebers durch die Oeffnung *y* (vergl. auch Fig. 334) mehr oder weniger Hitze in die Tasche gelangen lassen kann, diese selbst sowie das in sie geflossene Herdglas genügend heiß zu erhalten oder beliebig hoch zu erhitzen, um dasselbe nach Wegnahme der Vorsetzer leicht entfernen zu können. Durch kleine Canäle *c* wird mittelst eines Schornsteines Luft angesaugt, um dadurch die Herdbank vor rascher Abnutzung zu schützen.

Bei dem Glasofen in Fig. 336 und 337 liegen die Regeneratoren neben einander und führen am Ende eines jeden Regenerators die bezüglichlichen Canäle *Gg* und *Ll* nach oben, unter denen sich wieder Flugstaubbammern

befinden. Diese Canäle, welche — wie in der Fig. 337 und 338 gezeichnet — getrennt in dem Ofenraume *O* münden, können auch, etwas vor diesem sich vereinigend, hoch über dem Glaspiegel in den eigentlichen Ofenraum *O* eintreten, so daß die Flamme, sich weit ausbreitend; diesen halbkreisförmig durchziehen kann, ohne irgend auf das eingetragene Gemenge, noch auf den Glaspiegel selbst und die Zwischenwände aufzuschlagen.

Fig. 336 bis 338.

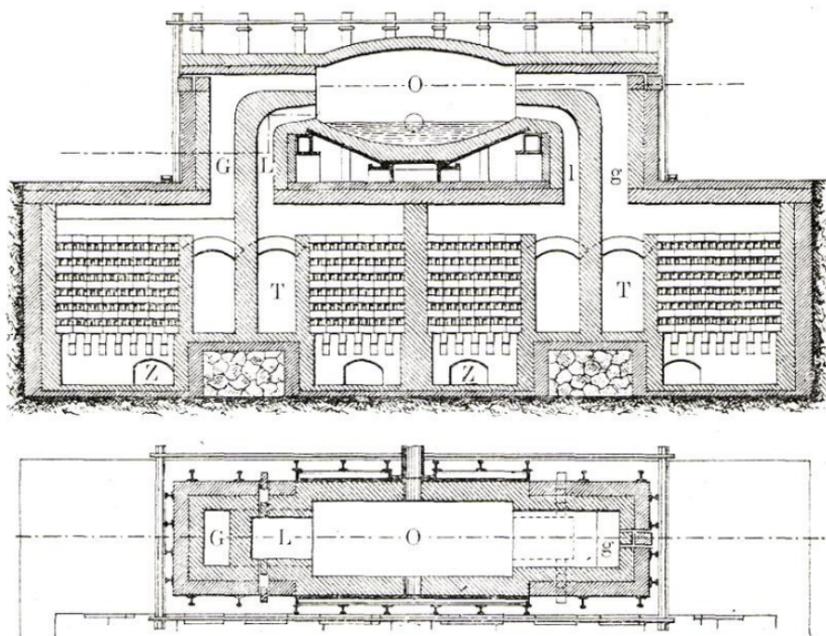


In der Richtung der Regeneratoren=Längsachse schließen sich an den Oberbau auf der einen Seite die zwei Vorbauten für die vier von den Regeneratoren aufwärts steigenden Canäle an, während auf der anderen Seite, auf dem Halbkreise vertheilt, sich die Arbeitsplätze mit der davor liegenden Arbeitsbühne befinden. Diese Vorbauten sind mit mehreren Oeffnungen versehen, um von rückwärts das Innere der Füchse vollständig beobachten, bei Bedarf aus-

bessern zu können. Die Vorbauten sind nicht in oder parallel der Längsachse der Regeneratoren erbaut, sondern erheben sich über je zwei derselben, so daß ihre Mittelachsen der Mitte des Ofens zugewendet sind. Dieselben stehen vollkommen frei, daher gut gekühlt und ohne inneren organischen Zusammenhang mit dem übrigen Oberofen; als besondere Ofentheile erbaut, dienen sie weder als Widerlager des Ofengewölbes, noch sind sie von dessen Bewegungen abhängig. Zwischen diesen Vorbauten befinden sich die Einlegestellen *e*, durch welche das zu schmelzende Gemenge eingetragen wird.

Das Innere des Ofens ist durch die mit starken Kühlcanälen versehenen Wände *W* in drei Theile getheilt, um gleichzeitig drei verschiedene Farben Glas

Fig. 339 u. 340.

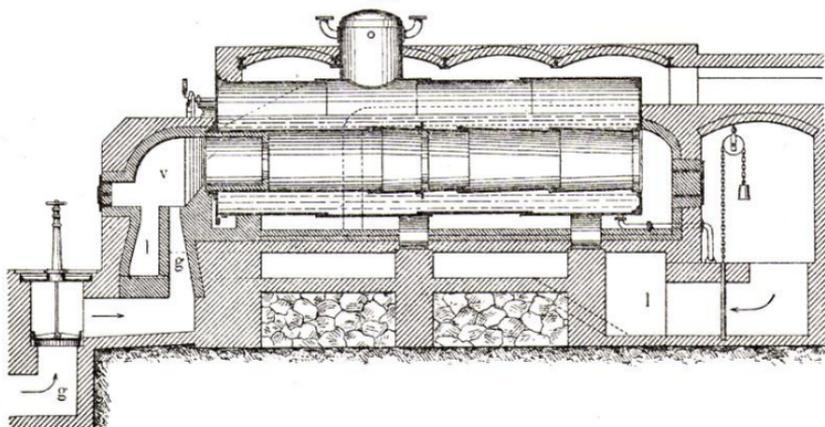


erzeugen zu können. Die Kühlung der Bant des Ofens wird wieder durch Canäle *c* bewirkt, welche mit einem größeren Schornsteine verbunden sind.

Bei Dampfkesselanlagen soll die Flamme in ihrem activen Stadium das Flammrohr durchziehen, ohne die Wandungen in irgend einem Punkte zu berühren, während der passive Theil der Flamme unter und neben den äußeren Kesselwänden so geführt wird, daß eine recht innige Berührung mit den Kesselwänden und der Einmauerung stattfinden muß. Das von dem Generator durch den mit einem Absperrschieber versehenen Canal *g* (Fig. 341 a. f. S.) ankommende Gas tritt an dem Kopfsende des Kessels in einen weiten Vorfeuer-raum *v* ein, der sich vor dem Feuerrohre befindet und zu welchem Thüren führen, die zum Anstecken des Gases, zur Reinigung der Füchse bezw. zum Beobachten des Verbrennungsprocesses dienen. Gleichzeitig mündet in den Vorfeuer-raum der Luftzuführungs-canal *l*, welcher hinten am Kessel mit einem

Regulirschieber versehen ist. Vor jedem Feuerrohre liegt je ein Paar Gas- und Luftföfche, welche in den weiten gemeinsamen Vorfeuertraum münden, in welchem sich die Flammenbildung vollzieht. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, sind die Köpfe der Feuerrohre mit einem Scharmottentmantel ausgekleidet, welcher an seinem dem Inneren des Kessels zugewendeten Ende noch einen besonderen Scharmotterringeinsatz trägt. Derartige Einsätze wiederholen sich in

Fig. 341.



gewissen Abständen in den Feuerrohren sowie am hinteren Ende eines jeden. Die Größe des Vorfeuertraumes ist so gewählt, daß eine freie Entwicklung der Flamme gesichert erscheint; diese durchfließt die Feuerrohre in ihrem ersten Stadium, durch den vorderen Scharmotteneinsatz und die angebrachten Scharmotterringe von einer Berührung der Kesselwände thunlichst abgehalten. In den weiteren Zügen des Kessels wirken dann die Verbrennungsproducte durch unmittelbare Berührung.

Die Zerstörung fester Körper durch unmittelbare Berührung mit der Flamme erklärt Siemens in folgender Weise: „Soweit allgemein angenommen, stellt die Flamme einen sehr erregten Zustand der Gasmolecüle dar. Die Atome der verschiedenen Gasarten sind, physikalisch (vielleicht elektrisch) heftig angeregt, in sehr lebhafter Bewegung begriffen, wahrscheinlich um einander rotirend. Bringt man einen festen Körper in unmittelbare Berührung mit einer derart aufgeregten Gasmasse, so übt die Fläche des Körpers unbedingt eine beruhigende Wirkung auf die Gasmolecüle aus; letztere stoßen auf die Flächen und werden in Folge von Adhäsion und Attraction an dieselben gebannt und daher in ihrer Bewegung gehindert. Durch Verhinderung der nöthigen Bewegung wird natürlich auch die Verbrennung selbst gestört, denn ohne Bewegung giebt es ja keine Verbrennung. An den Flächen bildet sich eine Rauchatmosphäre, welche von der strahlenden Wärme der übrigen Flamme nicht durchdrungen werden kann; die gestörte Verbrennung, Raucherzeugung und unvollkommene Wärmeentwicklung und Uebertragung ist demnach vollständig erklärt. Es ist nicht ganz so leicht, die Ursache der thätlichen Zerstörung der Flächen fester Körper durch ihre Berührung mit der Flamme wissenschaftlich zu beweisen, kann aber leicht durch die elektrische Flammentheorie erklärt werden, wonach die Flamme aus einer Anzahl kleiner elektrischer Entladungen, sehr klein, aber sehr zahlreich, besteht. Demnach würde der unmittelbar mit der Flamme in Berührung gebrachte Körper durch dieses Bombardement von elektrischen Entladungen rasch zerstört werden müssen. Eine andere Erklärung könnte dadurch gegeben werden, daß

die den in heftiger Bewegung befindlichen Moleculen der Flamme innewohnende lebendige Kraft nur theilweise zur Erzeugung von Wärme Verwendung finden kann, weil der die Bewegung hindernde Körper eine ungestörte Entwicklung der Flamme nicht gestattet. Der Rest der vorhandenen lebendigen Kraft der Flammenmoleculen wird in mechanische Arbeit umgesetzt, die durch Zerstörung des ihre freie Bewegung hindernden Körpers ihren Ausdruck findet.“

„Die große Licht- und Wärmeausstrahlungsfähigkeit der lebendigen Flamme hat ihren Grund in der Durchlässigkeit derselben für Licht- und Wärmestrahlen. Nicht allein die Oberfläche der Flamme ist es, welche ausstrahlt, sondern auch von innen heraus vollzieht sich die Ausstrahlung. Aus diesem Grunde wächst die Licht- und Wärmeausstrahlung in außerordentlichem Maße mit der Größe der Flamme. Während ein fester Körper bei der doppelten Oberfläche nur doppelt so viel Licht und Wärme ausstrahlt, steigt diese Ausstrahlungsfähigkeit bei einer Flamme nach dem Inhalte, also um das Vierfache. Daher kommt es auch, daß, wenn man mit strahlender Wärme arbeitet, bei größeren Ofenkammern, in welchen sich die Flamme ausbreiten kann, die Leistung und die Oekonomie von Brennmaterial so sehr gefördert wird. Die Ursache, warum die Heizflamme in ihrem zweiten neutralen Stadium so wenig Wärme ausstrahlt, liegt hauptsächlich in der Abwesenheit von freien Kohlenstoffpartikeln, aus welchem Grunde es auch erklärlich ist, daß bei Anwendung gewisser Sorten Brennmaterial — wie Koke, Anthracit oder mittelst der Kohlenoxydgasflamme oder des Bunsenbrenners — durch Wärmeausstrahlung verhältnißmäßig wenig Erfolg erzielt wird. Es fehlt bei diesen Verbrennungen an freiem Kohlenstoff, d. h. an festen Körperteilchen, ohne deren Anwesenheit Licht und Wärme ausstrahlende Flammen nicht erzeugt werden können. Zur besseren Ausnutzung der strahlenden Wärme muß man sich unbedingt das geeignete Brennmaterial wählen; denn dasjenige Heizmaterial, welches die größte Masse freier Kohle in der Flamme entwickelt, bietet in diesem Falle unbedingt die größte Bürgschaft in Bezug auf Heizkraft und Oekonomie. Trotzdem wird man nicht umhin können, auch bei einer nicht Wärme ausstrahlenden Flamme für eine freie Brennkammer sorgen zu müssen, denn ohne diese ist eine vollkommene Verbrennung aus gleichen Gründen unmöglich und auch die anderen oben aufgestellten Uebelstände treten zweifelsohne ein.“

Einen anderen Wärmenglasofen von Siemens zeigen Fig. 342 bis 344 (a. f. S.) in drei Schnitten. Die Berechnung der Wärmeverhältnisse desselben von Westmann<sup>1)</sup> ist nur theilweise zutreffend.

In den weiteren Patenten von F. Siemens (D. R.-P. Nr. 38 532, 39 558, 45 838, 59 930) werden diese weiten Verbrennungsräume für verschiedene Zwecke angewendet.

F. Siemens sagte ferner in seinem erwähnten Vortrage vom 1. December 1894:

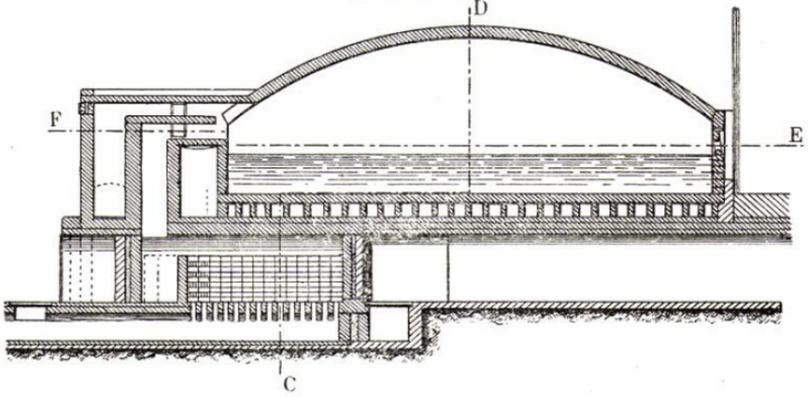
„Wenn man eine Heizflamme mit dem zu erhitzenden festen Körper in directe dauernde Berührung bringt, so wird man eine gegenseitige Einwirkung wahrnehmen, welche darin besteht, daß die Flamme selbst in ihrer Verbrennung, auch nach erfolgter Erwärmung des Körpers, gestört wird, daß sich Rauch entwickelt und dementsprechend weniger Wärme erzeugt wird. Der feste Körper dagegen leidet mit der Zeit in außerordentlicher Weise, und zwar nicht nur durch die Hitze allein, sondern vorzugsweise durch die mechanische und chemische Einwirkung der Flamme.

Diese Erscheinungen zeigen sich jedoch nur in dem ersten Entwicklungsstadium der Flamme. Nachdem die eigentliche Verbrennung beendet ist, wird weder die Flamme durch die Einwirkung des festen Körpers, noch der feste Körper durch die Einwirkung der Flamme wesentlich beeinflusst.

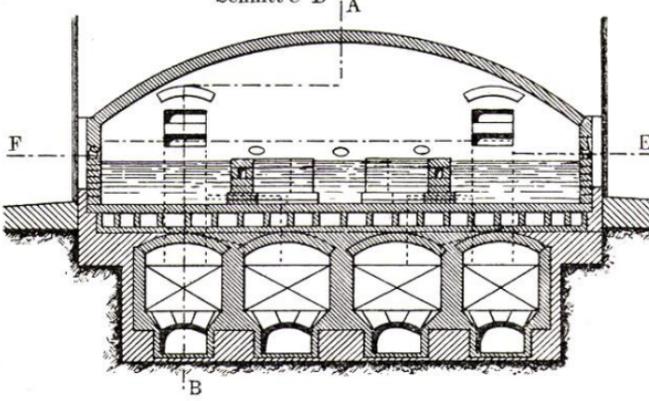
<sup>1)</sup> Fisher's Jahresber. 1887, 194.

Fig. 342 bis 344.

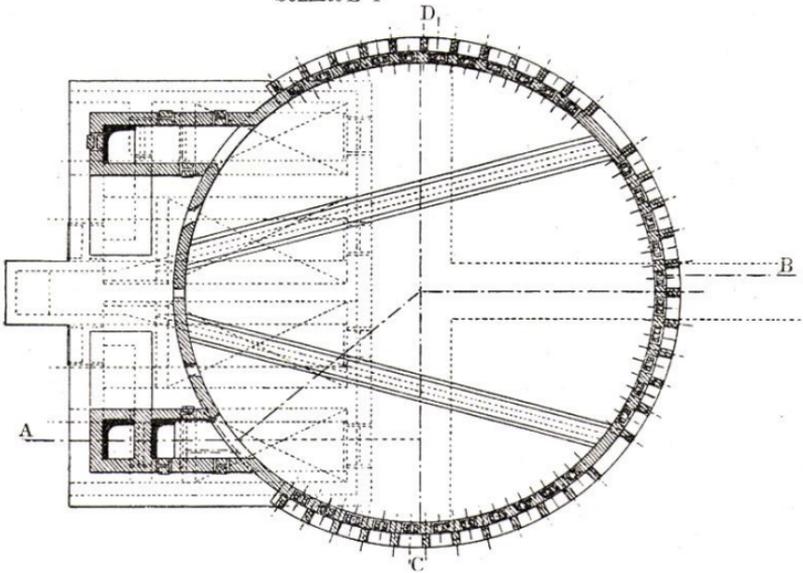
Schnitt A-B



Schnitt C-D



Schnitt E-F



Demzufolge theile ich jede Heizflamme in zwei Theile oder auf einander folgende Stadien, und zwar in das der eigentlichen Verbrennung oder das active Stadium, dem das zweite Stadium, bei welchem man es eigentlich nur mit einer Mischung von Verbrennungsproducten zu thun hat, das passive Stadium, folgt.

Es hat sich fernre herausgestellt, daß eine Flamme in ihrem ersten oder activen Stadium ein ganz außerordentlich starkes Wärmeausstrahlungsvermögen besitzt, während die Wärmeausstrahlungsfähigkeit im zweiten oder passiven Stadium verhältnißmäßig gering erscheint.

Ich construire dementsprechend alle Oefen und Heizeinrichtungen nach den eingangs angeführten Grundsätzen derart, daß die Flamme durch die Heizkammer geführt wird, ohne das eingebrachte Material oder Schmelzgut, noch irgend welche Theile der Oefenwände selbst zu berühren. Die Flamme soll also gar nicht durch Berührung, sondern ausschließlich durch Wärmeausstrahlung wirken. Erst nachdem die eigentliche Verbrennung im freien Raume der Oefenkammern vollständig erfolgt ist, also die Flamme in das zweite Stadium tritt, wird dieselbe erst zur ferneren Ausnutzung in directe Berührung mit den zu erheizenden Gegenständen gebracht. Die alternatürlichste Lösung findet diese Flammenführung auf den Regenerativ-Gasöfen angewendet, indem dieser Ofen für seinen rationellen Betrieb gerade die beiden Wärmeübertragungsmethoden, die ich beschrieben habe, bedingt.

In der eigentlichen Heiz- oder Schmelzkammer lasse ich die Flamme in der Kammer frei verbrennen und zwar ohne in Berührung mit den Oefenwänden zu gelangen. Die dann in den Verbrennungsproducten noch erhaltene Wärme wird durch directe Berührung mit den Flächen der die Regeneratoren füllenden losen Ziegelmassen an letztere vollends abgegeben. Im ersten oder activen Stadium wirkt die Flamme demnach in der Heizkammer des Oefens und zwar ausschließlich durch Wärmeausstrahlung; in ihrem zweiten passiven oder neutralen Stadium dagegen durchstreicht die Flamme die Regeneratoren und erhitzt dieselben ausschließlich durch directe Berührung.

Hiermit ist die ganze Verfahrungsweise, welche meinem Heizungsprincipe zu Grunde liegt, vollständig klargestellt."

F. Lürmann<sup>1)</sup> wendet sich scharf gegen die Ausführungen von Siemens; er führt aus: „Daß F. Siemens keine günstigeren Verhältnisse der Verbrennungsräume und der Wärmespeicher für Flammöfen eingeführt hat, als bisher schon vorhanden waren, daß F. Siemens das Princip der Wärmeausstrahlung nicht entdeckt und auch nicht zuerst angewandt hat, weil es eine Wirkung der Flamme ausschließlich durch Strahlung nicht giebt, und daß F. Siemens also keine Erfindung gemacht hat.“

Verf.<sup>2)</sup> zeigte, daß die Siemens'sche Hypothese der „freien Flammenentfaltung“ hinfällig ist. Eine mechanische Störung der Molecularbewegung der Gase ist bei der (fast) unendlichen Kleinheit der Gasmoleküle praktisch ausgeschlossen. Der Einfluß, welchen Thonbrocken im Rohre auf die geringe Diffociation, aber auch auf die rasche Verbindung der Gase haben (S. 205), ist auf die raschere Wärmeübertragung zurückzuführen, wie auch die Versuche mit den innen versilberten Röhren u. dergl. zeigen (S. 207).

Feste Körper stören die Verbrennung nur dann, wenn sie kälter sind,

<sup>1)</sup> Stahl u. Eisen 1885, 239; Freunde eines derben Humors seien noch auf den Briefwechsel zwischen Lürmann und Siemens in „Stahl u. Eisen“ 1885, 465 aufmerksam gemacht. — <sup>2)</sup> Zeitschr. f. angew. Chem. 1889, 12, 69; 1890, 147, 263, 598.

als die günstige Entzündungs- bezw. Verbrennungstemperatur. Glühendes Steingitterwerk begünstigt im Gegentheil die Verbrennung<sup>1)</sup>.

Bei der Art, wie Siemens Gas und Luft getrennt in den Ofen einführt (S. 330), kann ein großer Verbrennungsraum wohl vortheilhaft sein, für andere Ofen ist dieses zwecklos (S. 360). Für die Siemens'schen Ofen mit Wechsel der Flammenrichtung ist ein hohes Gewölbe noch insofern vortheilhaft, als dasselbe den fortwährenden Temperaturwechsel leichter verträgt und eine größere Fläche glühendes Mauerwerk durch Strahlung Wärme übertragen kann. —

Ueber Licht- und Wärmestrahlung verbrannter Gase sind zwei Preisarbeiten des Vereins für Gewerbefleiß erschienen<sup>2)</sup>, von denen aber nur die von N. v. Helmholtz praktisch werthvoll ist. Danach werden von den untersuchten Brennstoffen beim Verbrennen in 6 mm dicker Flamme von der gesammten Verbrennungswärme in Strahlung umgesetzt (Mittelwerthe):

|                       | Hell<br>Proc. | Entleuchtet<br>Proc. |
|-----------------------|---------------|----------------------|
| Wasserstoff . . . . . | 3,61          |                      |
| Kohlenoxyd . . . . .  | 8,74          |                      |
| Methan . . . . .      | 6,17          | 5,15                 |
| Aethylen . . . . .    | 11,5          | 5,12                 |
| Leuchtgas . . . . .   | 8,5           | 5,12                 |
| Erdöl . . . . .       | 18,2          | —                    |

Besonders beachtenswerth ist das hohe Strahlungsvermögen des Kohlenoxyds, welches noch größer ist, als das der leuchtenden Leuchtgasflamme. Nicht leuchtende Kohlenwasserstoffflammen setzen nur 5,1 Proc. ihres Brennwerthes in Strahlung um. Bei nicht leuchtenden Flammen steigt das Strahlungsvermögen mit dem Durchmesser der Flamme. — Helmholtz bespricht besonders das Siemens'sche Heizverfahren mit freier Flammenentfaltung. Nach Westmann (vergl. S. 345) sollen 38 Proc. des theoretischen Brennwerthes der Generatorgase zum Schmelzen des Glases verwerthet sein. Helmholtz stellt nun folgende Betrachtungen an:

Wenn es möglich wäre, eine verbrennende Gasmasse vor der Berührung mit kalten Körpern oder atmosphärischer Luft zu schützen, so müßte sie allmählich ihre ganze Verbrennungsenergie in Form von Strahlung ausgeben. Je länger diese Berührung vermieden wird, desto ausgiebiger ist die Strahlung; und darin liegt auch der Grund, warum eben dickere Flammen stärker strahlen als dünne, weil die atmosphärische Luft längere Zeit braucht, in jene einzudringen, als in diese. Bei den Siemens'schen Ofen wirkt die Größe und die geringe Zuggeschwindigkeit günstig auf die Ausnutzung des Strahlungsvermögens der Flamme, zu Ungunsten so großer und massiver Flammen spricht aber die Absorptionskraft des Gases für

<sup>1)</sup> Vergl. auch die Versuche mit der Drahtkugel (Dingl. Journ. 247, 34). Wenn Siemens schreibt (Civil-Ing. 1886, 382): „Wenn ich die leuchtende Flamme direct in eine Generatorkammer hineinschlagen lasse, brennt sie nicht mehr; man erhält nur Rauch und keine Hitze. Die im Ziegelgitterwerk enthaltenen freien Räume sind so eng, daß die Verbrennung nicht stattfinden kann, auch wenn die Flächen heiß sind“; so ist er eben nicht mehr ernst zu nehmen. — <sup>2)</sup> Verhandl. des Vereins z. Beförderung d. Gewerbefleißes 1889, 201, 357.

keine eigenen Strahlen<sup>1)</sup>. Dieselbe muß bei derartigen Flammen der Steigerung der Strahlung durch Volumenvermehrung eine frühe Grenze setzen. Nach Rosetti ist bereits eine Leuchtgasflamme von 1 m Dicke für ihre eigenen Strahlen undurchlässig. Erinnern wir uns ferner der Tyndall'schen Versuche über das Absorptionsvermögen der Kohlenäure für die Strahlen der Kohlenoxydflamme, so müssen wir schließen, daß in jenen mehrere Meter weiten Oefen so gut wie keine Strahlung von einer Seite des Flammenraumes zur anderen gelangen kann. Dadurch wird natürlich eine Verlangsamung der Wärmeabstrahlung so großer Flammen bedingt und bewirkt, daß sie mehr Wärme aus dem Ofen entführen, als es eine dünnere Flamme thun würde, es sei denn, daß der Ofen entsprechend länger gebaut ist. — Eine öfters aufgeworfene Frage ist es ferner, ob nicht die Vorwärmung in den Regeneratoren und die dadurch bedingte schnellere Rußverbrennung die Strahlung der Flamme eher schwäche als vermehre. Die erwähnten Versuche sprechen bei kleinen Flammen scheinbar dafür; aber auch hierin ist die Uebertragung auf jene großen Verhältnisse nicht ohne Weiteres gestattet. Der ganz überwiegende Haupttheil der Flammenstrahlung geht in jenen Oefen von der Kohlenäure, nicht (wie Siemens behauptet) von den festen Kohletheilchen aus. Die Kohlenäurestrahlung der Flamme besteht aus chemischer Strahlung und aus regulärer Temperaturstrahlung. Die erstere wird durch Vorwärmung geschwächt, die letztere gesteigert. Bei kleinen Flammen überwog der Einfluß der ersteren, weil die reguläre Strahlung der heißen Producte durch atmosphärische Luft doch sehr schnell gedämpft wird. Dieser Grund fällt in den Oefen fort. Dieselben dürften ihrem Hauptvolumen nach von solcher Kohlenäure angefüllt sein, deren eigentliche Verbrennung schon „abgeklungen“ ist, und die nur noch vermöge ihrer sehr hohen Temperatur strahlt. Je höher diese, desto stärker ist die Gasstrahlung, d. h. dieselbe steigt mit der Vorwärmung. Aus diesem Grunde ist es wahrscheinlich, daß auch die ganze Strahlung der Flamme stärker ist, als wenn man sie nicht vorwärmte und rußend abziehen ließe, abgesehen natürlich von anderen Vortheilen, welche die Vorwärmung bietet. — Nach Westmann hatte das Ofengewölbe eine Fläche von 112 qm, die Glasmasse eine solche von 65 qm und eine Temperatur von etwa 1200°. In der Minute verbrannten 0,332 cbm Gas, welche 413 w entwickelten. 38 Proc. der Verbrennungswärme werden nach Westmann zum Schmelzproceß gebraucht, also die Secunde 158 w. Angenommen, was eine sehr ungünstige Annahme ist, das Ofengewölbe und das Glas strahlte wie blankes Platin<sup>2)</sup>, also nach Weber Schleiermacher sechsmal schlechter als ein schwarzer Körper. Damit ist dann bedingt, daß der Absorptionscoefficient ein Sechstel sei oder daß Gewölbe und Glas fünf Sechstel der zugestrahlten Wärme reflectiren. Nun sei aus einem beliebigen Grunde das Gewölbe auf 1300° erwärmt, d. h. um 100° höher als die durch das Schmelzgut auf 1200° gehaltene Glasmasse. In diesem Falle strahlt 1 qem des Gewölbes etwa 0,8 cal. mehr als 1 qem des Glases. Nennt man  $\epsilon_1$  die Strahlung des Gewölbes,  $\epsilon_2$  die der Glasfläche für 1 qem, so zeigt eine Betrachtung der Hin-

<sup>1)</sup> Röntgen zeigte, daß Wasserdampf die Fähigkeit besitzt, ultraroth Strahlen (Wärme) in bedeutend höherem Maße zu absorbiren, als dies bei Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff der Fall ist. Röntgen, Versuche über die Absorption von Wärme durch Wasserdampf (Gießen 1884).

<sup>2)</sup> Es strahlt 1 qem Platin nach Weber:

|                |            |                 |           |
|----------------|------------|-----------------|-----------|
| bei 800° . . . | 0,164 cal. | bei 1200° . . . | 1,27 cal. |
| „ 900° . . .   | 0,279 „    | „ 1300° . . .   | 2,09 „    |
| „ 1000° . . .  | 0,465 „    | „ 1400° . . .   | 3,42 „    |
| „ 1100° . . .  | 0,771 „    | „ 1500° . . .   | 7,00 „    |

Für eine schwarze Fläche dagegen — nämlich Platin mit Kupferoxydul bedeckt — ist die Strahlung ungefähr sechsmal größer (1 w = 1000 cal.).

und Herstrahlungen und Reflexionen, daß das Glas für 1 qcm aufnimmt die Wärme:

$$\frac{a(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{1 - (1 - a)^2}, \text{ also } \frac{1/6 \cdot 0,8}{1 - 25/36} = 0,43 \text{ cal.},$$

d. h. die ganze Glasfläche von 65 qm nimmt auf:

$$65 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 0,43 = 280 \, 000 \text{ cal.}$$

Das ist aber schon viel mehr, als zur Schmelzung des Glases verbraucht werden kann! Hätten wir das Strahlungsvermögen eines schwarzen Körpers angenommen, so würden wir sogar 3,1 Millionen cal. als Zustrahlung zur Glasfläche erhalten, also siebenmal mehr, als überhaupt die verfügbare Verbrennungsenergie beträgt, d. h. eine Ueberwärmung von 100° wäre dann überhaupt unmöglich und eine solche von 6° würde schon genügen, um die Schmelzwärme zu liefern. Die wirklichen Strahlungsvermögen von Glas und Gewölbe liegen wahrscheinlich in der Mitte zwischen beiden Annahmen. Es zeigt das Beispiel, mit wie ungeheuren Beträgen von Strahlung in jenen hohen Temperaturen und bei so großen Flächen eine verhältnißmäßig kleine Ueberhitzung des Ofengewölbes in die Rechnung eingeht. Ob nun aber die Wärme der Ofenwand durch Convection oder durch Strahlung von der Flamme geliefert wird, so viel ist sicher, daß für einen in den Ofen gebrachten kalten Körper die Strahlung des Gewölbes viel wesentlicher in Betracht kommt, als die der Flamme. Denn aus der Strahlung der Wand scheidet die Flamme nur die Kohlenäurestrahlen heraus und sendet dafür selbst welche aus, zwar wahrscheinlich mehr, als sie absorbiert hat, aber im Ganzen muß dieser Theil doch klein sein gegen das continuirliche Energiespectrum der Wandung.

Helmholtz schließt: „Vergleicht man die absolute Strahlung von Flammen mit der von festen Körpern, so ergiebt sich, daß letztere insbesondere bei hohen Temperaturen mittelst viel kleinerer Flächen größere Energie ausstrahlen. Will man daher einen möglichst großen Theil der Verbrennungsenergie in Strahlung umsetzen, so wird es im Allgemeinen schneller und ausgiebiger (d. h. innerhalb kleinerer Räume) geschehen können, wenn man die Wärme zuerst an feste Körper überträgt. Wenn die Heizung mit „freier Flammenentfaltung“, welche nothwendig mit großen Räumen und Flächen arbeiten muß, sich als vortheilhaft erwiesen hat, so dürften dies vorzugsweise Gründe bedingen, die außerhalb der Frage der eigentlichen Flammenstrahlung liegen, als insbesondere die Ermöglichung vollständigerer Verbrennung (bei Siemens'scher Anordnung).“

Nach Versuchen von F. Paschen<sup>1)</sup> geben Kohlenäure und Wasserdampf bei Temperaturen zwischen 100 und 1000° ein discontinuirliches Spectrum im Ultraviolett. Die erhaltenen Banden sind die gleichen, welche Julius<sup>2)</sup> als Emission der Flammen gefunden hat, wenn bei der Verbrennung Kohlenäure und Wasserdampf entsteht. Danach ist es sehr wahrscheinlich, daß auch die genannten Flammenspectra nur durch die Temperatur der Moleküle und nicht durch den chemischen Vorgang der Verbrennung entstehen. Die Behauptung Pringsheim's<sup>3)</sup>, daß Gase nur in Folge chemischer Prozesse oder elektrischer Vorgänge zur Emission des für sie charakteristischen Spectrums

<sup>1)</sup> Ann. d. Physik 50, 403. — <sup>2)</sup> Fischer's Jahresber. 1890, 195. — <sup>3)</sup> Ann. d. Physik 49, 347.

gebracht werden können, ist somit unrichtig. — Damit wird auch das „active und passive Stadium“ der Flamme hinfällig.

Die Behauptung, daß durch die S. 340 bis 344 angegebenen Vorrichtungen eine Berührung der festen Körper im Ofen bezw. den Kesselwandungen durch die Flamme verhindert werde, ist bei den lebhaften Bewegungen der brennenden Gase durchaus irthümlich. Wenn ferner das Mauerwerk thatsächlich durch brennende Gase chemisch angegriffen wird (S. 344), so wird dieses auf abwechselnde Reduction und Oxydation zurückzuführen sein (vielleicht auch unter Mitwirkung mitgeführter Alkalien); mechanische Abreibungen können doch nicht durch die Gasmoleküle, sondern nur durch mitgeführten Flugstaub bewirkt werden.

Die ganze Hypothese der freien Flammenentfaltung, des activen und passiven Stadiums der Flamme, ist also durchaus haltlos.

Als Beispiele der verschiedenen Gasfeuerungsanlagen mögen noch folgende angeführt werden.

Der Münchener Generatorofen. Nach E. Schilling <sup>1)</sup> liegt unter der Retortenhausflur der an die Regeneration direct angebaute Generator I (Fig. 345 a. f. S. u. 346). Die Regeneration II bildet den Unterbau für den eigentlichen Ofenraum III und ist durch wagerechte Canäle mit lothrecht über einander liegenden Trennungswänden gebildet. Ueber der Flur liegt der Ofenraum III mit neun Retorten. Die Heizgase gehen vom Generator durch den schräg aufsteigenden zweitheiligen Heizcanal *a* zu den Verbrennungsschlitzten. Die Primärluft tritt durch den mit Regelschieber versehenen gußeisernen Canal *b* über dem Wasserpiegel im Verdampfungskasten ein, zieht mit dem Wasserdampfe unter der Abdeckung des Kastens durch das hintere offene Ende in die Canäle *c* der Regeneration, um zusammen vorgewärmt unter den gegen die Außenluft abgeschlossenen Kofst *d* zu gelangen. Das Wasser tritt durch den an *b* angegoßenen gußeisernen Canal *e* in den Verdampfungskasten. Der Wasserpiegel wird dadurch auf gleicher Höhe gehalten, daß der Zufluß für eine ganze Ofenreihe gemeinsam aus einem kleinen mit Schwimervorrichtung versehenen Wasserbehälter geschieht.

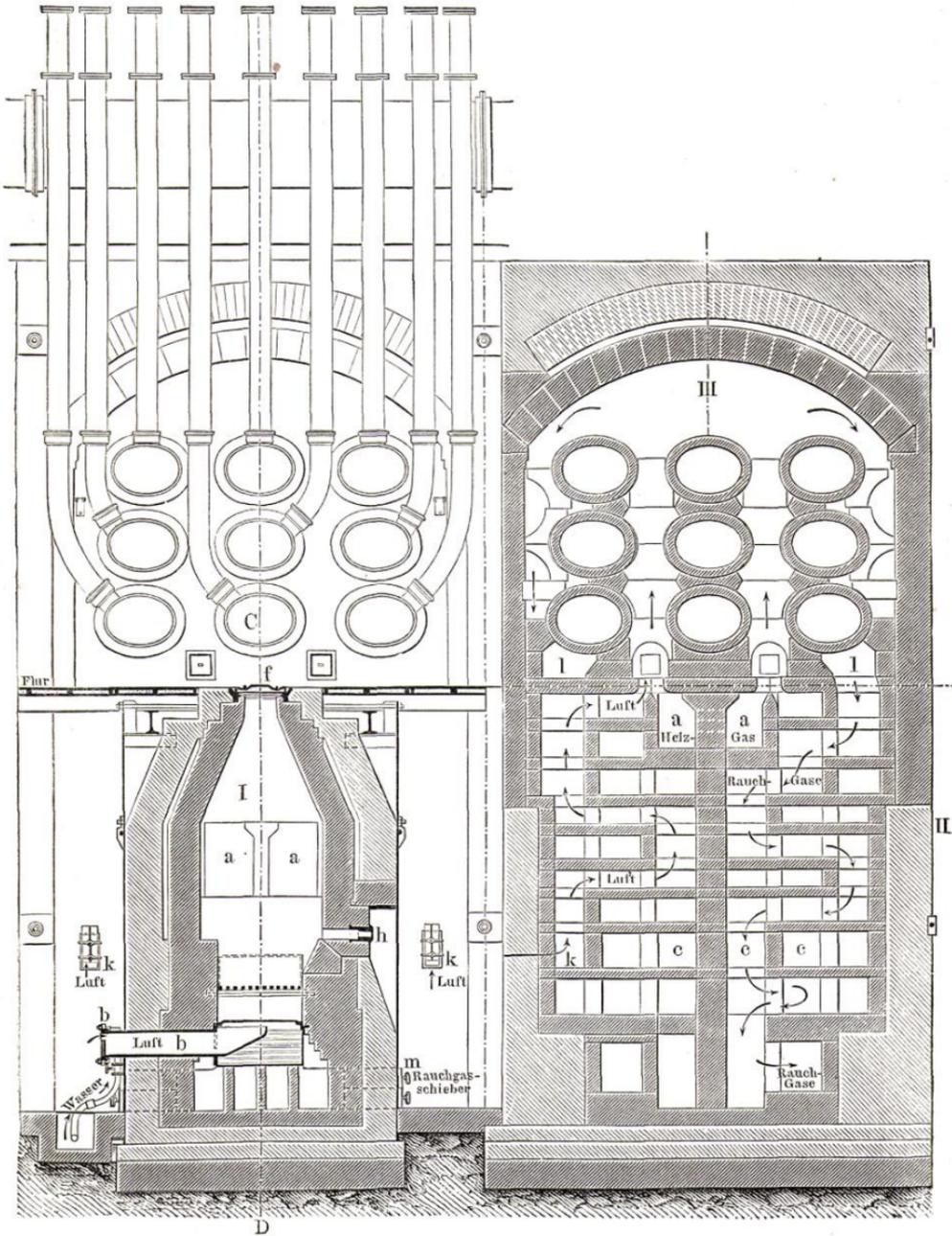
Der Generator wird am Fülldeckel *f* mit Koks beschickt, die Asche wird am unteren Mundstück *g* ausgezogen, nachdem durch die seitlich am Generator angebrachten Dübel *h* ein provisorischer Kofst eingeschoben wurde, welcher während des Putzens die Brennmaterialschicht zu tragen hat. Die Mundstücke *g* und *i* des Aschenraumes bleiben während des Betriebes dicht geschlossen.

Die Secundärluft tritt an den beiden Vorderseiten der Regeneration durch die Regulierschieber *k* ein und zieht durch mehrere Canalreihen nach aufwärts. Sie vereinigt sich, bis über die Entzündungstemperatur vorgewärmt, bei den Brennerschlitzten mit den aus *a* kommenden Heizgasen zur Verbrennung. Die Vorwärmung der Secundärluft geschieht durch die Rauchgase, welche vom Ofenraume aus den Canälen *l* in die Regeneration (richtiger Wärmesparer)

<sup>1)</sup> Schilling, Neuerungen auf dem Gebiete des Steinkohlen- = Leuchtgases (München 1892), S. 54; vergl. Journ. f. Gasbel. 1880, 180; 1882, 727.

eintreten. Die Rauchgase durchziehen die Regeneration nach abwärts in waagrechten Canälen, deren Anzahl sich nach der verfügbaren Tiefe der Kellerräume

Fig. 345.



richtet; sie gelangen zuletzt unter den Verdampfungskasten, um von da durch die Rauchgas-schieber *m* nach dem Feuerkanale abzuführen.

Nach Schilling ergaben Ofenuntersuchungen:

|                                     | Neuner=Ofen | Achter=Ofen |
|-------------------------------------|-------------|-------------|
| Kohlen entgast in 24 Stunden . . .  | 8200 k      | 7350 k      |
| Labung einer Retorte . . . . .      | 151,8 "     | 153,1 "     |
| Kofz zur Heizung verbraucht . . . . | 802 "       | 893 "       |
| Kofz ergab Aschenrückstände . . . . | 125 "       | 80 "        |
| Verheizter Kohlenstoff . . . . .    | 677 "       | 813 "       |
| Wasser verdampft . . . . .          | 1092 "      | 1328 "      |

Berechnet man diese Resultate auf 100 k entgaster Kohlen, so erhält man:

|                                | Neuner=Ofen | Achter=Ofen |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| für 100 k entgaster Kohlen:    |             |             |
| Kofzverbrauch . . . . .        | 9,78 k      | 12,15 k     |
| Kohlenstoffverbrauch . . . . . | 8,25 "      | 11,06 "     |
| Asche . . . . .                | 15,58 "     | 7,84 "      |
| Wasser verdampft . . . . .     | 136 "       | 149 "       |

Die Zugmessungen ergaben:

|                                      | Neuner=Ofen | Achter=Ofen |
|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Im Ofen . . . . .                    | 3,5 mm      | 7,5 mm      |
| Vor dem Austritt in den Rauchcanal . | 12,5 "      | 16 "        |
| Im Kamin . . . . .                   | 13,5 "      | 17 "        |

Die Analysen ergaben folgende Zusammensetzung der Heizgase:

|                       | CO <sub>2</sub> | CO   | H    | N    |
|-----------------------|-----------------|------|------|------|
| Neuner=Ofen . . . . . | 9,5             | 21,0 | 23,8 | 45,7 |
| Achter=Ofen . . . . . | 12,5            | 18,5 | 23,4 | 45,6 |

Zusammensetzung der Rauchgase:

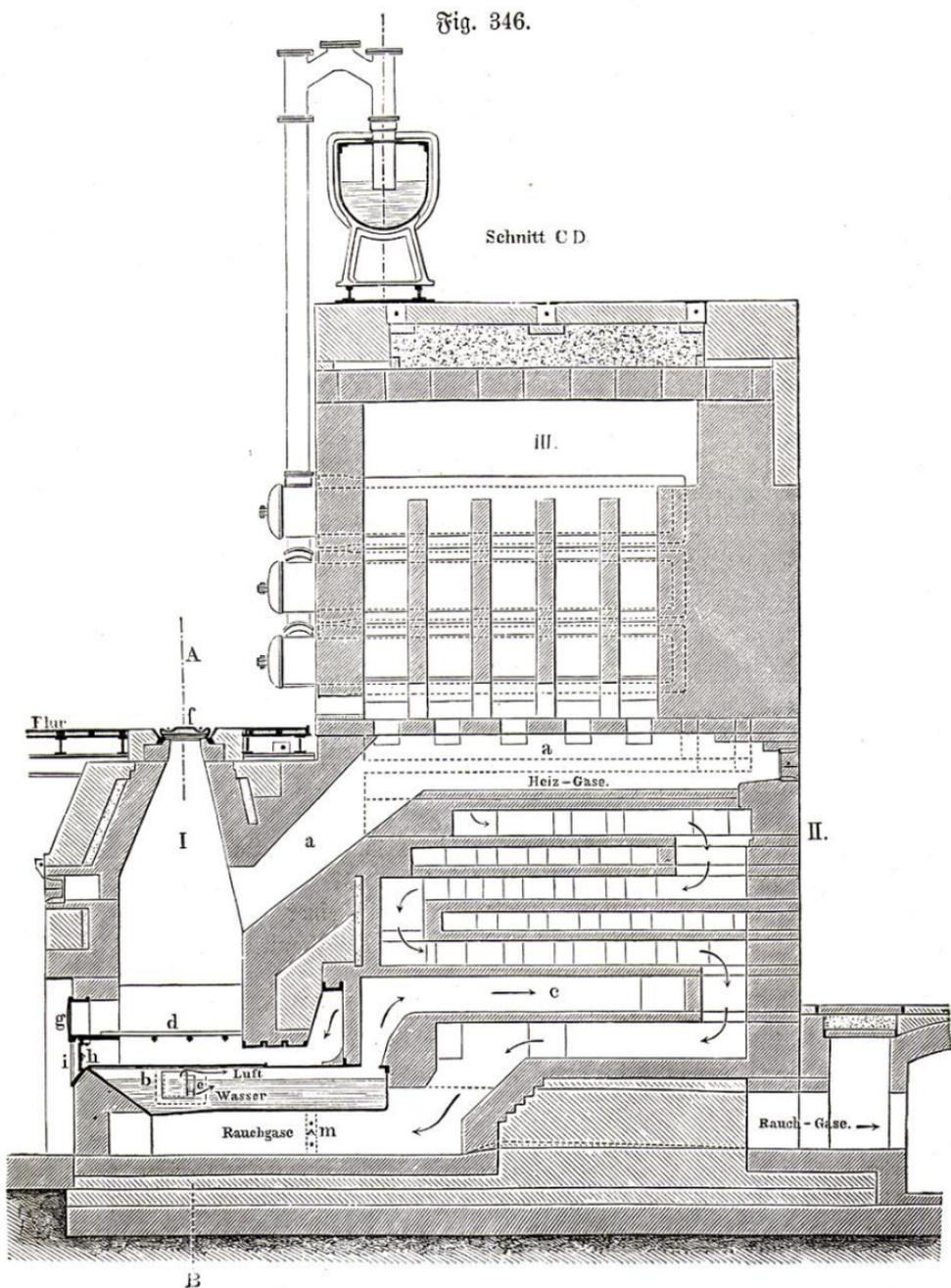
|                       | CO <sub>2</sub> | O   | CO  | N    |
|-----------------------|-----------------|-----|-----|------|
| Neuner=Ofen . . . . . | 18,7            | 0,2 | —   | 81,1 |
| Achter=Ofen . . . . . | 17,2            | —   | 2,0 | 80,8 |

Seit Eröffnung der Filialgasfabrik in München im Jahre 1883 hatten vier Ofen fast ununterbrochen bis zum Jahre 1887 im Feuer gestanden und zwar hatte ein Ofen 1055 Betriebstage mit einer Gaserzeugung von 2 120 570 cbm aufzuweisen, d. i. pro Retorte durchschnittlich 265 071 cbm und pro Retorte und Tag je 251,6 cbm.

Bei dem Ofen von Hesse=Didier (Fig. 347 u. 348 a. S. 355 u. 356) wird die Primärluft des Generators nicht in der Generation vorgewärmt. In letztere ist nur ein Wasserkessel eingeschaltet und liefert Dampf, der unter den Kofz des Generators geleitet wird. Das Mauerwerk des Generators geht an der Vorderseite nicht bis auf den Kofz herunter, damit durch diesen Zwischenraum größere Schlackenstücke, die nicht durch den Kofz fallen, entfernt werden können. Die Primärluft tritt oben am Generator in Canäle des Mauerwerks ein, wird in diesen vorgewärmt und tritt dann unter den Kofz. Der Zugang zum Kofze ist für gewöhnlich durch eine Feuerthür luftdicht abgeschlossen. In den Figuren sind die Rauchgascanäle durch *Rg* und die Luftcanäle durch *L* bezeichnet. Im Uebrigen ist die Einrichtung des Ofens aus der Figur leicht ersichtlich.

Versuche über die Leistungsfähigkeit der Koksgeneratoren der Leuchtgasanstalten unter verschiedenen Zugverhältnissen, welche durch die vom Verein

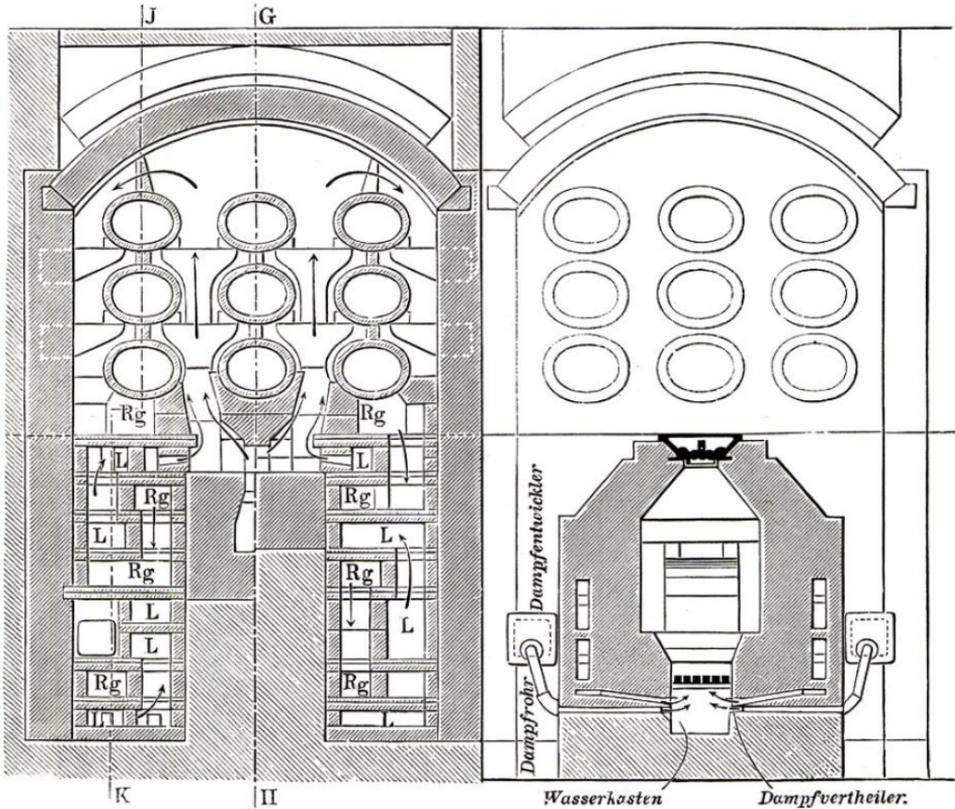
Fig. 346.



von Gas- und Wasserfachmännern Deutschlands niedergesetzte Commission ausgeführt wurden, ergaben, daß der Kohlen säuregehalt, der unmittelbar über der

Koks-schicht ein ziemlich geringer war, sich im Heizungs-canale wesentlich erhöht hatte und zwar um so mehr, mit je stärkerem Zuge gearbeitet wurde<sup>1)</sup>. Während beispielsweise der Kohlen-säuregehalt unmittelbar über der Brennschicht bei einem Zuge von 1 mm bis 9,5 mm nur von 1,8 bis 2,2 Proc. stieg, vermehrte sich die Kohlen-säure im Heizcanale von 2 auf 9 Proc. Der Grund der Erscheinung liegt darin, daß im oberen Theile des Generators und im Canal atmosphärische Luft eingefaugt wurde. Wenn man auch das Mauerwerk äußerlich noch so vorsichtig dichtet, so ist es nicht möglich, das Eindringen

Fig. 347.



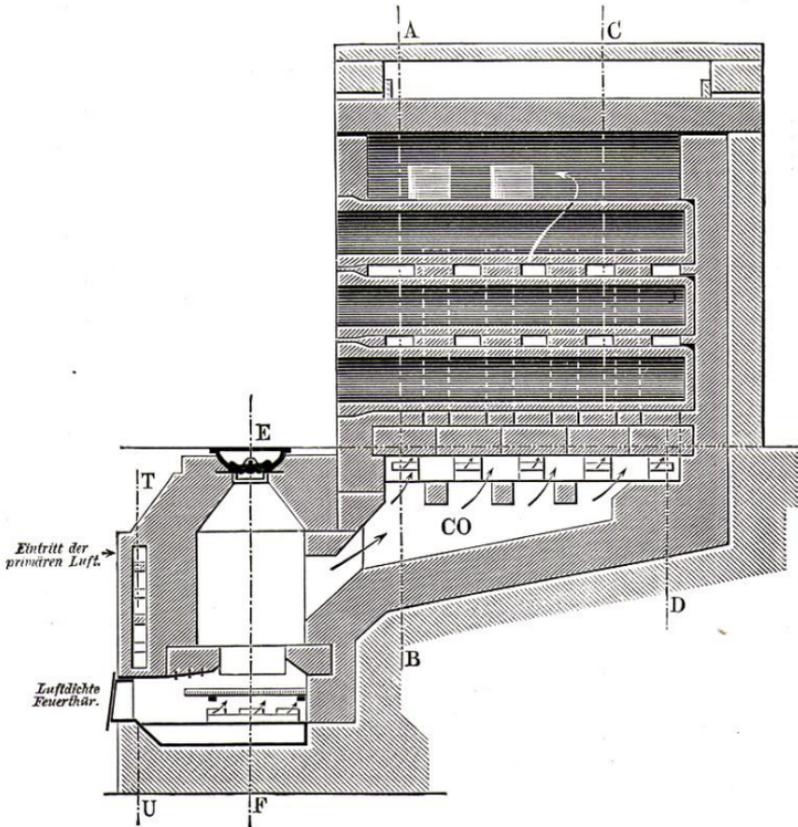
der Luft zu verhindern und es geht schon aus dieser Thatfache hervor, wie wichtig es ist, den Weg des erzeugten Heizgases zum Verbrennungsherde so kurz als möglich zu machen.

Als normaler Gehalt an Kohlen-säure unmittelbar oberhalb der Brennschicht ergab sich bei allen Versuchen etwa 1,5 bis 2 Proc. Eine wesentliche Zunahme der Kohlen-säure trat bei allen untersuchten Koks-sorten erst dann ein, wenn die Schicht-höhe auf 0,5 m und darunter herabgesunken war, und zwar sowohl bei geringem wie bei stärkerem Zuge. Die Vermehrung der Kohlen-

<sup>1)</sup> Journ. f. Gasbel. 1878, Sonderabdruck.

fäure bei niedriger Schicht scheint wesentlich in der Weise zu entstehen, daß an einzelnen Stellen des Generatorquerschnittes durch schnelleres Abbrennen der Koks sich Löcher bilden, durch welche die Luft leichter hindurch streicht. Unter allen Umständen scheint aber für die Praxis eine Schichthöhe von 0,75 m vollkommen ausreichend und dürfte unbedenklich die Sohle des Abzugcanales auf diese Höhe zu legen sein. Der über dieser Höhe liegende Theil des Generators darf als Füllraum betrachtet werden.

Fig. 348.



Verf. <sup>1)</sup> untersuchte die Feuerungen von sechs in einem Block zusammengebauten Retortenöfen. Auf einer Seite standen drei Stettiner Defen, auf der anderen Seite, mit den Rückwänden daran stoßend, zwei Defen von Klönne und einer nach Liegel <sup>2)</sup>. Die Schornsteine führten an den Rückwänden der Defen in die Höhe, waren also völlig von je zwei Defen eingeschlossen. Durch ein Porcellanrohr den Generatoren entnommene und über Quecksilber untersuchte Gasproben hatten folgende Zusammensetzung:

<sup>1)</sup> Fischer's Jahresber. 1883, 1263. — <sup>2)</sup> Daj. 1882, 1104.

| Ofen                  | Klöppe |        |        |        | Stettiner |        |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|
|                       | I.     | II.    | III.   | IV.    | V.        | VI.    |
| Kohlenäure . . . . .  | 3,00   | 13,10  | 7,06   | 4,40   | 5,19      | 5,40   |
| Kohlenoxyd . . . . .  | 29,99  | 16,39  | 27,43  | 30,21  | 28,19     | 27,76  |
| Methan . . . . .      | 0      | 1,06   | 1,22   | 0,44   | 0         | 0      |
| Wasserstoff . . . . . | 7,63   | 16,18  | 15,56  | 16,65  | 2,58      | 3,98   |
| Stickstoff . . . . .  | 59,38  | 53,27  | 48,73  | 48,30  | 64,04     | 62,86  |
|                       | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00    | 100,00 |

Bei Entnahme der Probe I. war die Dampfzuleitung unter den Kofst verhältnißmäßig schwach, Probe II. wurde bald nach dem Ausschlacken des Generators entnommen, III. bei ziemlich verschlacktem Kofste, IV. bei gutem Betriebe. Auch die beiden Proben V. und VI. aus den Stettiner Ofen sind bei gutem Gange entnommen; an Ort und Stelle nur auf Kohlenäure entnommene Proben zeigten dagegen oft 6 bis 12 Proc. Kohlenäure. — Der geringere Wasserstoffgehalt der Gase aus den Stettiner Generatoren erklärt sich daraus, daß hier unter den Kofst kein Wasserdampf geführt wird, sondern sich nur etwas Wasser im Aschenraume befindet. Beim Liegel'schen Ofen fehlt auch dieses; doch kann hier leider, der niedrig liegenden Luftzufuhr wegen, keine Probe des Generatorgases genommen werden. Eine am letzten Tage genommene Durchschnittsprobe der verfeuerten Kofst enthielt:

|   |             |
|---|-------------|
| Kohlenstoff . . . . .                         | 92,70 Proc. |
| Wasserstoff . . . . .                         | 0,29 "      |
| Asche . . . . .                               | 4,95 "      |
| Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Verlust . . | 2,06 "      |

entsprechend einem Brennwerthe von rund 7500 w. Nimmt man nun für die Gase folgende Durchschnittswerthe an:

|                       | Klöppe    | Stettiner |
|-----------------------|-----------|-----------|
| Kohlenäure . . . . .  | 6,9 Proc. | 5,3 Proc. |
| Kohlenoxyd . . . . .  | 26,0 "    | 28,0 "    |
| Methan . . . . .      | 0,4 "     | 0 "       |
| Wasserstoff . . . . . | 14,0 "    | 3,3 "     |
| Stickstoff . . . . .  | 52,8 "    | 63,4 "    |

so gibt 1 k Kofst in beiden Fällen 5,16 cbm Generatorgas, und darin als brennbar:

|                       |          |          |
|-----------------------|----------|----------|
| Kohlenoxyd . . . . .  | 1,34 cbm | 1,44 cbm |
| Methan . . . . .      | 0,02 "   | 0 "      |
| Wasserstoff . . . . . | 0,72 "   | 0,17 "   |

entsprechend einem Brennwerthe von 61 hw und 48 hw, bezogen auf Wasserdampf als Verbrennungsproduct. Im Klöppe'schen Generator wurden daher für je 1 k Kofst 14 hw entwickelt, welche die entweichenden Gase auf etwa 800° erhitzten, im Stettiner Generator aber 27 hw (für gewöhnlich sogar noch mehr), so daß die Gase aus diesen mit erheblich höherer Temperatur in den

Ofen traten. Dieser heißere Gang des Generators stellte jedenfalls auch höhere Ansprüche an das Mauerwerk, namentlich wenn dasselbe nicht der Zusammensetzung der Schlacke entsprechend gewählt ist, und bedingte um so größeren Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung, als der Generator hier vor den Oefen lag, bei Klönne und Liegel aber gleichsam hineingebaut ist. Die abziehenden Feuergase hatten anfangs bei den Stettiner Oefen nur 8,6 bis 11 Proc. Kohlenäure, beim Liegel'schen Ofen 13 bis 15 Proc.; der Gehalt stieg hier aber durch entsprechende Schieberregelung auf 15,4 bis 18,1 Proc., bei einem Klönne'schen Ofen von 15,6 auf 18,6 Proc., beim anderen von 16,6 auf 18,2 Proc. Kohlenäure, ohne daß Kohlenoxyd auftrat. Spätere Versuche ergaben, daß beim Liegel'schen Ofen die Gase durchschnittlich mit 16 Proc. Kohlenäure und 730° abzogen. Bei einem Klönne'schen Ofen entweichen die Gase (bei ziemlich verschlacktem Generator) aus dem Ofen mit 15,3 Proc. Kohlenäure und 4,8 Proc. Sauerstoff, während sie am Ende der Regeneration nur 10,6 Proc. Kohlenäure und 9,9 Proc. Sauerstoff enthielten und 445° heiß waren, oben im Schornsteine aber 610°. Die Verbrennungsgase nehmen also aus den neben den Rauchcanälen laufenden Luftcanälen atmosphärische Luft auf, ferner beim Aufsteigen im Schornsteine erhebliche Wärmemengen, welche theils dem Ofen selbst wieder entzogen wurden, theils dem daran stoßenden Stettiner Ofen. Die Wärme würde daher noch besser ausgenutzt sein, wenn die durch die Vorwärmung der Verbrennungsluft (dieselbe hat im vorletzten Canale bereits 545°) abgekühlten Feuergase nicht zwischen den heißen Oefen selbst aufstiegen. — Wie sich z. B. aus folgender Zusammenstellung ergibt, entsprach der durch die höhere Temperatur der Feuergase bedingte Wärmeverlust bei 18,6 Proc. Kohlenäure und 595° für je 1 k Koks 2020 w oder 27 Proc. des Gesamtbrennwerthes; bei 445° würde dieser Verlust nur 1500 w oder 20 Proc. betragen:

| Oefen                 | Zusammensetzung der Gase |            |            |            | Temperatur im Schornsteine | Wärmeverlust für je 1 k Koks in w | Proc. des Gesamtbrennwerthes |
|-----------------------|--------------------------|------------|------------|------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|                       | Kohlenäure               | Kohlenoxyd | Sauerstoff | Stickstoff |                            |                                   |                              |
| Klönne . . . . . †    | 18,6                     | 0          | 1,4        | 80,0       | 595°                       | 2020                              | 26,9                         |
|                       | 10,6                     | 0          | 9,9        | 79,5       | 610                        | 3340                              | 44,4                         |
| Liegel . . . . . †    | 16,0                     | 0          | 4,4        | 79,6       | 730                        | 2700                              | 36,0                         |
|                       | 13,0                     | 0          | 7,5        | 79,5       | 715                        | 3200                              | 42,6                         |
| Stettiner . . . . . † | 18,9                     | 0          | 1,2        | 79,9       | 1160                       | 4000                              | 53,3                         |
|                       | 16,1                     | 0          | 4,4        | 79,5       | 1105                       | 4300                              | 57,3                         |
|                       | 18,3                     | 4,7        | 0          | 77,0       | 1220                       | 4400                              | 58,6                         |
|                       | 8,6                      | 0          | 12,0       | 79,4       | 900                        | 6000                              | 80,0                         |

Der Einfluß des übermäßigen Luftzutrittes ergibt sich daraus, daß, wenn bei verschlacktem Kofte und schadhaftem Mauerwerke der Kohlenäuregehalt auf 10,6 Proc. fiel, der Wärmeverlust sich, wie die Tabelle zeigt, auf 3340 w

steigerte. Treten aber beide Verlustquellen zusammen, wie in dem einen Falle beim Stettiner Ofen (8,6 Proc. Kohlenäure und 900°), so steigerte sich der Verlust sogar auf 80 Proc.

Die dem normalen Betriebe dieser Ofen entsprechenden Resultate (in der Tabelle mit einem † versehen) ergeben, daß durch die Verwendung der abziehenden Feuergase zur Vorwärmung der Luft bei den Klönne'schen und Liegel'schen Ofen die Wärme gut ausgenutzt wurde, während die Stettiner Ofen selbst im günstigsten Falle mehr als die Hälfte der gesammten Wärme durch den Schornstein entweichen ließen. Für je 100 k Kohlen waren dementsprechend beim Klönne'schen Ofen 13 k, beim Liegel'schen 15 k, beim Stettiner Ofen 19 k und bei gewöhnlicher Kostfeuerung etwa 23 k Koks erforderlich. Dieses günstige Resultat der Gasfeuerung war wesentlich nur der sorgfältigen Betriebsleitung zu verdanken. Von einem Aufseher wurden mit dem vom Verf. angegebenen Apparate (vergl. S. 375) täglich in den Generatorgasen Kohlenäure und Kohlenoxyd, in den Verbrennungsgasen Kohlenäure und Sauerstoff bestimmt und danach Schieberstellungen u. dergl. geregelt.

Es wurden dann die drei Stettiner Ofen umgebaut und zwar zwei nach der verbesserten Construction von Haffe und Didier (I. und II.), während an die äußere Ecke ein Münchener Ofen (III.) gesetzt wurde (S. 352). Ende December 1884 aus den Generatoren entnommene Gasproben<sup>1)</sup> ergaben im Durchschnitt von je 4 bezw. 6 Proben:

|                       | I.         | II.        | III.       |
|-----------------------|------------|------------|------------|
| Kohlenäure . . . . .  | 6,05 Proc. | 6,30 Proc. | 8,61 Proc. |
| Kohlenoxyd . . . . .  | 25,82 "    | 27,54 "    | 22,40 "    |
| Methan . . . . .      | 0,65 "     | 0,50 "     | 0,90 "     |
| Wasserstoff . . . . . | 9,42 "     | 11,04 "    | 14,22 "    |
| Stickstoff . . . . .  | 58,06 "    | 54,62 "    | 53,87 "    |

Der Brennwerth betrug 5740, 5900 und 6110 w, war somit nicht erheblich verschieden, wemgleich im Münchener Ofen mehr Wasser zersetzt wurde. Die Untersuchung der Verbrennungsgase ergab im Durchschnitt:

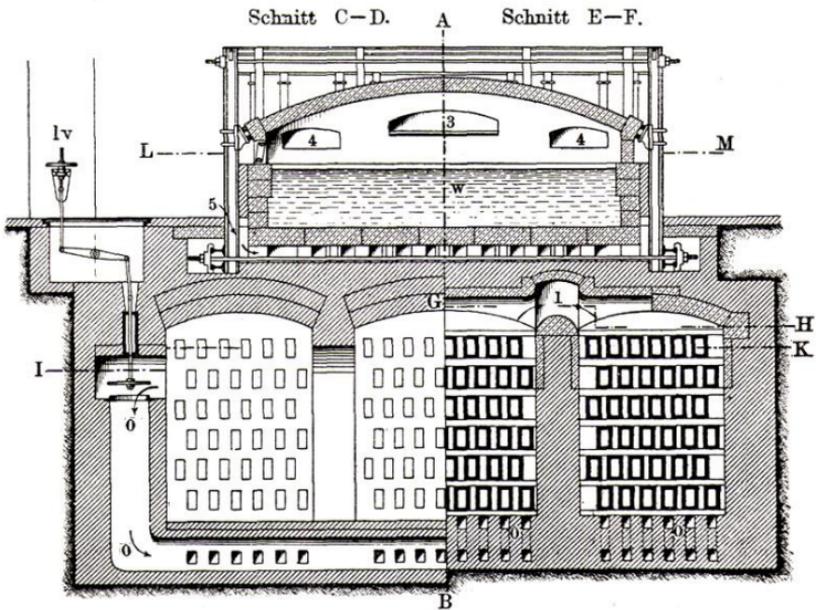
|                          | I.         | II.        | III.       |
|--------------------------|------------|------------|------------|
| Kohlenäure . . . . .     | 17,5 Proc. | 17,9 Proc. | 18,0 Proc. |
| Kohlenoxyd . . . . .     | Spur       | 0          | Spur       |
| Sauerstoff . . . . .     | 2,5 "      | 2,4 "      | 1,9 "      |
| Stickstoff . . . . .     | 80,0 "     | 79,7 "     | 80,1 "     |
| Temperatur unten . . . . | 590°       | 610°       | 398°       |
| Temperatur oben . . . .  | 710°       | 725°       | 520°       |

Daß die Gase die Regeneration des Münchener Ofens mit nur 400° verließen, erklärt sich aus der Art des Wassergefäßes gegenüber dem geschlossenen Verdunstungsgefäße beim Haffe=Didier'schen Generator (S. 355). In allen Fällen nahmen die Gase von dem Ende der Regeneration unter dem Ofen bis da, wo der Schornstein oben aus dem Ofen herausragte, erhebliche Wärmemengen auf, so daß es vortheilhafter sein würde, die Abzugscanäle seitlich außerhalb des Ofens zu legen.

<sup>1)</sup> Fischer's Jahrbuch. 1885, 1266.

Die Wannenanlage der Glasfabrik Flensburg beschreibt Dralle<sup>1)</sup>, welche nach Zeichnungen von Nehse erbaut ist. Die drei Gaserzeuger an der Rückseite des Wannengebäudes liefern das Gas in den Canal G (Fig. 349 bis 352). Von hier strömt das Generatorgas in Richtung der Pfeile 2 nach dem Gasventile *gv* und darauf in den senkrechten Gascanal *g*, welcher in einen wagerechten Brennercanal einmündet. Die Gesamtlänge dieser Verbindungsanäle von dem Hauptcanale G ab gerechnet bis zum Eintritt in die Wanne beträgt nur 9,5 m; da der senkrechte Gascanal *g* von der Abhitze der Wanne geheizt wird, so wird angenommen, daß die zuströmenden Gase ohne bedeutende Temperaturverminderung zum Verbrennungsorte gelangen. Die zum Verbrennungsvorgange benötigte Luft wird in drei Lufterhitzern nach Nehse's System (D. R.-P. Nr. 1146 u. 6516, vergl. S. 303)

Fig. 351.



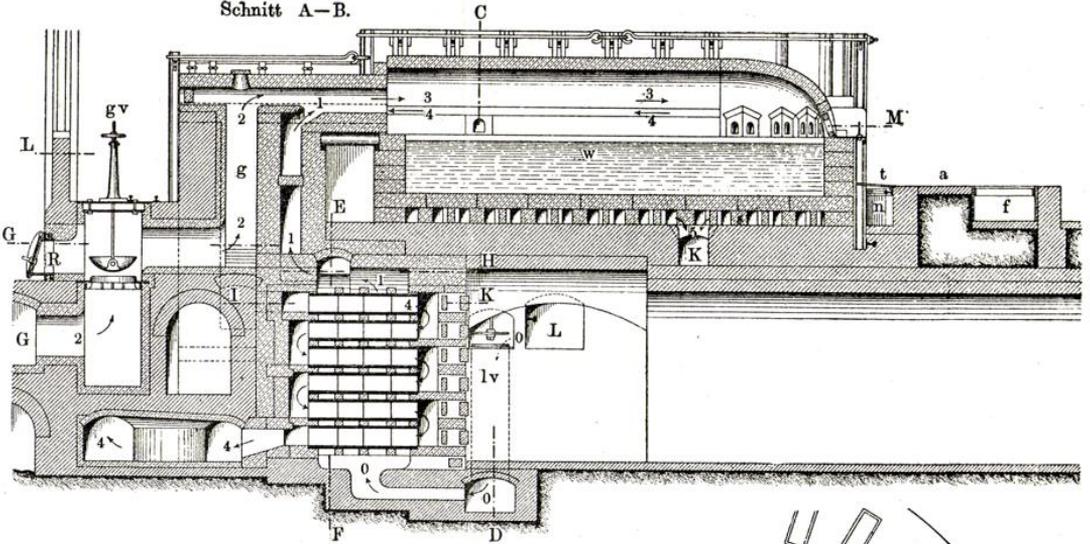
erhitzt und strömt in Richtung der Pfeile 1 in den Brenner; hier trifft sie auf den Gasstrom 2 und bildet nun die Flamme, welche in Richtung der Pfeile 3 die 7 m lange Wanne durchzieht und schließlich durch den Einfluß des Schornsteines auf die zu beiden Seiten des Brenners liegenden Füchse nach letzterem abgeführt wird. Wie durch die Pfeile angedeutet ist, theilt sich der mit großer Geschwindigkeit in die Wanne tretende Flammenstrom 3, sobald die ihm inwohnende lebendige Kraft geringer wird als der durch den Schornstein erzeugte Zug, und nun zieht die Flamme gewissermaßen in zwei Strömen in Richtung der Pfeile 4 durch die Füchse ab.

Die eigentliche Wanne hat die Gestalt eines länglichen Rechtecks, dessen vordere Seite fehlt und durch einen gedrückten Bogen ersetzt wird. In der

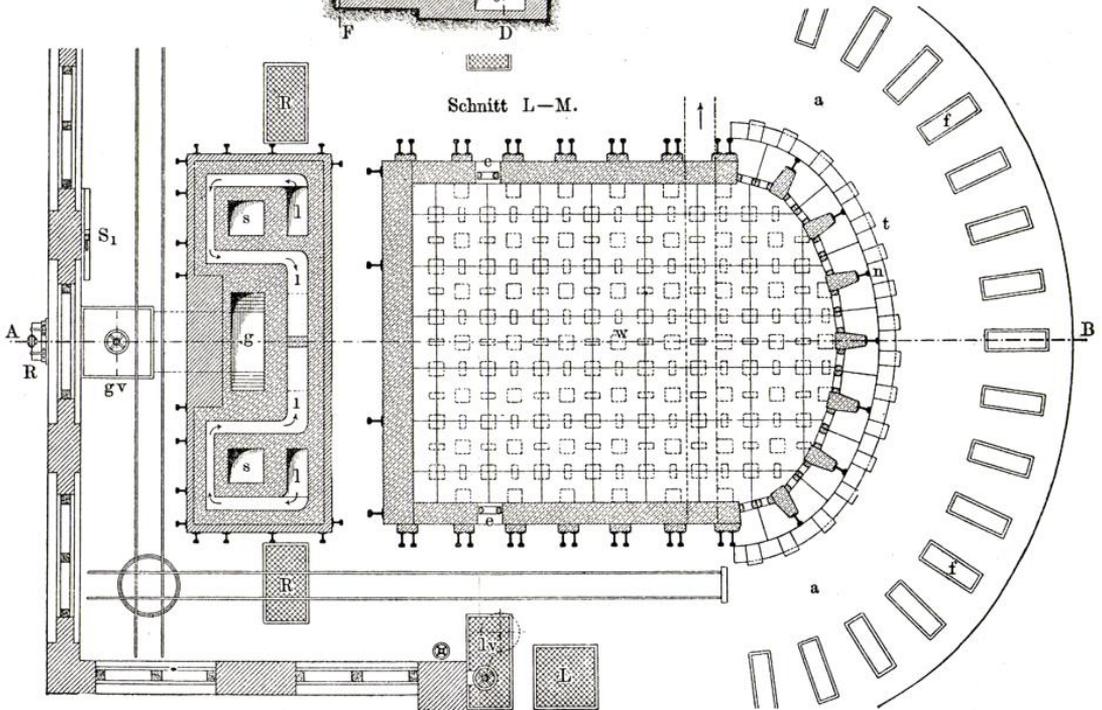
<sup>1)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1889, 535.

Fig. 349 u. 350.

Schnitt A-B.



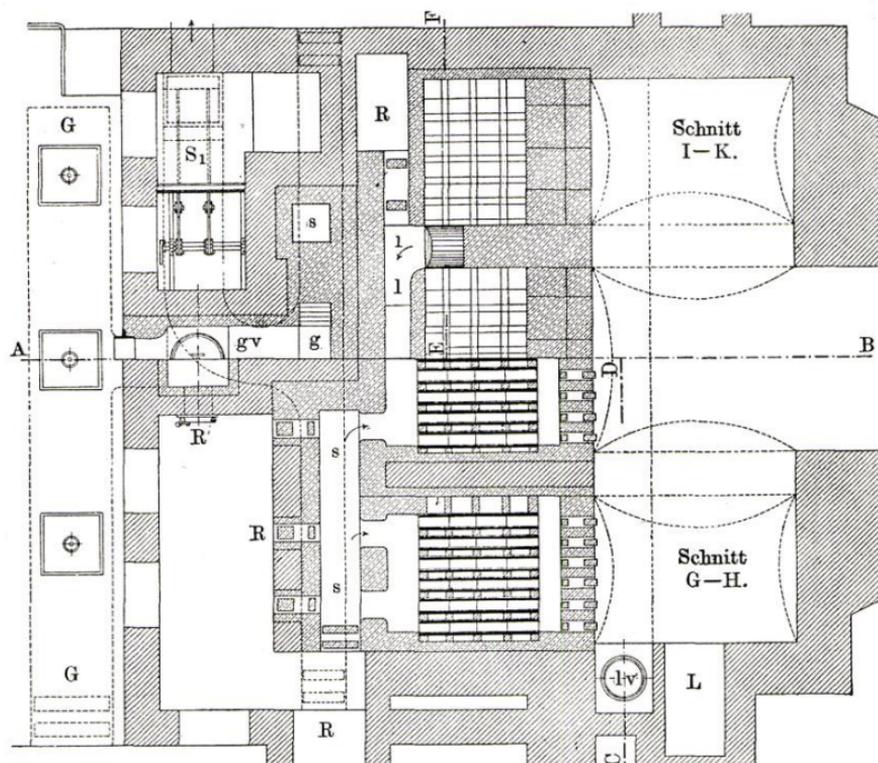
Schnitt L-M.





Nähe des Flammeneintrittes entsteht die höchste Temperatur, welche zum Schmelzen des Rohmaterials notwendig ist; hier wird das Gemenge an beiden Seiten bei *e* eingelegt und auf dem bereits geschmolzenen Glase schwimmend nach der Mitte der Wanne hin geschoben. An der runden Seite *a* der Wanne befinden sich die Arbeitsplätze; hier wird das blanke Glas aus der Wanne genommen, wodurch das in der Schmelze begriffene Glas das Bestreben bekommt, sich von hinten nach vorn zu bewegen; da es auf diesem Wege der Einwirkung des Feuers ausgesetzt ist, so wird der Schmelzvorgang und das Blankwerden des Glases hier beendet. Die Verbrennungsgase, nachdem sie die

Fig. 352.



beiden erwähnten wagerechten links und rechts neben dem Brenner liegenden Füchse durchzogen haben, gelangen in die senkrecht angeordneten Canäle *s*, welche ihrerseits wieder in je einen wagerechten Canal *s* (Schnitt *G-H*, Fig. 352 unten) einmünden. Die zuletzt genannten Canäle *s* liegen quer vor der oberen Reihe der Lusterhitzerzüge; ihre Sohle liegt tiefer als die Unterkante der letzteren. Von *s* aus führen je drei kurze Canäle eine Verbindung mit den Lusterhitzern herbei.

Die Lusterhitzer bestehen aus je sechs über einander liegenden Reihen von Feuerzügen, durch welche die Verbrennungsgase nach unten zu einem gemeinschaftlichen Sammelcanale entweichen, welcher ebenso wie der obere Canal *s*

mit den Lusterhitzern in Verbindung steht. Dadurch wird eine gleichmäßige Zugeinwirkung des Schornsteines auf die Lusterhitzer erzielt, wodurch die Wirkung der letzteren erhöht wird. Trotzdem entweicht mit den Verbrennungsproducten ein so bedeutender Wärmeantheil unnütz in den Schornstein, daß dadurch eine größere Dampfkesselanlage zu Betriebszwecken geheizt werden könnte. Die kalte Luft tritt durch zwei Luftventile *lv* (Fig. 349 und 351), von denen je eines hinten an jeder Seite der Wanne in den Umfassungswänden der Kellerräume angeordnet ist, in Richtung der Pfeile *o* strömend, in einen wagerechten Sammelcanal, der von den drei Lusterhitzern unter Kellersflur angebracht ist. Dieser Canal steht durch ein System von kleinen Verbindungs- canälen mit den Canälen, welche die Feuerzüge der Lusterhitzer allseitig umgeben, von unten aus in Verbindung. Hieraus folgt, daß die kalte Luft von unten einströmt, sich allmählich erwärmend zwischen den Feuerzügen in Zickzackbahn in die Höhe steigt, um sich schließlich hoch erhitzt unter den Gewölben der Lusterhitzer anzusammeln. Von hier aus strömt die heiße Luft in Richtung der Pfeile *l* in einen Sammelcanal *l* (Schnitt *IK*, Fig. 352 oben), steigt dann in einen vor dem Gascanale *g* senkrecht angeordneten Luftcanal, welcher mit einem Canalsysteme verbunden ist, das die beiden Abhitzeschächte *s* umgiebt und gelangt nunmehr hoch erhitzt in den Brenner, wo sie mit dem Gasstrom zusammentritt, der ebenfalls von dem heißen Mauerwerke der Abhitzecanäle Wärme empfängt. — Zur Beobachtung und zum Reinigen der sämtlichen Gas- und Luftcanäle sind an passenden Stellen Schaulöcher und Reinigungsthüren angebracht, auf den Zeichnungen mit *R* bezeichnet. Die Regelung der Temperatur in der Wanne erfolgt von der Hüttenflur aus durch ein Gasventil *gv*, zwei Luftventile *lv* und einen Schornsteinschieber *S*<sup>1</sup>. — Der Boden der Wanne wird durch Zuführung von kalter Luft in Richtung der Pfeile *5* (Schnitt *CD* und *AB*) in bekannter Weise gekühlt. Eine weitere Kühlung ist nicht erforderlich, da alle Seitenwände der Wanne behufs Auswechslung schadhast gewordener Steine vollständig frei stehen. Das Hauptgewölbe der Wanne wird, wie im Schnitt *CD*, *EF* angedeutet, von der Verankerung des Ofens getragen. — Die Wanne ist für 16 Arbeitsstellen eingerichtet. Um den vorderen runden Arbeitstheil der Wanne zieht sich ein gemauerter Graben *n*, welcher an seiner äußeren Seite oben mit einer Eisenbahnschiene eingefasst ist. An letzterer klopfen die Glasmacher bei der Arbeit ihre Pfeifen ab, so daß die am Pfeifenkopf haftende Glasmasse, der sogenannte „Näbel“, in den Graben *n* fällt. Der hierdurch entstehende Glasabfall darf aus Rücksichten auf die Güte des zu erzeugenden Glases nur im bestimmten Verhältnisse zu dem Gemenge verwendet werden. Jeder Platz hat ein leicht fortzunehmendes Trittbrett *t* über der Näbelrinne *n*. — Um das Mitreißen von leichten Gemengetheilen durch den Zug nach den Lusterhitzern möglichst zu verhindern, empfiehlt es sich, das Gemenge so mit Wasser anzufeuchten, daß es beim Zusammendrücken in der Hand schneeballartig zusammenbackt und nicht mehr abstäubt. — Die Größenverhältnisse sind:

|   |       |              |
|---|-------|--------------|
| Gesamnte Koflfläche von zwei Gaserzeugern . . . . .   | =     | 4 qm         |
| Freie Koflfläche von zwei Gaserzeugern . . . . .      | =     | 1,6 qm       |
| Entrechter Abstand von Oberkante der mittleren Kofl-  |       |              |
| balken bis zur Unterkante des Brenners . . . . .      | =     | 5,04 m       |
| Freie Heizfläche der Lufterhiger . . . . .            | = rd. | 173 qm       |
| Innerer Durchmesser des Schornsteins, unten . . . . . | =     | 1,20 m       |
| Innerer Durchmesser des Schornsteins, oben . . . . .  | =     | 0,85 m       |
| Höhe des Schornsteins über Oberkante der mittleren    |       |              |
| Koflbalken . . . . .                                  | =     | 34 m         |
| Mittlere Länge des von der Flamme bezw. von der       |       |              |
| Abhize zurückgelegten Weges, vom Flammeneintritt      |       |              |
| bis zum Schornsteine etwa . . . . .                   | =     | 42 m         |
| Oberfläche des geschmolzenen Glases etwa . . . . .    | =     | 33 qm        |
| Inhalt der Wanne etwa . . . . .                       | =     | 26,5 cbm     |
| Gewicht des in der Wanne enthaltenen Glases für 1 cbm |       |              |
| 26 hk etwa . . . . .                                  | =     | 689 hk       |
| Kohlenverbrauch in 24 Stunden . . . . .               | =     | 55 bis 60 hk |

Während zwei Monaten wurden ausschließlich ganze Exportflaschen, je 0,75 k schwer, angefertigt, welche das Pasteurisirten bedeutend besser aushalten, als unter sonst gleichen Verhältnissen in einem Gasofen mit Gasfeuerung hergestellte Flaschen. In 24 Stunden wurden hergestellt: 10 500 bis 11 000 Flaschen oder 7875 k fertiges Glas. An Kohlen sind demnach durchschnittlich für 1 k fertiges Glas 0,73 k nöthig. Die Herstellungskosten der ganzen Anlage betragen 58 600 Mk.

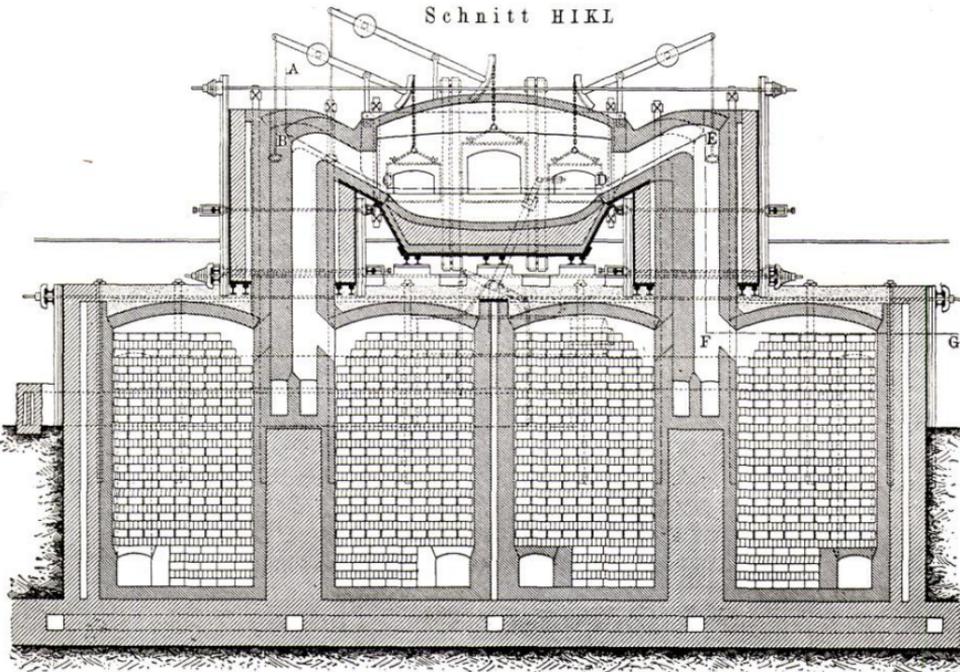
In Schweden hat man nach Odelstjerna<sup>1)</sup> seit 1883 allgemein Ofen mit sehr hohem Gewölbe und mit abwechselnden Einströmungen für Gas und Luft (Fig. 353 u. 354 a. f. S.). Da man dort einen möglichst großen Procentsatz an Roheisen verwendet, wünscht man, daß die Hälfte des Einsatzes in den heißen Luftströmen, die aus den Füchsen kommen, geschmolzen wird. Auf diese Weise verbrennt fast das ganze Silicium und selbst ein Theil des Kohlenstoffs während des Schmelzens, so daß die Reactionen in dem Bade früher beginnen können. Außerdem ist ein kleinerer Theil des Materials der Berührung mit der Gasflamme ausgesetzt. In Werken, wo schwefelhaltige Kohle oder Torf zur Gaserzeugung verwendet wird, ist es von Vortheil, das Metall während des Schmelzens der Schwefelaufnahme weniger zugänglich zu machen. Daß dies ein Vortheil ist, geht aus der bedeutenden Verminderung der verbrauchten Menge Ferromangan hervor, nachdem ein Ofen, welcher früher die Gas-einströmungen unten und die Luftpfeilerströmungen oben gehabt hatte, nach dem Gallerie-Typus umgebaut worden war. Die Schwierigkeit bestand früher darin, daß die Scheidewände zwischen den Einströmungen bald niederschmolzen, aber man ist darüber hinweg gekommen, indem man feuerfeste Steine von passenderer Größe und Form verwendete. Man hat auch Jahre lang Staub-sammler verwendet, sogenannte Staubtaschen zum Sammeln der fein vertheilten Schlacke, welche die Verbrennungsproducte aus dem Ofen mitführen. Man macht die Einströmungen gegen den Boden des Herdes zu geneigt, um den Boden zwischen den Füchern nach dem Ausbessern rasch gesintert zu bekommen. Dies veranlaßt indessen einen geringen Brennstoffverlust in Folge der weniger

<sup>1)</sup> Stahl u. Eisen 1894, 699.

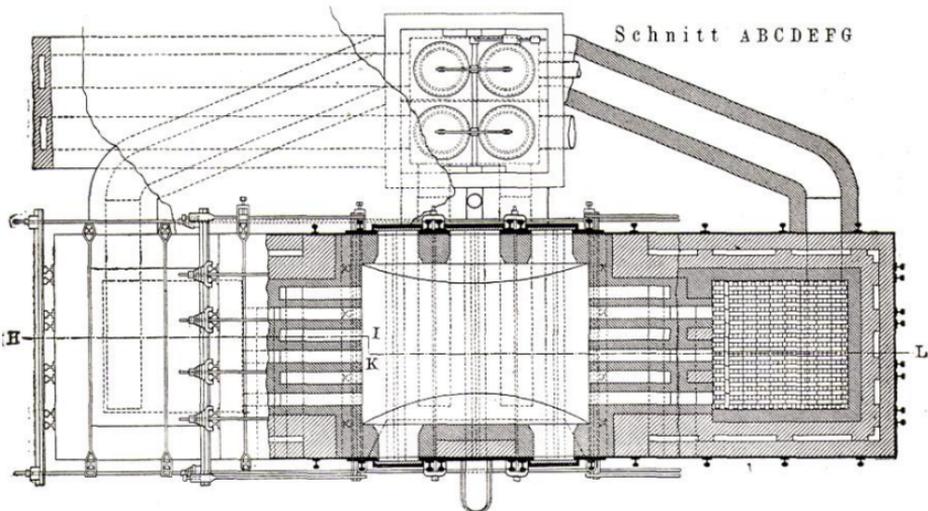
vollkommenen Verbrennung des Gases unmittelbar nachdem eine neue kalte Post eingesetzt worden ist.

Mit dem Ofen Fig. 355 und 356 bezweckt Mendheim (D. R. = P. Fig. 353 u. 354.

Schnitt HIKL



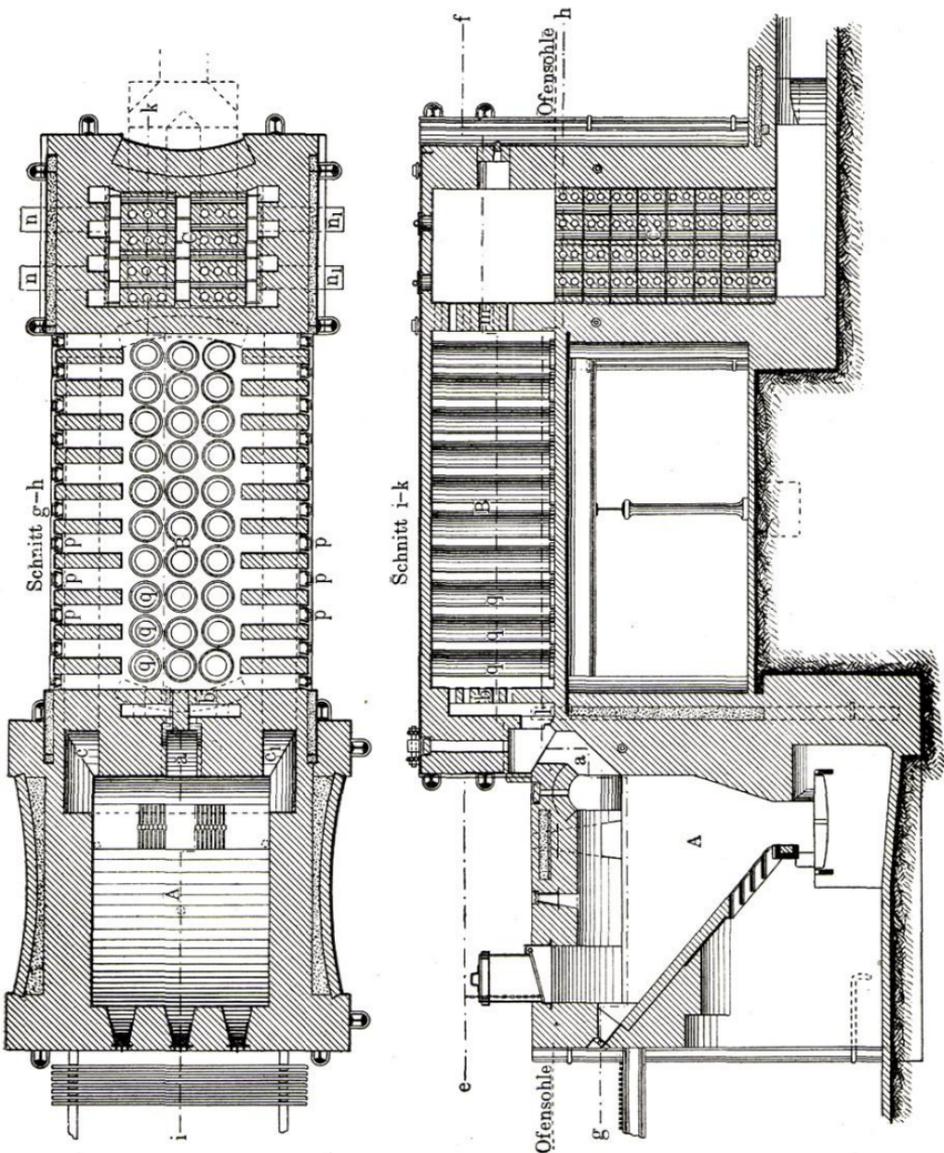
Schnitt ABCDEFG



Nr. 12 108) in solchen Flammöfen, welche eine langgestreckte Grundrißform besitzen und nicht von ihren beiden kürzeren Seiten aus befeuert werden sollen, eine möglichst gleichmäßige Vertheilung der Temperatur bei möglichst geringem

Brennmaterialaufwand zu erreichen. Die Figuren zeigen einen solchen Ofen, in welchem chemische Producte bei ständig hoher Temperatur erzeugt werden.

Die im Generator *A* erzeugten Gase gelangen durch die Oeffnung *a* hinter einen durchbrochenen Feuerschirm *b* und durch die Oeffnungen *c* bezw. *c*<sub>1</sub>



in die Canäle *d* bezw. *d*<sub>1</sub>, welche durch große Formsteine *e* gebildet werden. Diese bilden auch einen Theil der Seitenwände des Ofens *B* und haben an ihrer Basis Oeffnungen *f*, aus welchen die brennbaren Gase austreten und, sich mit erhitzter Luft vereinigend, als Flamme in den Heizraum gelangen. Die

erhitzte Luft wird den Verbrennungsherden durch die Leitungen  $g$  bezw.  $g_1$  zugeführt, welche, ebenso wie die Gasleitungen  $d$  bezw.  $d_1$ , aus großen Formsteinen  $h$  zusammengesetzt sind, die ebenso wie jene einen Theil der Längswandungen des Ofens bilden und deren Austrittsöffnungen  $i$  mit den Röhren  $k$  in den Formsteinen  $e$  correspondiren. Hinter jeder Austrittsöffnung des Gases befindet sich eine solche für die erhitzte Luft, von welcher auch ein angemessener Theil sowohl aus  $g$  wie aus  $g_1$  dem aus  $b$  in den Heizraum tretenden Gase durch die Leitungen  $l$  bezw.  $l_1$  zugeführt wird.

Die Befuerung des Ofens geschieht also gleichzeitig von einer seiner schmalen Stirnseiten und von seinen beiden Längsseiten her, so daß der Heizraum von allen Seiten, mit Ausnahme einer schmalen Stirnseite, nach welcher hin das gesammte Feuer durch die Zugrichtung geführt wird, die nöthige constante und gleichmäßige Wärmezufuhr erhält. Die abgehende Flamme durchzieht die durchbrochene Wand  $m$  und die senkrechten Röhren des Regenerativapparates  $C$ , an welche sie den größeren Theil ihrer Wärme abgiebt, ehe sie in den Schornstein gelangt. Durch die wagerechten Röhren von  $C$  streicht die von außen durch die Oeffnungen  $n$  bezw.  $n_1$  eintretende secundäre Verbrennungsluft und strömt dann mittelst der großen Hohlsteine  $o$  in die Luftcanäle  $g$  bezw.  $g_1$ , aus welchen die einzelnen Feuerstellen des Ofens mit derselben gespeist werden.

Um die Wärmeausstrahlung der hohlen Längswände des Ofens zu vermindern, um ferner Undichtheiten der darin enthaltenen Gas- bezw. Luftleitungen nach außen vorzubeugen, und um eine solide Verankerung dieser Wände herzustellen, sind dieselben mit eisernen Platten umkleidet, welche nur an einzelnen Stellen mittelst angegoßener Rippen an den Wandungen anliegen, im Uebrigen aber einen Hohlraum an denselben lassen, welcher mit einem zur Isolirung und Dichtung geeigneten Material, wie Asche, Sand etc., sorgfältig ausgefüllt wird. Die verschließbaren Oeffnungen  $p$  dienen zur Revision der in vorliegendem Falle zu erhitzenden, stehenden Retorten  $q$  und gleichzeitig zur etwa nöthigen Regelung der einzelnen Feuerstellen des Ofens während seines Betriebes.

Der Thonbrennofen von E. W. Siemens (D. R.-P. Nr. 4412) besteht aus einem ringförmigen Canale  $A$  (Fig. 357 u. 358), dessen Sohle durch eine ebenfalls ringförmige Drehscheibe  $B$  gebildet wird. Der ringförmige Ofencanal selbst ist in sich nicht vollkommen geschlossen und wird an den beiden offenen Enden  $a$  und  $b$  durch Thüren nach außen gedichtet, so daß das neu zu brennende Gut auf dem Theile der Drehscheibe zwischen  $a$  und  $b$  aufgesetzt wird und bei Drehung der Drehscheibe zunächst in den Raum  $cd$  des Ofens gelangt, welcher als Vorwärmraum betrachtet wird; nachdem das Brenngut hier eine längere oder kürzere Zeit verweilt hat, wird die Drehscheibe weiter gedreht und das nunmehr vorgewärmte Gut in den Raum  $ef$  gebracht, welcher den eigentlichen Brennraum bildet und nach dem Princip der Siemens'schen Regenerativ-Gasöfen geheizt wird. Zu diesem Zwecke sind die beiden Regeneratorenpaare  $V$  und  $V_1$  angeordnet; es sind besonders  $X$  und  $X_1$  die Gasgeneratoren, während  $Z$  und  $Z_1$  die für Vorwärmung der

Luft bestimmten darstellen. Die Wechselvorrichtungen, sowie der Abzug nach dem Schornsteine befinden sich in dem Raume Y zwischen den Regeneratoren. Ist der Brand vollendet, so wird die Drehscheibe weiter gedreht, so daß das Brenngut in den Kühlraum *gh* gelangt, von wo es durch weitere Drehung nach gescheneher Küh-

Fig. 357.

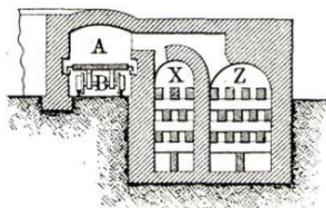
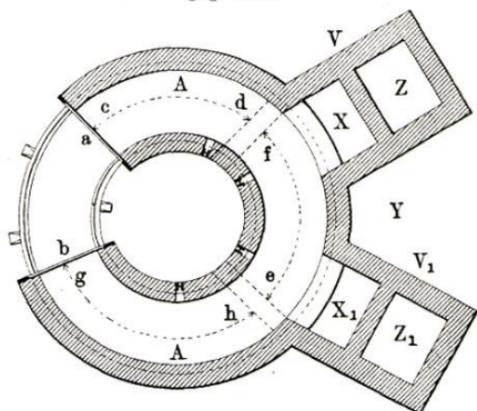


Fig. 358.



lung in den Raum zwischen *a* und *b* geschoben wird und so mit den Kreislauf vollendet hat.

Selbstredend gehen die verschiedenen Prozesse des Vorwärmens, Brennens und Abkühlens gleichzeitig vor sich, so daß ein kontinuierlicher Betrieb herbeigeführt wird. — Viel Beifall wird der Vorschlag wohl kaum finden<sup>1)</sup>.

Zum Verbrennen von Wirthschaftsabfallstoffen, insbesondere des Hausmülls, empfiehlt R. Schneider<sup>2)</sup> einen Wannenofen mit geneigten und senkrechten Füllschächten und entsprechender Heizanlage. Das Maß der Neigung der Füllschächte ist je nach der Art des zu verarbeitenden Materials zu wählen. Für die Abfallstoffe aus den Wirthschaftsbetrieben der Städte, welche neben Wasser und einer geringen Beimengung von thierischem Roth aus etwa 30 bis 35 Proc. brennbaren Stoffen, wie Holz, Stroh, Papier, Lumpen, Kohlentheilen, und etwa 50 Proc. unbrennbaren Stoffen, wie Sand, Schlacken, Scherben, Steinen, Kalk, Knochen, Muscheln u. s. w. bestehen, ist die in Fig. 359 u. 360 (a. f. S.) angegebene Neigung der Füllschächte als günstig zu erachten, während für Fabrikabfallstoffe, in denen das Verhältniß der verbrennbaren zu den unbrennbaren Stoffen erheblich schwankt, eine geringere oder größere Neigung zweckmäßig ist.

Für die Heizanlage ist hier das Regenerativsystem gewählt, obwohl selbstverständlich auch viele andere Anordnungen möglich sind.  $G_1$  und  $G_2$  sind Gas- und  $L_1$  und  $L_2$  Luftregeneratoren. Beide sind durch Canäle mit Wechselventilen einerseits mit der Gas- und der Luftheizung, andererseits mit dem Schornsteincanale, wie üblich, verbunden. Zwischen je einem Gas- und Luftregenerator ist eine Staubfangkammer *S* angeordnet. Die einzelnen Regeneratoren sind durch eine je nach der Größe der Anlage wechselnde Anzahl Canäle oder Füchse mit dem eigentlichen Schmelzraume *W* verbunden. Dieser ist auf

<sup>1)</sup> Vergl. F. Fischer, Handb. d. chem. Technologie. 4. Aufl. (Leipzig 1900), S. 753. — <sup>2)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, 593.

der einen Seite mit Abstich- und Arbeitsöffnungen  $a$  und  $A$  versehen, auf der gegenüber liegenden bei  $O$  mit einer größeren verschließbaren Oeffnung, durch die man im Bedürfnissfalle besonders große Stücke einführen kann, wie z. B. inficirte Wäschebündel, Möbeltheile, Thiercadaver.

Die Abstichöffnungen  $a$  sind so gelegen und geformt, daß immer nur das völlig flüssige Schmelzgut abgezogen werden kann.

Die Stoffe werden dem Schmelzofen durch geneigte Schächte  $U_1$  und  $U_2$  zugeführt, die durch die verschließbaren Oeffnungen  $s$  beschickt werden. Die Füllschächte sind unter einander durch einen Canal oder ein Rohr  $R$  verbunden, von dem Abzweigungen  $R_1, R_2$ , die mit Ventilen oder anderen Verschlüssen versehen sind, nach beiden Seiten des Ofens gehen, so daß die sich in den Schächten bei der trockenen Destillation bildenden Gase dem Ofen wieder zugeführt werden. Im Allgemeinen werden die in die Schächte eingeführten Stoffe regelmäßig niedergleiten. Immerhin kann aber bei  $x$ , sofern dies nöthig wird, nachgeschürt werden. Das Rohr  $R$  ist mit Reinigungsöffnungen und Vorrichtungen  $Y$  zur Aufnahme des Niederschlagwassers versehen. Sein eines Ende ist stets geschlossen, das andere stets mit dem Ofen in Verbindung, so daß vermittelst des Schorn-

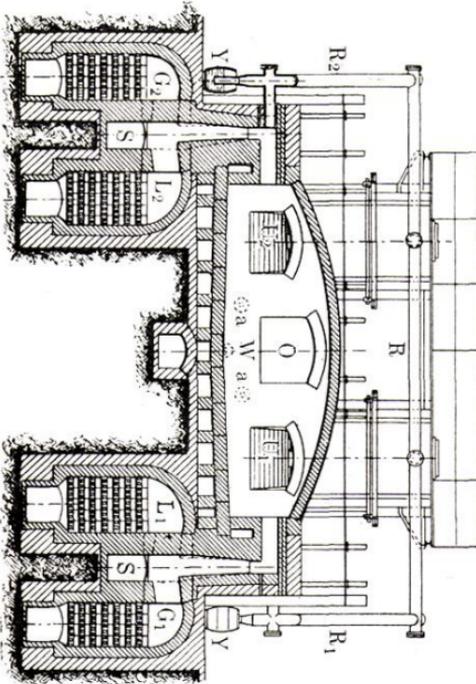


Fig. 359.

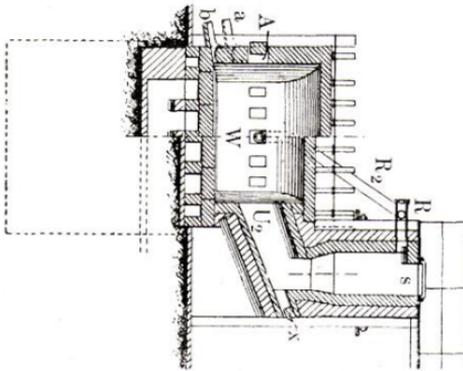


Fig. 360.

steinzuges die Gase in den Ofen hineingesogen werden. Nachdem vermittelst der in der (auf der Zeichnung nicht dargestellten) Gaserzeugungsanlage erzeugten Heizgase der Ofen entsprechend aufgeheizt worden und eine erste Post von Glascherben oder anderem leicht schmelzbaren Stoff niedergeschmolzen ist, werden die Schächte nach und nach mit den Abfallstoffen gefüllt und gefüllt erhalten. Die in den untersten Theilen der Schächte befindlichen organischen Stoffe werden durch die Schmelztemperatur des Ofens zu Kohlensäure und

Wasser verbrannt, welche, den Zugverhältnissen entsprechend, die Schächte und somit die niederzuschmelzenden Schichten durchzieht und sich dabei zu Kohlenoxydgas reducirt. Ein Gemenge, bestehend im Wesentlichen aus Kohlenoxyd und Wasserdampf, tritt am oberen Ende der Schächte in das Verbindungsrohr *K* und wird durch dieses und seine Zweigleitungen dem Ofen zugeführt. Auf dem Wege dahin werden die wässerigen Producte condensirt und abgeleitet.

Die in dem Ofen niedergeschmolzenen Massen werden bei *a* abgestochen und in Formen gegossen, mit denen sie in besondere Oefen zur allmählichen Abkühlung gestellt werden. Die so entstandenen Blöcke, Formsteine, Pflastersteine u. dergl. sind als ein wetter- und wasserbeständiges Baumaterial zu verwerthen, sofern die Zusammensetzung der Gesamtabfallstoffe der Durchschmittserfahrung entspricht. Selbstverständlich kann aber das Endproduct je nach der Zusammensetzung der Abfallstoffe oder beabsichtigten Verwerthung derselben verbessert werden, wenn man einem kalk- oder alkaliarmen Schmelzproducte entsprechende Mengen dieser Stoffe zufügt. Obwohl in den verschiedenen Jahreszeiten die Zusammensetzung der Abfallstoffe in geringen Grenzen immer wechselt, so wird doch die Praxis sehr rasch die Menge der etwa wünschenswerthen Zusätze für die verschiedenen Betriebsperioden erkennen lassen. Anstatt in Formen kann man die feuerflüssigen Massen auch in Wasser laufen lassen und erhält dann ein scharfkantiges, kiesiges Product, das zu Wegebauten, zur Aufsteinerung von Wegen, zur Mörtelbereitung gut benutzt werden kann. Durch entsprechende Zusätze wird brauchbares Flaschenglas erhalten. Berliner Müll hat z. B. im Mittel folgende Zusammensetzung:

|  |            |
|--|------------|
| Wasser . . . . .   | 4,10 Proc. |
| Organische Substanzen, das sind Papier, Lumpen,<br>Stroh, Holz u. dergl. . . . . | 28,05 "    |
| Natronverbindungen . . . . .   | 2,28 "     |
| Freie Kieselsäure (Quarz) . . . . .  | 2,17 "     |
| Kieselsaure Verbindungen von Kalk, Magnesia und<br>Thonerde . . . . .            | 28,56 "    |
| Eisen silicate . . . . .   | 14,36 "    |
| Freie Thonerde . . . . .   | 3,56 "     |
| Freies Eisenoxyd . . . . .   | 6,96 "     |
| Sonstige Verbindungen von Kalk und Magnesia .                                    | 9,96 "     |

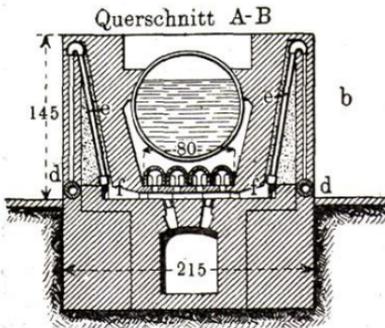
Um die Einführung der Gasfeuerung für Dampfkessel hat sich besonders C. Haupt viel Mühe gegeben<sup>1)</sup>. Nach D. R.-P. Nr. 5730 münden die Luftcanäle der äußeren Generatorwände oben oder seitlich aus; die hier eintretende Luft wird vermittelt eines Gebläses oder durch die ansaugende Kraft des Auftriebes im Generator durch die Canäle *b* (Fig. 361 a. f. S.) in der Generatorsohle hindurch in den Aschenfall getrieben und tritt hier durch die Oeffnung *c* ein; der Aschenfall ist natürlich vorn durch eine Thür abgeschlossen.

Die zur Verbrennung des Gases dienende Luft tritt durch die Röhren *d* ein, sammelt sich in den Röhren *e* und den Canälen *f* und wird hier mit dem Gase in gewöhnlicher Weise zur Verbrennung zusammengeführt. Die dadurch

<sup>1)</sup> Vergl. Mittheilung: Dampfkessel betr. 1879, 103.

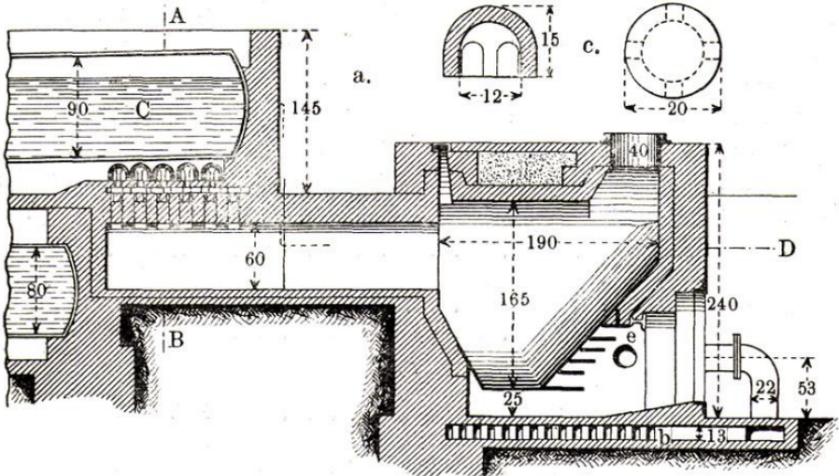
gebildete Flamme löst erfahrungsmäßig sehr leicht durch Entwicklung zu hoher Temperaturen locale Ueberhitzungen der Wandungen des Feuerraumes und der Kessel- oder Pfannenbleche aus, wenn dieselbe nicht in viele einzelne Flammenstrahlen aufgelöst wird. Hauptbewirkt das letztere durch die in Fig. 362 dargestellten, halbhohlkugelförmigen, mit Fußansätzen versehenen sogen. Kapellen, welche über die Flammenströme gesetzt werden und diese auflösen. Desgleichen schützt er bei Flammenrohrkesseln die Rohre dadurch gegen locale Ueberhitzung durch das eintretende Flammenbündel, daß er in dieselben Scharmutterringe einschleibt, indem dieselben an ihrer Außenfläche mit Rippen und dazwischen liegen-

Fig. 361.



den Aussparungen versehen sind, welche letzteren vielfach durchlocht werden. Diese Lochung soll das Springen der Scharmutterringe verhindern und der Flamme gestatten, in Verbindung mit den Aussparungen die innere Fläche der Flammenrohre in sehr fein zerkleinertem Zustande zu berühren.

Fig. 362.



Nach dem Zusatzpatente Nr. 8762 wird der Generator unmittelbar unter die Feuerung gelegt.

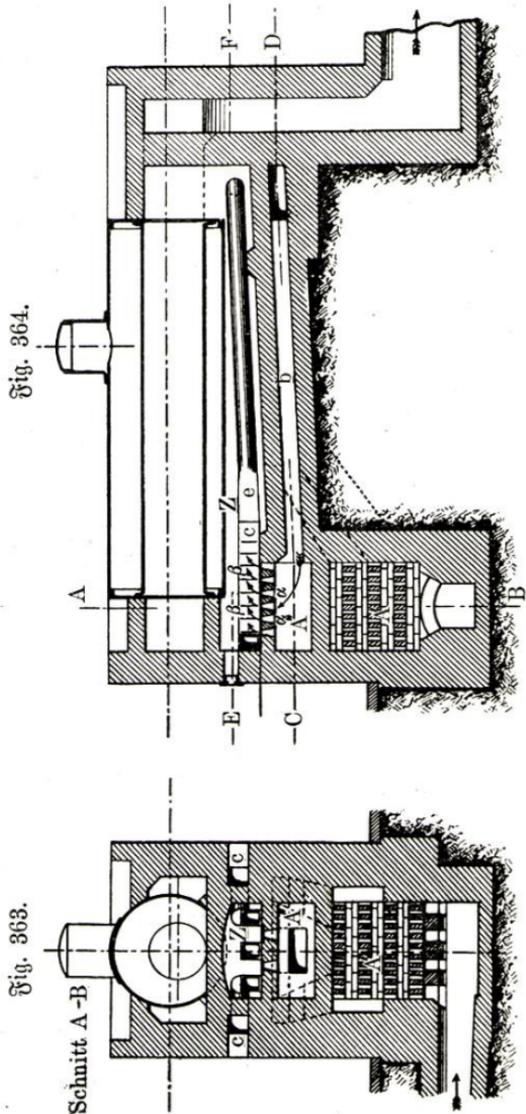
Möller (D. R.-P. Nr. 6387) empfiehlt für Dampfkesselfeuerungen und dergleichen die Einschaltung eines Stauffanges zwischen Gaserzeuger und Brenner, mit Metallsieben mit und ohne Schlackenwollfiltern, die sich leicht entfernen und reinigen lassen.

Nach Berndt und S. Baldermann (D. R.-P. Nr. 14721 u. 17842) ist an der Vorderseite des Kessels eine Gaskammer angeordnet, welche sich aus zwei Kammern, einer Unterkammer A' (Fig. 363 u. 364) und einer Oberkammer A'' zusammensetzt. Vom Kopfe der Unterkammer zweigen sich zwei seitliche

Gascanäle  $a$  ab, welche sich unter der Sohle des Feuerzuges  $Z$  hinziehen und dann in einen mittleren Canal  $b$  übergehen, welcher in die Oberkammer  $A''$  ausmündet. In der Decke der Oberkammer befinden sich zwei Reihen durch Schieber  $G$  stellbare Oeffnungen  $\alpha$  für die Gasströmung. Parallel den Seitenwänden des Feuerzuges  $Z$  befinden sich zwei Luftcanäle  $c$ , welche am Hinterende des Kessels in zwei eiserne Röhre  $e$  münden. Diese sind innerhalb des genannten Feuerzuges bis nach der Kopffseite des Kessels geführt und dort im eigentlichen Brennraume mittelst eines entsprechenden Knies zu einem parallelen Mittelrohre  $e'$  von der Länge des Brennraumes vereinigt. Innerhalb des Brennraumes sind die einander zugekehrten Seiten der drei Rohrstücke mit durch Schieber  $L$  abjustirbaren Ausströmungsöffnungen  $\beta$  für die Luft versehen.

Die vom Generator kommenden Gase strömen in die Unterkammer  $A'$ , welche regenerativ mit Steinen ausgefüllt ist, um durch Oberflächenvergrößerung die Ausscheidung von noch vorhandenem Theer u. s. w. zu ermöglichen, dann durch die Canäle  $a$   $b$ , wo sie durch die von den Feuer gasen geheizten Decken derselben vorgewärmt werden, und schließlich in die Oberkammer  $A''$ , um von hier aus durch die zweireihigen Oeffnungen  $\alpha$  in den Brennraum einzutreten.

Die Verbrennungsluft durchströmt zunächst die durch die Seitenwände des Feuerzuges  $Z$  geheizten Canäle  $c$ , tritt dann in die der hohen Temperatur der Flamme ausgesetzten Eisenrohre  $ee'$  ein und von hier aus durch die vier (zu je zwei einander gegenüber liegenden) Reihen Oeffnungen  $\beta$  in den Brennraum ein, so daß jede der beiden Gasströmungen von zwei einander gegenüber liegenden Luftströmungen gefaßt wird.



Bei der Gasfeuerungsanlage von R. Dralle (D. P.=P. Nr. 54 754) gelangen die im Gaserzeuger *G* (Fig. 365 bis 367) erzeugten Gase in der Pfeilrichtung 1 durch die Stellvorrichtung *Gv* zum Brenner, wo sie mit der aus Öffnung *Lh* in Pfeilrichtung 2 kommenden und erhitzten Luft zusammentreffen und sich entzünden. Die im Brenner gebildete Flamme tritt erst in den freien

Fig. 365.

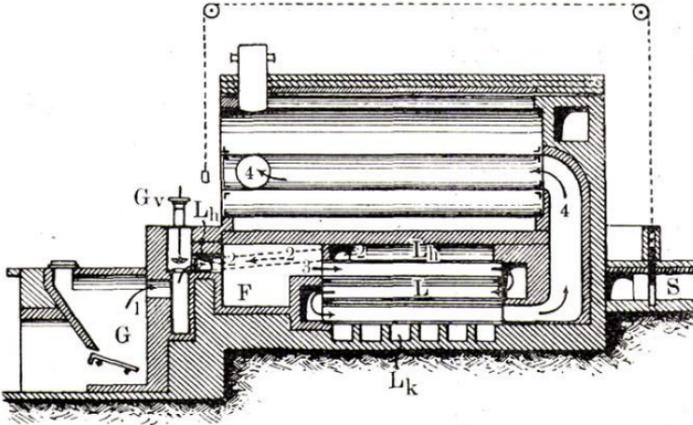


Fig. 366.

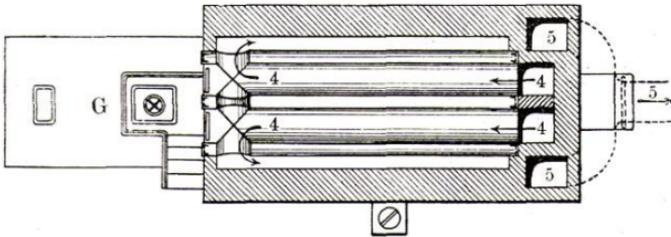
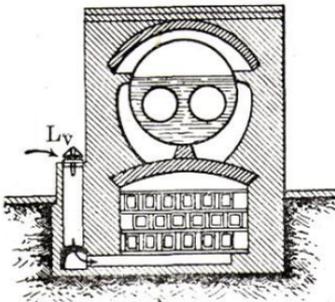


Fig. 367.



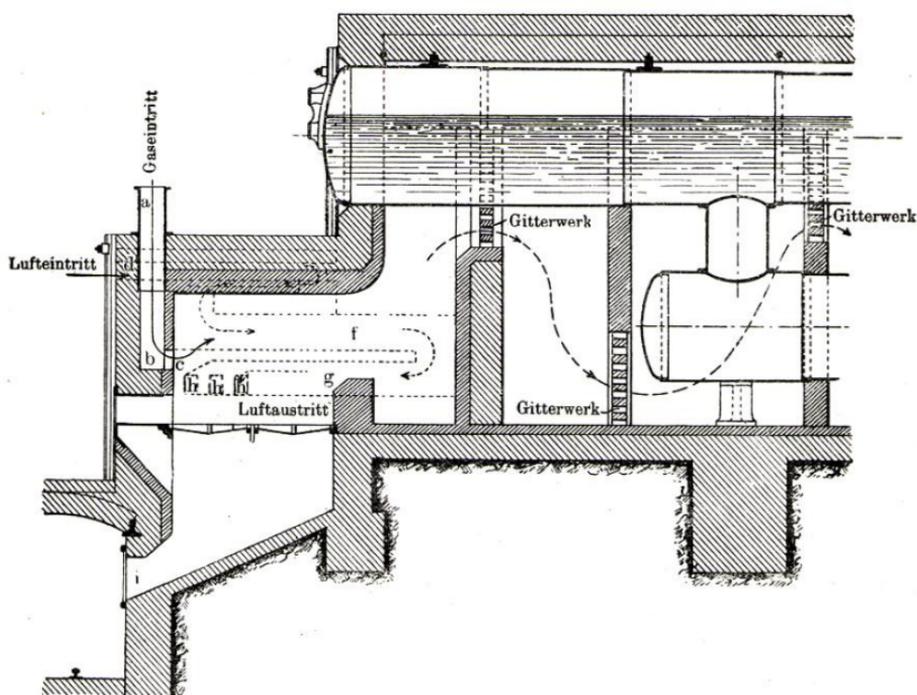
Raum *F*, durchzieht in Pfeilrichtung 3 die mehrfach gewundenen Feuerzüge *L* und gelangt in Pfeilrichtung 4 zu der Beheizung des Kessels. Die in den Feuerzügen *L* ausgestrahlte Wärme erhitzt die kalte Verbrennungsluft, welche bei *Lv* durch ein Luftventil in die um die Feuerzüge *L* angebrachten Canäle *Lk* tritt, um dann, durch *Lh* strömend, zu einer immer höheren Temperatur der Verbrennungsflammen beizutragen.

Da bei Dampfkesselfeuerungen keine besonders hohe Temperatur erforderlich ist und die Wärme der abziehenden Gase nicht bedeutend ist, so ist die Gasfeuerung für Dampfkessel von geringerer Bedeutung als für die anderen S. 323 bis 370 besprochenen Zwecke.

Anhangsweise möge noch erwähnt werden:

Die Verwendung der Hochofengase zum Heizen der Dampfkessel<sup>1)</sup> hat einigermaßen an Interesse dadurch verloren, daß sie neuerdings zum Betriebe von Gaskraftmaschinen dienen<sup>2)</sup>; es möge daher folgendes Beispiel der Dampfkesselheizung beim Eisenwerke „Kraft“ genügen. Bei gewöhnlichem Betriebe mit Hochofengasen wird der Kofst mit Platten oder Steinen bis auf zwei Drittel zugebedt und dann auf dem offen bleibenden mittleren Drittel ein schwaches Feuer von Kleinkoks oder Kofslöfche unterhalten, damit die Hochofengase stets mit Sicherheit sich entzünden können. Hinter dem Kofst liegen drei

Fig. 368.

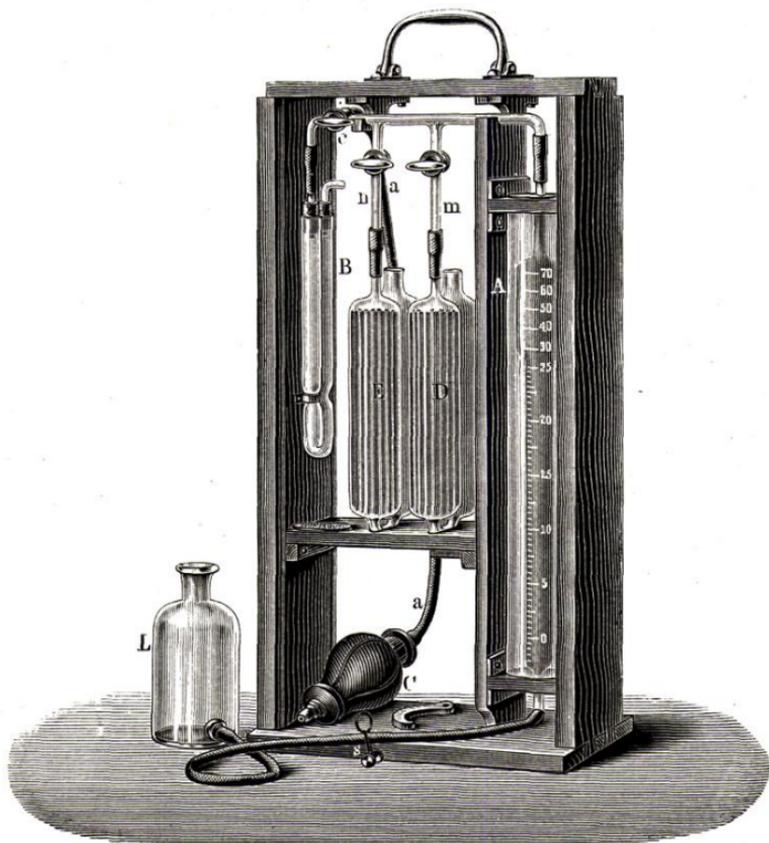


in Gitterwerk hergestellte Mauern (Fig. 368). Diese haben den Zweck, den Gasen und der Verbrennungsluft ein Hinderniß zu bieten, an dem sie sich gründlich zu mischen haben. Diese Feuerung hat sich in Oberschlesien bestens bewährt. Mit den dortigen nassen Hochofengasen wurden auf je 1 qm Heizfläche 19 Liter Wasser in der Stunde verdampft, wobei letzteres eine Speisetemperatur von 15° und der Dampf eine Spannung von 4½ Atm. hatte, während die abgehenden Gase bei normalem Ofengange eine Temperatur von 380° und einen Sauerstoffüberschuß von nur 2 bis 3 Proc. und keine Spur von Kohlenoxyd hatten.

<sup>1)</sup> Fischer's Jahresber. 1888, 133; 1897, 196. — <sup>2)</sup> Daf. 1897, 200; 1898, 138; 1899, 135.

Betriebsaufsicht für Gaserzeuger und Gasfeuerungen. Für alle Gaserzeuger — sei es für Wassergas (S. 208 bis 251), Mischgas (S. 252 bis 272) oder Generatorgas (S. 274 bis 320) — ist es wichtig, daß das gelieferte Gas möglichst wenig Kohlensäure enthält. Für die gewöhnliche Betriebsaufsicht genügt daher die Bestimmung der Kohlensäure, welche nach dem Bd. I, S. 249 beschriebenen Verfahren in wenigen Minuten ausgeführt wird. Fig. 369 zeigt den dafür vom Verf. angegebenen Apparat<sup>1)</sup>.

Fig. 369.



Will man ausnahmsweise eine vollständige Analyse des Gases ausführen, so eignet sich hierfür der Bd. I, S. 635 beschriebene Apparat.

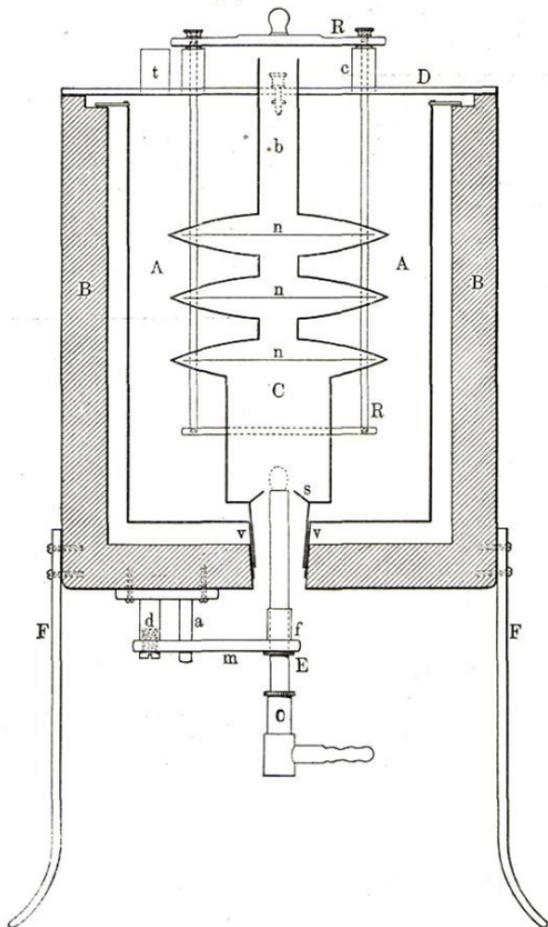
Etwaige Wärmemessungen geschehen in der Bd. I, S. 615 u. 620 angegebenen Weise.

Für die Bestimmung des Brennwerthes der Gase verwendet Verf. den in Fig. 370 skizzirten Apparat. In dem Holzgefäße B hängt das aus vernickeltem Kupfer hergestellte Wassergefäß A. Der ebenfalls vernickelte Behälter C wird wasserdicht in den Ansatz v des Wassergefäßes A eingesetzt. In

<sup>1)</sup> Universitätsmechaniker W. Apel in Göttingen liefert denselben für 45 Mk.

die drei linsenförmigen Erweiterungen sind am Rande ausgezackte Bleche *n* eingefügt, damit die Verbrennungsproducte die Metallflächen möglichst berühren und die Wärme an das Wasser abgeben, bevor sie durch *b* entweichen. Die eine Hälfte des zweitheiligen Deckels *D* trägt den Ansatz *t* für das Thermometer und zwei Ansätze *c* für den Nührer *R*. Das Ganze ruht auf den drei abnehmbaren Füßen *F*. Der von Zapfen *d*, Arm *n* und Hülse *f* getragene Brenner *E* kann durch Anschlag *a* und einen Stift unter *f* leicht und sehr rasch in die gezeichnete Stellung gebracht werden. Durch den schrägen Ansatz *s*

Fig. 370.



Bei Ausführung einer Analyse setzt man Einsatz *C* ein (Ansatz bei *v* wird etwas gefettet), gießt in Gefäß *A* die erforderliche Menge Wasser, legt Deckel *D* auf, setzt das Thermometer *t* ein und bewegt den Nührer, bis die Temperatur constant ist. Inzwischen hat man den Brenner — soweit als erforderlich — nach unten gezogen und nach außen geschlagen, dann durch Schlauch mit der Experimentirgasuhr verbunden, durch welche das zu untersuchende Gas schon einige Zeit geleitet war, um das Sperrwasser damit zu sättigen. Nun wird das aus *E* strömende Gas entzündet und die Flamme so eingestellt, daß — wie durch einen Vorversuch festgestellt wurde — voll-

ständige Verbrennung erfolgt (etwa 5 Proc. überschüssiger Sauerstoff). Man liest den Stand der Gasuhr ab, schiebt gleichzeitig mit der rechten Hand Brenner *E* unter das Calorimeter, bis *m* den Anschlag *a* trifft, und Brenner *E* in die gezeichnete Stellung, was — ohne hinzusehen — in kaum einer Secunde erfolgt. Ist die gewünschte Menge Gas verbrannt (etwa 1,5 bis 2 Liter Wassergas oder 3 Liter Mischgas oder Generatorgas), so drückt man den Schlauch unmittelbar vor dem Brenner zu, notirt den Stand des Gasmessers

und bewegt den Rührer, bis das Thermometer festen Stand zeigt (etwa 2 Minuten). Temperaturzunahme mal Wasserwerth des Calorimeters giebt den rohen Brennwerth des verbrannten Gases. Für die Betriebsaufsicht genügt diese, in wenigen Minuten ausführbare Bestimmung vollkommen.

Für genaue Bestimmungen wird das Kühlwasser des Behälters *A* ausgegossen, *C* ausgehoben, außen abgetrocknet (ohne daß das Condensationswasser ausfließt) und gewogen; dann wird das Condensationswasser ausgegossen<sup>1)</sup> und *C* im Trockenschrank bei etwa 110° getrocknet; der Gewichtsverlust ergiebt die Menge des Condensationswassers<sup>2)</sup>. Bei der Berechnung ist selbstverständlich Temperatur, Druck und Feuchtigkeitsgehalt des Gases zu berücksichtigen. (Vergl. Bd. I, S. 544.)

---

<sup>1)</sup> Bei schwefelhaltigen Gasen spült man nochmals mit destillirtem Wasser nach. — <sup>2)</sup> Vergl. auch Ferd. Fischer: Taschenbuch für Feuerungstechniker. Vierte verbesserte Auflage (Stuttgärt 1901).