

www.e-rara.ch

**Feuerungskunde oder Theorie und Praxis des Verbrennungs-Processes
und der Feuerungs-Anlagen im allgemein verständlicher Darstellung**

Ramdohr, Ludwig

Halle a.S., 1887

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 20327

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-78887>

V.

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

V.

Die wichtigsten Feuerungssysteme im allgemeinen. — Rostfeuerungen (Plan- und Treppenrost). — Rauchverbrennung. — Rostlose Feuerungen. — Gasfeuerung im allgemeinen. — Gaserzeuger für verschiedene Brennstoffe. — Das Wassergas und seine Eigenschaften. — Mischung der Brenngase mit Luft. Der Verbrennungsraum. — Regenerativ-Gasfeuerung.

Die wichtigsten, gegenwärtig im Gebrauch befindlichen Feuerungen lassen sich in folgende, untereinander wesentlich verschiedene Arten gruppieren:

1. Feuerungen mit unmittelbarer Verbrennung fester Brennstoffe.

- a) Rostfeuerungen (hierher gehören alle Plan- und Treppenrost-Feuerungen).
- b) Rostlose Feuerungen (Cupol- und Hochöfen für metallurgische Zwecke, Ringöfen zum Brennen von Mauersteinen etc.).

2. Gasfeuerungen, d. h. solche mit vorheriger Umwandlung der Brennstoffe in brennbare Gase.

- a) Direkte Gasfeuerungen
 - b) Regenerativ-Gasfeuerungen
 - c) Feuerungen mit Gichtgasen
- } Hauptbestandteil der Brenngase ist Kohlenoxydgas.
- d) Wassergasfeuerungen. Hauptbestandteil der Brenngase ist ein Gemisch von Kohlenoxyd- und Wasserstoffgas.

3. Feuerungen mit direkter Verbrennung flüssiger Brennstoffe.

I. Feuerungen mit unmittelbarer Verbrennung fester Körper.

Rostfeuerungen sind trotz ihrer Unvollkommenheit noch immer die am meisten angewandten. Auf jedem Rost, mag er Plan- oder Treppenrost oder eine Zusammenstellung von beiden sein, ist eine vollkommene Verbrennung nur bei grossem Luftüberschufs möglich. Die Produkte der Verbrennung sind bei Rostfeuerung in jedem Augenblicke verschieden, und zwar um so mehr, in je dickerer Schicht der Brennstoff aufgegeben wird. Nach jedem Aufwerfen findet zunächst eine Erschwerung des Luftzutritts und Abkühlung des Brennraumes statt; letztere ist um so gröfser, je mehr Feuchtigkeit in dem Brennstoff enthalten ist. Beide Ursachen führen zu einer starken Rauchbildung, welche namentlich bei Planrosten fast stets nach dem Aufwerfen frischen Brennstoffs eintritt. Rauch ist aber unverbrannter Kohlenstoff, welcher unbenutzt mit den Verbrennungsgasen, denen in diesem Falle meist auch noch unverbranntes Kohlenoxyd beigemischt ist, entweicht. Dieser unverbrannte Kohlenstoff scheidet sich stets bei starker Abkühlung einer Flamme oder bei ungenügendem Luftzutritt aus, wie man dies schon an jeder Steinöllampe beobachten kann.

Hieraus ergeben sich von selbst folgende einfache, für alle Rostfeuerungen geltende Regeln:

1. Der Brennstoff darf nur in einer dem Brennstoff entsprechenden schwachen Schicht aufgegeben werden.

Die Höhe dieser Schicht richtet sich nach der Beschaffenheit des Brennstoffs, der Gröfse der freien im Verhältnis zur ganzen Rostfläche und nach der Stärke des Luftzuges. — Locker liegende Stoffe, wie Holz, Torf, Briquettes, grobstückige Stein- und Braunkohlen dürfen höher aufgeschichtet werden, als dicht und festliegende, wie erdige Braunkohle, Steinkohlengrus u. dgl.

2) Der aufzugebende Brennstoff soll möglichst trocken sein.

Es ist eine durchaus irrthümliche, wenn auch noch weit verbreitete Ansicht, daß die Kohlen vor dem Verfeuern angefeuchtet werden müßten. Diese Anfeuchtung ist nur dann zulässig, wenn man gezwungen ist, einen sehr feinkörnigen, pulverigen Brennstoff auf einem Planroste zu verbrennen, durch dessen Spalten sonst ein großer Teil unverbrannt hindurchfallen würde. Durch Anlage eines Treppenrostes wird in einem solchen Falle sehr viel Brennmaterial erspart werden.

3) Der Rost darf nie unmittelbar in oder unter dem zu erhitzenden Gegenstande, sondern muß stets vor demselben in einem besonderen Verbrennungsraume angebracht werden.

Wie wir weiter vorn bereits nachgewiesen haben, so erfolgt die Verbrennung um so vollkommener und lebhafter, je höher die dabei entwickelte, bezw. in dem Verbrennungsraume vorhandene Temperatur ist. Ebenso erfolgt die Übertragung (Transmission) der Wärme um so schneller, je größer der Temperatur-Unterschied zwischen der heizenden Flamme und dem zu erhitzenden Gegenstande ist. Deshalb sind die sogenannten Innen- und Unterfeuerungen bei Dampfkesseln das denkbar Mangelhafteste, und die große Kohlenersparnis bei zweckmäßiger Umänderung solcher Anlagen beweist die Richtigkeit des Gesagten. Wie soll eine Flamme eine hohe Temperatur entwickeln können, wenn bei einem Cornwall-Kessel der Rost vollständig in dem im Wasserraume des Kessels befindlichen Feuerrohre, oder wenn er bei einer Siedepfanne unmittelbar unter dem Boden derselben liegt?

Ein normaler Verbrennungsraum für Rostfeuerungen muß vor dem Kessel liegen und mit feuerfesten Steinen überwölbt sein, deren Glut die Entzündung und vollständige Verbrennung der namentlich nach dem Aufwerfen sich entwickelnden Gase und Dämpfe unterstützt. — Eine derartig angelegte Feuerung bezeichnet man als Vorfeuerung.

Der **Planrost** ist die älteste und am weitesten verbreitete Rostkonstruktion. Für ihn und seine Bedienung gelten ganz besonders die vorstehend für Rostfeuerungen im allgemeinen gegebenen Vorschriften. Der Planrost besteht für alle größeren Feuerungen aus einzelnen Stäben, an deren beiden Enden und in der Mitte sich Verstärkungen befinden, durch welche die Rostspalten gebildet werden. Die Stärke der Roststäbe und die Weite der Rostspalten sind vom Brennmaterial abhängig, und je stärker die Roststäbe sind, um so weiter sind die Rostspalten zu nehmen. Kok verlangt die stärksten Stäbe und weite Rostspalten, Steinkohle stärkere Stäbe und weitere Spalten, als Braunkohle.

Die Größe der gesamten (totalen) Rostfläche richtet sich nach der Menge des Brennstoffs, welcher in einer bestimmten Zeit (1 Stunde) verbrannt werden soll oder muß, um eine bestimmte Leistung zu erzielen; die freie Rostfläche (unter welcher man die Summe aller Rostspalten versteht) nach der Menge Luft, welche dem Brennstoff behufs seiner vollständigen Verbrennung zugeführt werden muß.

Zur Verbrennung von je 100 k der nachgenannten Brennstoffe in einer Stunde betrage die gesamte Rostfläche:

für Steinkohlen	1,5 bis 1,75 qm
„ Braunkohlen	2,0 „ 2,35 „
„ Holz	2,25 „ 2,60 „

Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der Dampfkesselfeuerungen mögen hier einige Angaben über die dabei erforderlichen Rostgrößen folgen.

1. Für feststehende, ummauerte Kessel mit gutem natürlichen Luftzuge betrage die ganze Rostfläche für je 1 effektive Pferdestärke:

bei Steinkohlenfeuerung	0,060 bis 0,075 qm
„ Braunkohlenfeuerung	0,080 „ 0,120 „
„ Holzfeuerung	0,085 „ 0,150 „

2. Für Lokomobilkessel mit künstlichem Luftzuge und Steinkohlenfeuerung betrage die ganze Rostfläche = $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{50}$ der gesamten Kesselheizfläche;

3. Für Lokomotivkessel = $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{80}$ der ganzen Kesselheizfläche.

Die freie Rostfläche nehme man

bei Steinkohlen-Feuerung zu $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der ganzen Rostfläche

„ Braunkohlen- „ „ $\frac{1}{6}$ „ $\frac{1}{4}$ „ „ „

„ Holz- „ „ $\frac{1}{7}$ „ $\frac{1}{5}$ „ „ „

Die Stärke der Roststäbe soll betragen:

für Steinkohlen-Feuerung = 10 bis 12 mm

„ Braunkohlen- „ = 5 „ 6 „

„ Holz- „ = 5 „ 6 „

Die Länge der Roststäbe betrage nicht über 60 cm; ist ein längerer Rost notwendig, so theile man denselben in zwei oder drei Stablängen. Die Roststäbe müssen sich nach unten verjüngen, damit Asche und Schlackenteilchen sich nicht einklemmen können.

Gewöhnlich wird der Planrost wagerecht gelegt, doch ist eine durch örtliche Verhältnisse manchmal gebotene Neigung nach hinten keineswegs nachtheilig.

Ein jeder Rost dehnt sich bei der Erwärmung aus, und wenn hierauf bei der Anlage nicht Rücksicht genommen wird, so ist ein Krummwerden der Roststäbe und Herausdrängen der Feuerthür unvermeidlich. Der Spielraum muß für jeden Roststab auf $\frac{1}{100}$ seiner Länge bemessen werden.

Sehr häufig findet man, daß die Roststäbe an beiden Enden glatt auf gleichfalls glatten und breiten Rostträgern aufliegen. Das ist fehlerhaft, weil dadurch an den betreffenden Stellen nicht nur der Luftzutritt beschränkt, sondern auch das Durchfallen von Schlackenteilchen unmöglich gemacht wird. Als sehr vorteilhaft kann die in Fig. 3a dargestellte Rostkonstruktion gelten, bei welcher auf feste Lage und ungehinderte Ausdehnung der Roststäbe, möglichst gleich-

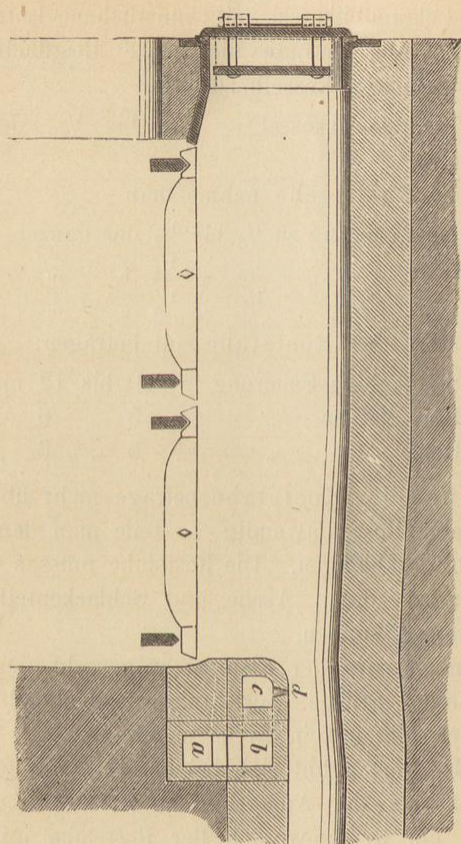


Fig. 3 a.

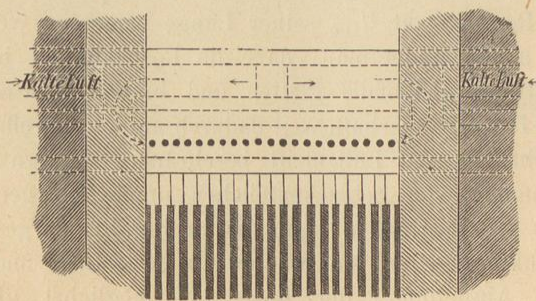
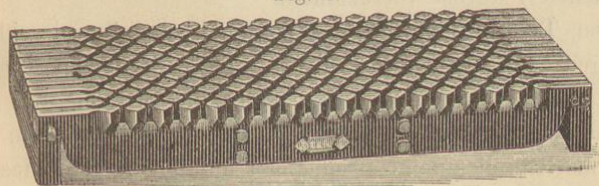


Fig. 3 b.

mäßigen Luftzutritt und leichtes Hindurchfallen von Schlackenstückchen und Asche auch an den Rostenden Rücksicht genommen worden ist.

Die Feuerthüren sollen so klein gemacht werden, wie es eine bequeme Bedienung des Rostes zuläßt; außerdem empfiehlt es sich, sie auf der inneren Seite mit einer Schutzplatte zu versehen (vgl. Fig 3a), welche den Zweck hat, eine zu starke Erhitzung und das damit verbundene Verziehen der Feuerthür zu verhüten. Zwischen der Feuerthürzarge und dem Rost bringe man eine um 25--30 Grad geneigte Vorplatte an. Dieselbe wird am besten mit der Zarge fest verbunden.

Fig. 4.



Die Entfernung des Feuergewölbes vom Rost betrage für Steinkohlen etwa 40 bis 45 cm, für Braunkohlen 30 cm. Eine schwache Neigung des Gewölbes nach der Feuerbrücke zu ist zu empfehlen.

Eine wesentliche Vervollkommnung des Planrostes bietet der sogenannte Polygonrost von Selwig & Lange in Braunschweig, den die Abbildung (Fig. 4) in perspektivischer Ansicht zeigt.

Er besteht aus einzelnen einander gleichen Roststäben, welche oben mit einzeln stehenden, diagonal gestellten Ansätzen von polygonalem (meist quadratischem oder rhombischem) Querschnitt versehen sind. Der zusammengelegte Rost zeigt doppelte, ungefähr diagonal verlaufende und sich kreuzende Rostspalten, welche in beliebiger, für jedes Material passender Weite hergestellt werden können. Da die Verteilung der zugeführten Luft eine außerordentlich gleich-

mässige ist, so kann dieser Planrost etwas stärker beschickt werden, als ein gewöhnlicher Spalten-Planrost, und deshalb leistet der Polygonrost mehr, als der gewöhnliche Rost.

Ein anderer Vorzug des Polygonrostes ist der, daß die gröfsere Oberfläche der Ansätze eine etwas kräftigere Erwärmung der Verbrennungsluft bewirkt, sowie, daß die Roststäbe selbst bei beschränkter Längenausdehnung weniger leicht krumm werden, da der untere Teil derselben genügend kühl bleibt, während die Ansätze, welche allein einer stärkeren Erhitzung ausgesetzt sind, sich einzeln frei nach jeder Richtung hin ausdehnen können. — Der Polygonrost ist für jeden Brennstoff, der auf Planrosten verbrannt werden kann, dem gewöhnlichen Planrost vorzuziehen.

Der **Treppenrost** hat vornehmlich den Zweck, kleinstückigen, grusigen oder selbst erdigen Brennstoff vorteilhafter zu verwerten, wie dies beim Planrost möglich ist. Bei einem gut eingerichteten Treppenrost ist die Höhe des auf demselben liegenden Brennstoffs ununterbrochen dieselbe und infolge dessen der Zutritt der Luft und der Verlauf des Verbrennungsprozesses weit gleichmässiger, wie beim Planrost. Ein Zuströmen kalter Luft durch Feuerthüren findet gar nicht statt. Der Brennstoff soll in verhältnismässig kurzen Zeiträumen*) ganz selbständig, ohne jedes Schüren nachfallen und sich gleichmässig über die ganze Rostfläche verteilen. Der Rost darf weder in seinem oberen Teile leer brennen, noch sich überschütten, noch dürfen Lücken auf demselben entstehen. Letztere werden gewöhnlich durch einzelne gröfsere Stücken in sonst feinkörnigem Brennstoff hervorgerufen und diese Stücken sollten deshalb vorher entfernt oder zerschlagen werden.

Die gleichmässige Beschüttung hängt neben der richtigen Gröfse der Zuflufsöffnung vornehmlich von dem Neigungswinkel des Treppenrostes ab und darum mufs letzterer

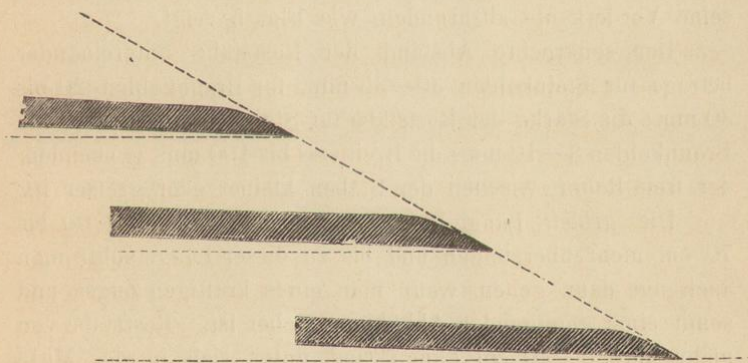
*) Am besten von Minute zu Minute.

leicht um einige Grade für den Fall verändert werden können, daß der Brennstoff nicht immer gleiches Korn hat, wie dies z. B. bei erdigen Braunkohlen aus verschiedenen Bezugsquellen der Fall ist.

Im allgemeinen beträgt der Neigungswinkel 28—32 Grad. Grobkörnige Kohlen verlangen einen etwas steileren, erdige, feinkörnige, einen flacheren Rost.

Ein Durchschüren des Treppenrostes ist bei nicht schlackendem Brennstoff in 24 Stunden höchstens drei bis

Fig. 5.



viermal, bei schlackendem dagegen öfter notwendig. Da es unvermeidlich ist, daß dabei neben Schlacken auch unverbrannte Kohlenteilchen herabrollen, so soll sich am Fuße eines jeden Treppenrostes ein kurzer Planrost befinden, der gleichzeitig zur Verbrennung der herabgerollten Kohlen und zur bequemen Entfernung von Schlacken und Asche dient. Zu diesem Behufe ist der Planrost als Schieber eingerichtet, in dessen Rahmen einzelne kurze Roststäbe von etwa 25 cm Länge liegen. Dieser Rostschieber befördert außerdem die Rauchverbrennung insofern, als der durch ihn eintretende Luftüberschuß sich mit den auf dem Treppenrost entwickelten Gasen unter einem Winkel von 50—60 Grad vorteilhaft vermischt.

Der Treppenrost besteht aus dem Füllrumpfe mit Schieber zur Regelung des Zulaufs der Brennstoffe, den Rostwangen mit den dazwischen liegenden Roststäben und dem in einem Rahmen beweglichen Planrostschieber. Die Roststäbe legen sich auf die an den inneren Seiten der Wangen angegossenen Vorsprünge oder Leisten dergestalt, daß ihre Vorderkanten in einer geraden Linie liegen. Sie müssen sich seitlich um je 4—5 mm frei ausdehnen können, wenn sie nicht krumm und unbrauchbar werden sollen. Wenig bekannt, aber vorteilhaft ist es, jedem Roststab nach dem Gewölbe hin eine Neigung von 3—4 mm zu geben und seine Vorderkante abzurunden, wie Fig. 5 zeigt.

Der senkrechte Abstand der Roststäbe untereinander betrage für Steinkohlen 30—35 mm, für Braunkohlen 20 bis 30 mm; die Stärke der Roststäbe für Steinkohlen 12—15, für Braunkohlen 8—10 mm; die Breite 80 bis 100 mm, je nachdem der freie Raum zwischen den Stäben kleiner oder größer ist.

Die größte Länge der Treppenroststäbe sollte 60 bis 70 cm nicht übersteigen und bis zu dieser Länge sollte man auch nur dann gehen, wenn man eines kräftigen Zuges und somit einer genügenden Abkühlung sicher ist. Roststäbe von mehr als 35—40 cm Länge sind unter sich in der Mitte oder bei langen Stäben an zwei Punkten zu stützen; dies geschieht durch an den Stäben angegossene Nasen von rautenförmigem Querschnitt und der Höhe der Rostspalten. Treppenroste von mehr als 60 cm Breite teilt man durch Mittelwangen mit Trageleisten auf beiden Seiten.

Die Länge der Wangen soll 1,50 bis 1,60 m nicht übersteigen.

Von Wichtigkeit ist die Form und Lage des Feuergewölbes. Der Abstand desselben von der Rostfläche muß, dem Anwachsen der Flamme entsprechend, nach unten hin zunehmen. Vom Scheitel des Gewölbes, welches möglichst flach anzulegen ist, bis zum Rost soll die von letzterem aus senkrecht gemessene Entfernung betragen:

für Steinkohlen: oben 25 bis 30 cm, unten 50 bis 60 cm

„ Braunkohlen: „ 20 „ 25 „ „ 40 „ 50 „

Hinter dem Planrostschieber ist stets eine Feuerbrücke von nicht unter 20 cm Höhe anzuordnen.

Die gesamte Rostfläche nimmt man für den Treppenrost mindestens ebenso groß, wie sie nach der weiter vorn mitgetheilten Berechnung für einen Planrost hätte sein müssen. — Die größere oder geringere Lebhaftigkeit der Verbrennung wird durch den Rauchschieber geregelt, kann aber auch innerhalb enger Grenzen durch den Kohlenschieber verändert werden.

Neben dem einfachen Plan- und Treppenrost hat man noch eine große Anzahl anderer Rostkonstruktionen vorgeschlagen und versucht, doch haben dieselben, da sie meist zu kompliziert sind und eine viel zu aufmerksame Wartung verlangen, keine ausgedehnte Anwendung gefunden und können deshalb an dieser Stelle füglich übergangen werden.

Die Ursachen und Nachteile der Rauchbildung sind bereits weiter vorn besprochen worden. Die Rauchverbrennung, welche richtiger als Rauchvermeidung bezeichnet wird, liegt sowohl im öffentlichen als auch im Interesse der Besitzer von Feuerungsanlagen. — Im allgemeinen rauchen Planrostfeuerungen leichter, als solche mit Treppenrost, und Steinkohlen wieder mehr, als Braunkohlen und Holz. In allen Fällen, wo ein Schornstein stark und fast unaufhörlich raucht, liegen grobe Fehler in der Feuerungsanlage und eine Vernachlässigung der bereits mehrfach besprochenen einfachsten Grundregeln der Feuerungskunde vor.

Die Zahl der sogenannten „rauchverzehrenden oder rauchverbrennenden“ Feuerungen ist sehr groß, aber die wenigsten der vorgeschlagenen Konstruktionen sind so einfach und brauchbar, daß sie sich Eingang hätten verschaffen können. Die beste Einrichtung zur Rauchverminderung besteht einfach darin, daß man am Ende des Rostes, und zwar ent-

weder nur durch die Feuerbrücke (vgl. Fig. 3a und 3b), oder besser noch auch gleichzeitig oberhalb derselben aus dem Feuergewölbe, aus kleinen, düsenartigen Öffnungen möglichst hoch vorgewärmte atmosphärische Luft unter einem Winkel von ungefähr 90 Grad zur Flamme treten und sich mit dieser mischen läßt. — Am besten wird diese Vorrichtung aus für diesen Zweck besonders angefertigten Chamotte-Steinen hergestellt.

An welcher Stelle der Feuerungsanlage die Kanäle zur Vorwärmung der Luft ohne Nachteil für die Heizwirkung ausgespart werden können, hängt gänzlich von der Art und Einrichtung der Feuerung selbst ab, und es lassen sich hierüber nicht einmal allgemeine Vorschriften geben. Nur das Eine ist dabei unbedingt zu beachten,

dafs der anzuwärmende Luftstrom nur in ununterbrochen, wenn auch nur wenig aufsteigenden Kanälen der Flamme zugeführt werden darf.

Außerdem muß die Luftmenge durch an den Einmündungsstellen vorhandene Schieber geregelt werden können.

In manchen Fällen wird man schlangenförmig geführte, gußeiserne Rohre in den Fuchs einlegen können (vgl. Fig. 8, 9, 10, 11). Dabei ist selbstverständlich zu beachten, dafs dann der Fuchs an der betreffenden Stelle soviel zu erweitern ist, dafs der erforderliche freie Querschnitt für die Verbrennungsprodukte nicht im mindesten beeinträchtigt wird. — Läfst sich die Vorwärmung der Luft nicht in Kanälen oder Röhren bewirken, so ist schon die in den Fig. 3a und 3b dargestellte Einrichtung einigermaßen ausreichend. Bei derselben ist die Feuerbrücke aus hohlen Chamottesteinen derartig hergestellt, dafs drei mit einander in Verbindung stehende Kanäle entstehen, welche von der Luft in der Reihenfolge a, b, c, durchzogen werden, bevor erstere aus den Düsen d ausströmt. Die Summe der Luftdüsen-Ausgänge sei etwas kleiner, als der Querschnitt des Kanals. — Wenn man die kalte Luft zu beiden Seiten von a eintreten

lassen kann, so verbinde man a mit b nur in der Mitte, und sodann wieder b mit c an den Endpunkten von b. Dadurch wird der Weg für die Luft etwas verlängert und vor allem deren Verteilung gleichmäÙig gemacht. Der Kanal c muß wenigstens an einer Seite durch das Mauerwerk hindurch geführt (und selbstverständlich für gewöhnlich luftdicht nach außen geschlossen) sein, damit er von Zeit zu Zeit von Flugasche gereinigt werden kann.

Bei sonst guter Anlage wird diese Rauchvermeidungseinrichtung nur beim Aufgeben frischen Brennstoffs zu öffnen sein.

Von nicht geringer industrieller Bedeutung sind gewisse **rostlose Feuerungen**. Hierher gehören besonders die (schachtförmigen) Kupol- und Hochöfen, sowie die Ringöfen zum Brennen von Mauersteinen etc. mit Kohleneinstreuung. Die ersteren dienen nur hüttenmännischen Zwecken, nämlich der Kupolofen zum Umschmelzen von Metallen, besonders von Eisen, der Hochofen zur Gewinnung des Eisens aus seinen Erzen. Bei beiden Öfen wird das Schmelzgut in abwechselnden Lagen mit dem Brennstoff (Kok oder Holzkohle) in den Ofen eingebracht, bzw. nachgefüllt, und die Verbrennungstemperatur wird auf eine bedeutende Höhe gebracht durch mehr oder weniger stark geprefsten Unterwind.

Beim Hochofen findet außerdem eine vorherige Erhitzung der Gebläseluft auf 400—600 Grad C. statt. — Während in dem niedrigeren Kupolofen nur die Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure erfolgt, findet im Hochofen in den höher liegenden glühenden, aber nicht brennenden Brennstofflagen eine Zurückführung eines großen Teiles der Kohlensäure in Kohlenoxydgas statt, welches gemischt mit verschiedenen Kohlenwasserstoffen und dem Stickstoff aus der Gebläseluft, dem Winde, aus der oberen Oeffnung des Ofens, der Gicht, entweicht. Dies Gasgemisch bezeichnet man als Gichtgase und diese werden zum Heizen von Dampfkesseln etc. benutzt.

Bei den Ringöfen wird kleinstückiger, pulveriger oder erdiger Brennstoff von oben in das bereits bis zur Entzündungstemperatur erhitze Brenngut eingestreut und die Verbrennung durch außerordentlich hoch erwärmte Luft unterhalten. Hier findet die rationellste und höchste Ausnutzung selbst der geringwertigsten Brennstoffe statt und man hat es vollständig in der Hand, entweder mit der gerade erforderlichen Luftmenge, oder mit Luftüberschufs (mit oxydirender Flamme), oder mit unzureichender Luftzufuhr (mit reducirender Flamme) zu brennen.

Auf eine nähere Beschreibung der rostlosen Feuerungen einzugehen, ist hier nicht der Ort, da dieselben nur in einigen besonderen Industrien Verwendung finden.

2. Die Gasfeuerung.

Wie wir weiter vorn bereits gesehen haben, so findet bei der direkten Verbrennung fester und flüssiger Brennstoffe stets eine Vergasung statt und es können immer nur die aus dem Brennstoff durch Einwirkung der Wärme entwickelten Gase, nie aber der Brennstoff selbst, verbrennen. In diesem allgemeinen Sinne ist also eine jede gewöhnliche Feuerung eine Gasfeuerung, bei welcher eine Verbrennung der Gase unmittelbar an der Entwicklungsstelle erfolgt.

Die Gasfeuerung im engeren Sinne unterscheidet sich von der gewöhnlichen Feuerung dadurch, daß bei ihr die Bestandteile fester Brennstoffe in einer besonderen Operation und in einem besonderen Ofen (dem Gaserzeuger oder Generator) in brennbare Gase verwandelt und letztere in einem besonderen, vom Gaserzeuger oft ziemlich entfernt liegenden Raume (dem Verbrennungsraume) unter inniger Mischung mit erwärmter atmosphärischer Luft verbrannt werden.

Die Gasfeuerung ist die vollkommenste aller Feuerungen, wie sich leicht aus Nachstehendem ergibt.

Die Vergasung der festen Brennstoffe erfolgt unter Beschränkung des Luftzutritts dergestalt, daß vorzugsweise nur Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffe erzeugt werden, die Bildung von Kohlensäure dagegen, welche nicht brennbares, sondern verbranntes Gas ist, vollständig vermieden wird. In den Brenn- oder Generatorgasen sind alle in dem

Fig. 6.

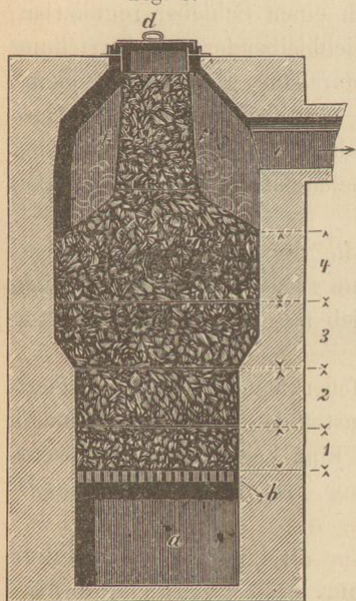
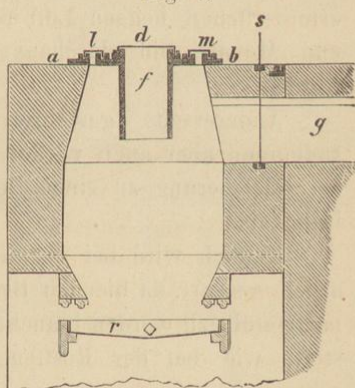


Fig. 7.



Brennstoff enthaltenen Wärmequellen (abzüglich der für die Vergasung selbst verbrauchten und der durch das Mauerwerk ausgestrahlten Wärme) enthalten, und zwar mit den für den Verbrennungsprozess wertvollsten Eigenschaften, nämlich gasförmig und in heißem Zustande.

Gasförmige Körper lassen sich vollkommen mit einander mischen; sie durchdringen sich gegenseitig auf das Innigste und deshalb ermöglicht die Gasfeuerung die vollkommenste Verbrennung unter fast gänzlicher Vermeidung eines Über-

schusses an atmosphärischer Luft. Wird letztere außerdem noch erhitzt zugeführt, so werden die höchsten Verbrennungstemperaturen erreicht, wobei die in der Luft vorhandene Wärme dem Verbrennungsprozess voll und ganz zugut kommt.

Im Gaserzeuger ist die Höhe der Schicht des in demselben angehäuften Brennstoffs stets dieselbe und die Menge des zu erzeugenden Gases durch einen Schieber regulierbar, sodass die Gasproduktion bei gleichbleibender Schieberstellung und gleichem Schornsteinzuge durchaus gleichmäßig bleibt. Ebenso kann die Menge der zur Verbrennung der Gase erforderlichen heißen Luft reguliert und somit für Wochen und Monate ein durchaus gleichmäßiger Betrieb erzielt werden.

Andererseits gewähren die verschiedenen Schieberstellungen aber auch wieder eine große Anpassungsfähigkeit der Gasfeuerung an einen Betrieb mit wechselndem Wärmebedürfnis.

Endlich wird bei der Gasfeuerung erheblich an Handarbeit gespart, da hier der Brennstoff nur alle 3 bis 6 Stunden nachgefüllt zu werden braucht. Eine Vergeudung von Brennstoff, wie bei der Rostfeuerung, ist hier nahezu ausgeschlossen.

Man unterscheidet zwischen direkter oder **einfacher** und **Regenerativ-Gasfeuerung**. — Beiden gemeinschaftlich ist die vorherige Erwärmung der Verbrennungsluft; der Unterschied zwischen beiden besteht dagegen darin, dass bei der Regenerativ-Feuerung die Verbrennungsluft meistens höher, als bei der einfachen Gasfeuerung erhitzt wird, außerdem aber auch die Brenngase selbst stark erwärmt und dadurch die höchsten Verbrennungstemperaturen erreicht werden. — Bei der einfachen Gasfeuerung erfolgt die Erhitzung der Verbrennungsluft meist nur in Röhren oder Kanälen, seltener in besonderen Heizkammern; bei der Regenerativ-Gasfeuerung werden sowohl die Gase, als

auch die Luft, und zwar beide in besonderen Kammern, den Regeneratoren auf eine verhältnismäßig hohe Temperatur gebracht. — Diese besondere Eigentümlichkeit der Regenerativ-Feuerung wird neuerdings oft übersehen, und es werden mit Unrecht auch solche Anlagen als Regenerativ-Feuerungen bezeichnet, bei denen nur die Verbrennungsluft in Heizkammern erwärmt wird.

Die **einfache Gasfeuerung** wendet man da an, wo es sich um vollständige Ausnutzung der durch die Verbrennung der Gase erzeugten Wärme handelt, also für Dampfkessel und Verdampfpfannen, Retortenöfen, Brennöfen für Mauersteine, feinere Thonwaren, Kalk, Cement, Porzellan u. s. w.

Dagegen ist die **Regenerativ-Gasfeuerung** da am Platze, wo es sich um Erzeugung der höchsten Temperaturen handelt und die Verbrennungsprodukte den Ofen noch mit sehr hohen Temperaturen verlassen, wie z. B. bei Öfen zum Glasschmelzen und bei vielen hüttenmännischen Processen.

Bei einer jeden Gasfeuerung sind als wesentliche Teile zu unterscheiden: Der **Gaserzeuger**, die **Vorrichtung zum Mischen der Brenngase mit heißer atmosphärischer Luft**, welche zugleich den **Verbrennungsraum** bildet, und bei der Regenerativfeuerung noch die **Heizkammern (Regeneratoren)** mit ihren Umschaltungsverrichtungen.

Die Form und Einrichtung des **Gaserzeugers***) ist vollständig unabhängig davon, ob das Brenngas für eine einfache oder für eine Regenerativ-Gasfeuerung bestimmt ist, sie richtet sich vielmehr in der Hauptsache nach der Art der zu vergasenden Brennstoffe.

In Fig. 6 (S. 79) ist die Grundform eines Gaserzeugers für stückiges Material dargestellt: a ist der Aschenfall, b ein

*) Recht undeutsch gewöhnlich „Generator“ genannt.

gewöhnlicher Planrost, c der auf dem Rost lagernde Brennstoff, d die luftdicht zu schließende Einfüllöffnung, e der Abzugskanal für die Brenngase. Um den Verlauf der Vergasung zu veranschaulichen, denken wir uns die Brennstoffschicht in vier Zonen geteilt, welche in Wirklichkeit zwar nicht so scharf, wie in der Zeichnung, getrennt, aber doch thatsächlich vorhanden sind. — In der ersten Zone, unmittelbar auf dem Roste, brennt die Kohle (der Kok etc.), wie bei jeder anderen Feuerung, aber infolge des Widerstandes der darüber liegenden Kohlschichten weniger lebhaft. Die in der ersten Zone vorhandene Verbrennungstemperatur pflanzt sich in abnehmendem Verhältnis auf die höher liegenden Schichten fort, und so sehen wir, daß in der zweiten Zone der Brennstoff zwar noch lebhaft glüht, aber nicht verbrennt, einmal weil die Temperatur nicht mehr hoch genug, besonders aber, weil sämtlicher durch die Rostspalten zugeführte Sauerstoff bereits in der ersten Zone zur Bildung von Kohlensäure vollständig verbraucht worden ist. Dagegen findet in dieser zweiten Zone der wichtigste Vorgang im Gaserzeuger statt, insofern durch den glühenden Kohlenstoff das wesentlichste Verbrennungsprodukt aus der ersten Zone, nämlich die Kohlensäure, in Kohlenoxydgas zurückverwandelt (reducirt) wird. Sie giebt dabei einen Teil ihres Sauerstoffgehaltes an die glühende Kohle ab und vermehrt so die Menge des Kohlenoxyds. Die in der zweiten Zone gebildeten und vorzugsweise aus Kohlenoxydgas bestehenden, mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft beladenen Brenngase erleiden in der dritten und vierten Zone eine chemische Veränderung nicht mehr, geben aber hier bei ihrem Durchgange immer noch so viel Wärme ab, daß noch dampfförmige Kohlenwasserstoffe (Teerdämpfe) und zuletzt Wasserdämpfe sich entwickeln können. Letztere sondern sich bei langen Gasleitungskanälen oder künstlicher Abkühlung der Brenngase ab, gelangen dagegen bei kurzen Kanälen unmittelbar mit in den Verbrennungsraum.

Auch hier ist also, wie bei der Rostfeuerung, ein großer Feuchtigkeitsgehalt im Brennstoff nachteilig.

Das Einfüllen der Kohle erfolgt durch die Öffnung d, welche durch einen mit Sanddichtung versehenen Deckel verschlossen werden kann. Dieser Verschlussdeckel darf fehlen, wenn ein genügend hoher und immer mit Brennstoff gefüllter Trichter f vorhanden und der Brennstoff grusförmig und dicht aufeinander liegend ist.

Die Form des Gaserzeugers richtet sich im wesentlichen nach der Beschaffenheit des Brennstoffs, das Princip des Vergasungsprocesses bleibt dagegen für alle Brennstoffe dasselbe. — Nachstehend folgen einige der bezeichnendsten Konstruktionen für die verschiedenen Brennstoffe.

Der weiter vorn in Fig. 6 abgebildete schachtförmige Gasofen eignet sich für grobstückige, aber wenig schlackende Stoffe; für schlackende Kohlen und Kok eignet sich besser die in Fig. 7 (S. 79) dargestellte Anordnung. Der Schacht verjüngt sich nach oben und unten. An der Deckplatte a b befinden sich außer dem Verschluss d für den Fülltrichter f noch 4 kleinere, ebenfalls durch Deckel verschließbare Öffnungen l, m, durch welche die Schüreisen zum Abstofsen von Schlacken, welche sich am Mauerwerke festgesetzt haben, geführt werden. Durch den im Gaskanal g befindlichen Schieber s wird die Lebhaftigkeit der Vergasung geregelt. Der Rost r liegt so weit von der Unterkante des Schachtes entfernt, daß er bequem abgeschlackt werden kann.

Zwei andere, auf Betrieb mit Steinkohlen eingerichtete und im wesentlichen unter sich ähnliche Gaserzeuger sind in den Fig. 8—11 (S. 85 und 86) abgebildet. — Fig. 8 und 9 zeigen einen unterhalb der Gebäudesohle angelegten Ofen zum Betriebe eines Dampfkessels. Über dem Planrost ist noch ein zweistufiger, kurzer Treppenrost zur Erleichterung des Schürens und Abschlackens angeordnet. Die zur Vergasung erforderliche Luft tritt durch die doppelwandige und mit untereinander versetzten und verschließbaren Öffnungen versehene Klappe k

ein und wird hier etwas angewärmt. — Die Zuführung des Brennstoffs erfolgt stündlich in Mengen von 100 k. Die Füllöffnung ist durch einen Deckel mit Sanddichtung und außerdem durch eine Drosselklappe geschlossen. — Durch das Schauloch t läßt sich der Gang der Vergasung beobachten und die Kohle nötigenfalls nachschüren. — Die Brenngase gelangen durch einen steigenden Kanal B in den Zug g und ihre Zuströmung wird durch den Chamotte-Schieber r geregelt. Die Decke von g besteht aus dünnen, rostartig aneinander gelegten Chamotteplatten, zwischen denen hindurch die Gase senkrecht in die darüber liegende Verbrennungskammer c aufsteigen. — Die Verbrennungsluft wird in dem im Fuchs F liegenden eisernen Rohre a erwärmt, gelangt in die unter dem Gaskanal g belegene Kammer a', steigt zu beiden Seiten von g in die Höhe und mündet von a² aus in den Seitenwangen des Verbrennungsraumes durch eine Anzahl von düsenförmigen Öffnungen aus. Infolge der fortwährend aufsteigenden Lage des Luftrohres und der allmählig zunehmenden Lufterhitzung erfolgt der Austritt der Luft aus den Düsen so kräftig, daß sie mit den ebenfalls mit namhafter Geschwindigkeit und in anderer Richtung zuströmenden Brenngasen Wirbel bildet und dadurch eine innige Mischung beider Gasströme herbeigeführt wird.

In den Figuren 10 und 11 ist ein dem vorigen ähnlicher Gaserzeuger zugleich mit einem Ofen zum Brennen von Kalk behufs Gewinnung von Kohlensäure dargestellt.

Bei dieser von Ponsard angegebenen Einrichtung wird nicht nur die im Kalkstein vorhandene, sondern auch die durch die Gasverbrennung sich ergebende Kohlensäure gewonnen und nutzbar gemacht. Dieser Kalk-Brennofen besteht aus dem Gaserzeuger a, dem eigentlichen Kalkofen, von welchem der vordere Raum b zur Verbrennung der Gase, der hintere und gröfsere zur Aufnahme der Kalksteine dient, sowie aus dem Lufterhitzungsapparate d, durch welchen gleichzeitig die Abkühlung des kohlensäurehaltigen Gases erfolgt, welches

Fig. 9.

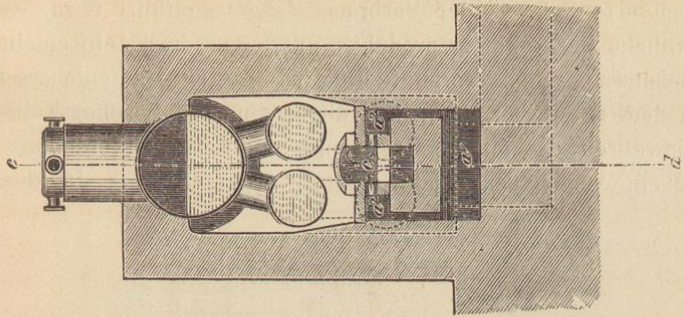
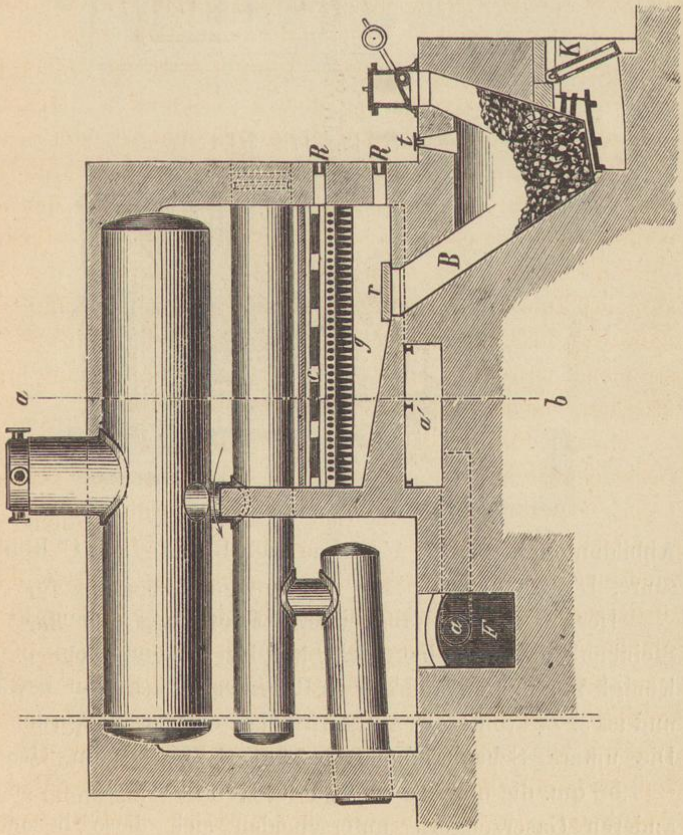


Fig. 8.



durch das Rohr C' der Verbrauchsstelle zugeführt wird. — Sämtliche Verbrennungsprodukte müssen die Kalksteinschicht durchstreichen; der gebrannte Kalk wird mittels des Schiebers f aus dem trichterförmigen Rost abgezogen und frischer Kalkstein durch die mit Drosselklappen und Wasserverschlussdeckeln versehenen Fülleylinder g eingeführt. — In den

Fig. 10.

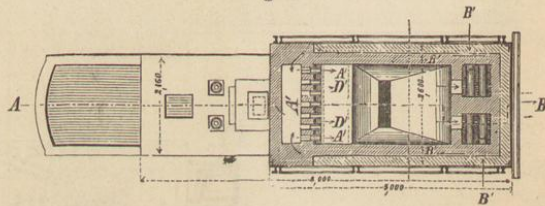
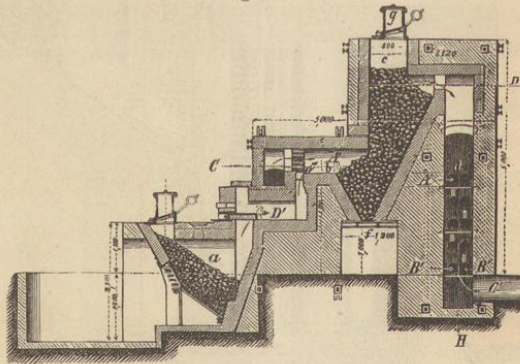


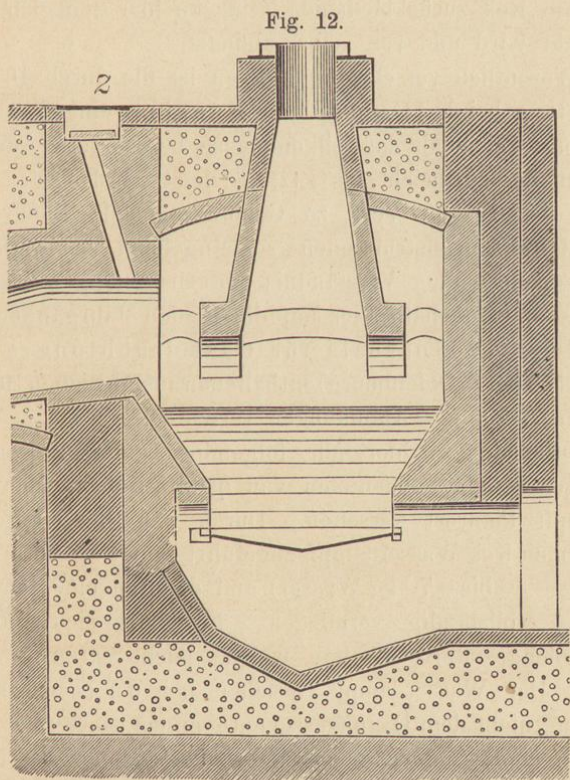
Fig. 11.



Abbildungen bedeuten: A' warme Luft, B' kalte Luft, C' Kohlensäure, D' Brenngase.

Der in Fig. 12 abgebildete Gaserzeuger, ebenfalls für Steinkohlenbetrieb, hat sich in drei Exemplaren in der Königl. Porzellanmanufaktur in Berlin seit 14 Jahren bewährt und ist s. Zt. von Georg Mendheim entworfen worden. — Die untere Schachthöpfung beträgt 1,255 m im Quadrat = 1,58 qm, die mittlere Schütthöhe 1,25 bis 1,30 m. Von den anderen Gaserzeugern unterscheiden sich diese besonders

dadurch, daß sie einen nach unten sich stark erweiternden, gemauerten Schüttkegel haben, welcher stets voll Kohle gehalten wird. Dadurch wird eine sich stets gleich bleibende Schütthöhe erreicht und diese ist gerade beim Brennen von Porzellan von großer Wichtigkeit insofern, als sie zu einer



möglichst gleichmäßigen chemischen Zusammensetzung und Menge der Brenngase wesentlich beiträgt. —

Die Verwendung von Steinkohlenkok zur Erzeugung von Brenngasen hat ein besonderes Interesse für die Leuchtgas-Anstalten, und diese haben denn auch zur Heizung der eigenen Retortenöfen mehrfach Kokvergaser aufgestellt. — Die ersten

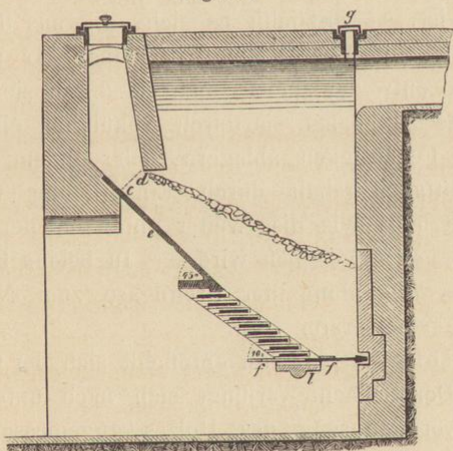
erfolgreichen Versuche in dieser Richtung sind wohl von E. Liegel in Stralsund ausgegangen, und abgesehen von einer erheblichen Brennstoff-Ersparnis zeigt Liegel's Gaserzeuger die Eigentümlichkeit, daß er keinen Rost, sondern statt dessen nur einen schmalen Schlitz besitzt, und daß die aus dem Kok zurückbleibende Schlacke hier zum Schmelzen gebracht wird und von selbst abfließt. *)

Wesentlich verschieden hiervon ist die durch Dr. N. H. Schilling bei der Gasanstalt in München eingeführte Einrichtung, welche als das vollkommenste bezeichnet werden darf, was in dieser Hinsicht bis jetzt geleistet worden ist. Leider gestattet der dem Verf. zu Gebote stehende Raum nicht, Schilling's Konstruktionen so eingehend zu besprechen, wie es zum vollen Verständnis derselben nötig sein würde, und es muß deshalb hier auf die in den Jahrgängen 1879 und 1880 des Journals für Gasbeleuchtung u. s. w. (München bei R. Oldenbourg) enthaltenen ausführlichen Berichte, Berechnungen und Abbildungen verwiesen werden. Als das Wesentlichste sei hier nur folgendes bemerkt: Der Gaserzeuger ist ein Schachtofen von quadratischem Querschnitt und mit Planrost versehen. Durch den Rost wird dem glühenden Kok Wasserdampf zugeführt (auf 1 kg verbrannten Kok = 0,50 bis 0,70 kg Wasser) und dadurch eine Schlackenbildung vollständig vermieden. Es bildet sich nur lose zusammengesinterte Asche, welche leicht entfernt werden kann. Der Wasserdampf (welcher bei der neueren Einrichtung nicht dem Dampfkessel entnommen, sondern kostenfrei in einem unterhalb des Rostes liegenden Wasserbecken durch die abziehenden Verbrennungsgase erzeugt wird) zerlegt sich bei seinen Durchgange durch die glühende Kokschicht in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff, von

*) Näheres über Liegel's Gaserzeuger findet sich in des Verfassers „Gasfeuerung“, Teil II, Seite 70—80, in Dingler's polyt. Journal, Bd. 223, Seite 482 u. ff., sowie im Journal für Gasbeleuchtung 1876, Seite 102 u. ff.

denen der estere mit der Kohle Kohlenoxydgas bildet, während der Wasserstoff freibleibt. — Die Verbrennungsluft wird durch möglichst vollkommene Ausnützung der Rauchgase, welche den Retortenofen mit einer Temperatur von 1200 bis 1250 Grad C. verlassen, ausserordentlich hoch, nämlich bis gegen 1100 Grad C. erhitzt und dadurch die Verbrennungstemperatur und die Nutzleistung der Gase ganz

Fig. 13.



erheblich gesteigert. — Durch Aufspritzen von Steinkohlenteer auf den Kok im Gaserzeuger ist ermittelt worden, daß 1 kg Teer = 1,7 kg Kok zu ersetzen vermag.

Milde, erdige Braunkohle und Steinkohlengrus gestatten eine verhältnismäßig nur geringe Schütthöhe und es empfiehlt sich für derartige Brennstoffe der in Fig. 13 dargestellte Gaserzeuger mit Treppenrost. Letzterer liegt unter einem Winkel von etwa 40 Grad und an denselben schließt sich oben die unter etwa 45 Grad geneigte Vorplatte e an. Der in einem Rahmen laufende Schieber f (welcher am besten aus einem Planrost mit sehr engen Spalten besteht) dient zur Entfernung von Asche und

Schlacken; letztere können von der Öffnung *g* aus herabgestoßen werden. — Von Wichtigkeit ist die Weite der Zuflußöffnung *c d* für die Erzielung einer stets gleichmäßigen Schütthöhe, wie sie dem Korn des Brennstoffes entspricht. Für ganz feinen Braun- und Steinkohlengrus nehme man $c d = 260$ bis 300 mm, für etwas gröbere Kohle = 370 bis 400 mm.

Da die meisten Braunkohlen 30 bis 50 % Feuchtigkeit enthalten und ein künstliches Trocknen derselben schwierig und teuer ist, so empfiehlt es sich, die aus ihnen dargestellten und mit Wasserdampf beladenen Brenngase zu trocknen, entweder, indem man sie durch ziemlich lange Kanäle leitet, in denen sie durch Abkühlung einen großen Teil ihrer Feuchtigkeit ablagern, oder indem man ihnen den Feuchtigkeitsgehalt durch Einspritzung von kaltem Wasser entzieht, wie dies weiter unten bei der Vergasung von Sägespänen angegeben wird. — In beiden Fällen findet freilich die Abkühlung der Brenngase zum Nachteil der Verbrennungstemperatur statt. —

Für Holz in Stücken empfiehlt sich der Gaserzeuger Fig. 14. Der Schacht verjüngt sich nach unten in einer der Raumverminderung des Holzes angemessenen Weise, entlastet die unten liegenden, durch Verkohlung und Veraschung dünn und mürbe gewordenen Stücke von dem Drucke des darüber liegenden frischen Holzes, giebt durch die geneigte Rückwand den Gasen Gelegenheit zu einem bequemen Abzuge und erleichtert endlich durch Neigung der Ofensohle die Entfernung der Asche. Bei flottem Gange des Ofens schmilzt die Asche und fließt an den Zuglöchern heraus, wenn mit dem Schürhacken etwas nachgeholfen wird.

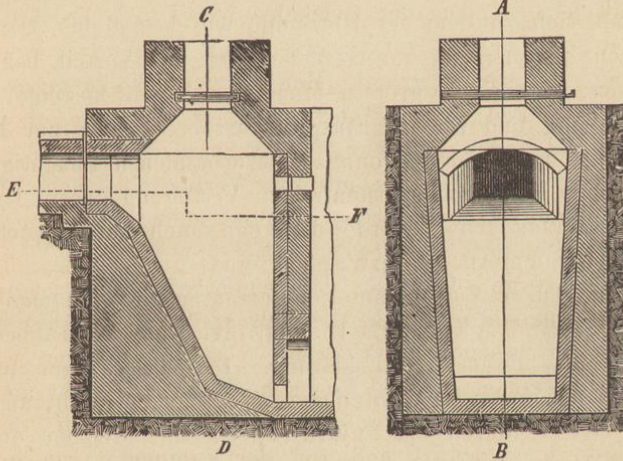
Die Füllöffnung wird unmittelbar über dem Ofenschachte durch einen gut dichtenden, in einer eisernen Zarge geführten Schieber geschlossen. Der kleine Füllschacht oberhalb des Schiebers ist stets mit zerkleinertem Holze gefüllt. Kann man dies mit trocknen Sägespänen mischen, so genügt dieser

einfache Verschluss vollkommen. Andernfalls muß der Füllschacht durch einen Deckel mit Sand- oder Wasserverschluss abgedichtet werden.

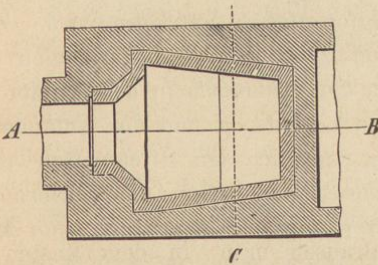
Fig. 14.

Schnitt nach A-B.

Schnitt nach C-D.



Schnitt nach E-F.



Ein Rost ist weder vorhanden noch erforderlich; die Verbrennungsluft tritt durch drei über der Sohle liegende Zuglöcher von je 400 qcm Querschnitt ein. —

Um zu zeigen, daß auch die geringwertigsten Brennstoffe noch zur Gasfeuerung dienen können, möge hier noch der Vergasung von Sägespänen gedacht werden, wie sie

auf dem Eisenwerke Munkfors in Wermland (Schweden) zum Betriebe eines Schweißofens dient.

Die hierzu erforderliche hohe Temperatur wird durch Anwendung des Siemens'schen Regenerativ-Systems, also durch gleichzeitige Erhitzung der Brenngase und der Verbrennungsluft erreicht. — Der Heizwert der Sägespäne verhält sich zu dem der Holzkohle wie 1 : 2,6 bis 3,0; sie können also nur da zur Gaserzeugung mit Vorteil benutzt werden, wo sie in großen Mengen ziemlich kostenlos zu haben sind und wo das Einspritzwasser, welches zur Verdichtung der in den Brenngasen vorhandenen Feuchtigkeit notwendig ist, ebenfalls kostenfrei zur Verfügung steht. Unter dieser Voraussetzung würde der Ofen auch zur Vergasung feuchten Stichtorfs zu verwenden sein.

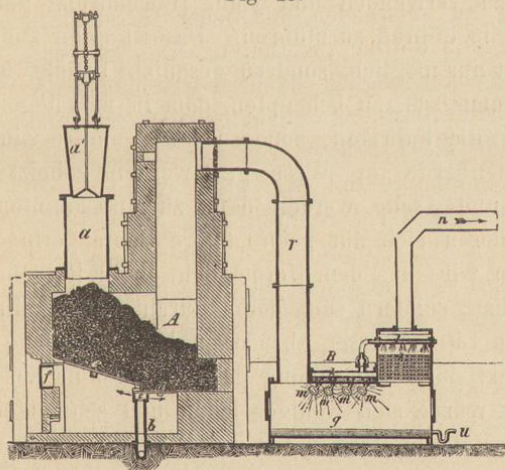
Die Anlage besteht aus dem eigentlichen Gaserzeuger A (Fig. 15) und dem Kühler B. Die Füllvorrichtung a und a' bedarf nicht einer besonderen Erklärung. Der Gaserzeuger wird, wie es bei einem so dicht liegenden Brennstoff nicht anders möglich ist, durch Unterwind betrieben, welcher durch das Rohr b zugeführt und von der Kammer c aus durch eine Anzahl feiner Öffnungen sowohl unter den Planrost d, als auch unter den geneigten Rost e getrieben wird. Zur Reinigung des Rostes sind zwei Thüren f vorhanden. — Ein eisernes Rohr r führt die Brenngase in den Kühler B, welcher aus dem liegenden Cylinder g und der Kammer h besteht. Die Verdichtung der in den Brenngasen enthaltenen Wasser- und Teerdämpfe, sowie die Entfernung von Flugasche, erfolgt in g durch Einspritzung von kaltem Wasser durch die Brausen m m; in dem Kasten h durch Berieselung eines eisernen Gitterwerks aus dem Rohre l. — Wasser und Theer fließen durch das U-förmige Rohr u ab. —

Von der Entstehung und Verwertung der **Gichtgase** ist bereits bei Besprechung der rostlosen Feuerungen die Rede gewesen.

In neuester Zeit wird noch ein auf andere Weise dargestelltes und wesentlich anders zusammengesetztes Gas zur Erzielung hoher Temperaturen benutzt, nämlich das **Wassergas**. Da dasselbe sehr billig hergestellt und ebensowohl zu Heizungs-, wie zu Beleuchtungszwecken benutzt werden kann, so hat man es nicht mit Unrecht „das Gas der Zukunft“ genannt. —

Es ist bekannt und weiter vorn bei verschiedenen Gelegenheiten hervorgehoben worden, daß Wasserdampf,

Fig. 15.



wenn er über stark glühende Kohlen geleitet wird, sich in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff spaltet und letzterer mit dem Kohlenstoff Kohlenoxydgas bildet, während der Wasserstoff frei bleibt. Das dabei entstandene Gemisch von Kohlenoxyd- und Wasserstoff-Gas nennt man kurzweg, wenn auch nicht ganz zutreffend, Wassergas. Dasselbe besitzt vor den auf gewöhnliche Weise dargestellten Brenngasen den großen und wesentlichen Vorzug, daß es durchaus frei von den bedeutenden Mengen von Stickstoff ist, welche den unvermeidlichen Begleiter und Ballast der

gewöhnlichen Brenngase bilden. Das Wassergas besteht nur aus hochwertigen Brenngasen, nämlich theoretisch aus 50 Raumteilen Kohlenoxyd- und 50 Raumteilen Wasserstoffgas*), während das durch direkte Vergasung der Brennstoffe erhaltene Gas nur etwa 34 Proz. brennbare Gase, daneben aber 66 Proz. Stickstoff als Ballast enthält.

Das Wassergas ist zweifellos das höchstwertige Brenngas, welches wir kennen, und da außerdem seine Herstellung sehr billig ist, so liegt der Gedanke nahe, es nicht nur in der Gross-Industrie, sondern auch für Zimmer- und Küchenheizung zu verwenden und jeder Haushaltung gerade wie Leuchtgas in Röhren zuzuführen. Das ist denn auch in der That nicht nur möglich, sondern geschieht bereits, und es ist nicht phantastisch, zu behaupten, daß in naheliegender Zeit nicht nur die Fabriken, sondern auch unsere Zimmeröfen und Küchenherde mit Wassergas werden geheizt werden. Ofenrufs und Asche werden dann zu unbekanntem Dingen werden, deren sich nur noch „ältere Leute“ erinnern, und die Köchin wird aus dem Herde nicht mehr Rufs und Asche zu entfernen, sondern statt deren durch einen Hahn täglich nur einige Liter Wasser abzulassen haben, welche sich als das Produkt der Verbrennung des Wasserstoffs ausscheiden. Dies Alles würde sich weniger leicht und schnell einführen, wenn die Röhrenleitungen für das Wassergas neben denen für Leuchtgas verlegt werden müssten. Glücklicher Weise kann aber das Wassergas auch als Leuchtgas verwendet werden, und es steht in dieser Hinsicht sogar noch weit über unserm jetzigen Leuchtgase. Wir werden also künftig, wie auch jetzt, nur eine Rohrleitung in den Straßen und im Hause haben und aus derselben Leitung, ganz nach Bedarf, gleichzeitig Heiz- und Leuchtgas entnehmen können.

*) Im grossen Betriebe enthält das Wassergas einige unbedeutende Verunreinigungen, und besteht nach Raumteilen aus 50⁰/₀ Wasserstoff, 41⁰/₀ Kohlenoxyd, 4⁰/₀ Kohlensäure und 5⁰/₀ Stickstoff.

Wie weiter vorn bereits bemerkt worden, so brennt Wasserstoffgas trotz der hohen Temperatur-Entwicklung nur mit ganz schwacher, kaum sichtbarer Flamme. Diese wird aber sofort blendend hell, wenn man in derselben ein Stück Kalk oder Magnesia glühend werden läßt. — In Nordamerika bestehen zur Zeit etwa 80 Wassergas-Anstalten, und hier verwandelt man das Wassergas in Leuchtgas, indem man es carburiert, d. h. mit Kohlenwasserstoffen sättigt, deren Kohlenstoff das Leuchten der Flamme bewirkt. Das geht gut und ist vorteilhaft, aber eben nur in Nordamerika, wo der dort massenhaft vorkommende Anthracit einen vorzüglichen Brennstoff, die fast wertlosen Rückstände aus der Petroleumfabrikation aber ein billiges Kohlungs- (Carburierungs-) Material darbieten. — Bei uns in Europa fehlt das letztere und so würde die bloße Verwendbarkeit des Wassergases als Heizgas seine allgemeine Einführung außerordentlich erschweren und verteuern, wenn nicht dem Schweden Otto Fahnejm die wichtige Erfindung der Glühlichtbeleuchtung mit Wassergas gelungen wäre, welche darin besteht: daß die hohe Temperatur der an sich nicht leuchtenden Wassergasflamme dazu benutzt wird, um Nadeln oder Käme aus feuerfesten und nicht flüchtigen Metall-oxyden weißglühend zu machen.

Als Glühkörper haben sich Käme aus Magnesia am besten bewährt, da sie unempfindlich gegen Temperaturwechsel und die Feuchtigkeit der Luft sind. Die Nadeln oder Käme aus Magnesia werden so in die Flamme eingehängt, daß sie sich der Form derselben anpassen und ihre freie Entwicklung nicht hindern.

Nur durch das Fahnejm'sche Glühlicht ist es also möglich geworden, das Wassergas gleichzeitig als Heiz- und als Leuchtgas zu benutzen. —

Die Darstellung des Wassergases ist im wesentlichen einfach. In einem schachtförmigen Ofen (Generator oder Gaserzeuger) wird der Brennstoff (Anthracit oder Stein-

kohlenkok) zwei bis drei Meter hoch aufgeschichtet, von unten her angezündet und durch Gebläseluft zum Glühen gebracht. Während dieser Zeit arbeitet der Ofen ganz ebenso, wie jeder andere Gaserzeuger; er liefert Kohlenoxydgas, mit Stickstoff beladen. Sobald der Inhalt des Ofens eine Durchschnittstemperatur von 1000 bis 1200 Grad C. erreicht hat, wird der Wind abgestellt und überhitzter Wasserdampf durch die glühende Kohle geleitet. Dabei bildet sich, so lange der Ofen genügend heiß ist, nur Kohlenoxyd- und Wasserstoffgas in gleichen Raumteilen, also reines Wassergas. In dem Maße, wie die Temperatur im Gaserzeuger sinkt, tritt neben diesen beiden Brenngasen auch Kohlensäure auf. Dann wird der überhitzte Dampf ab- und das Gebläse wieder angestellt, dadurch die Kohle oder der Kok aufs neue bis auf 1000—1200 Grad C. erhitzt, dann wieder Wasserdampf zugeführt u. s. f.

Im regelmäßigen Betriebe dauert das Warmblasen etwa 10 Minuten, das Gasmachen 5 Minuten. Das An- und Abstellen der Wind- und Dampfleitungen u. s. w. erfolgt durch mechanische, dem Verlaufe des Betriebes entsprechende Vorrichtungen von einer Stelle aus, wodurch die ganze Anlage gewissermaßen zu einer Maschine gemacht worden ist.

Wir sagten vorhin, daß während des Warmblasens das gewöhnliche, hauptsächlich aus Kohlenoxyd und Stickstoff bestehende Brenngas dargestellt werde. Bei kleinen Anlagen, welche etwa 50 cbm Wassergas in der Stunde liefern, wird man diese Gase direkt verbrennen, indem man sie irgend einer benachbarten Feuerung zuführt; bei größeren Wassergas-Anlagen dagegen benutzt man sie zur Überhitzung des Dampfes in sogenannten Regeneratoren (besser: „Heizkammern“), d. h. in schachtförmigen, mit feuerfesten Steinen gitterartig ausgesetzten Öfen, in denen man das Kohlenoxydgas verbrennt. —

Rechnet man die Kosten für den zu verwendenden Kok auf Mark 10 für 1000 kg (westfälischer Durchschnittspreis), so

belaufen sich die Gesamtkosten für 1 cbm Wassergas auf nur 1,25 bis 2,25 Pfennige, je nach der Grösse der Anlage; nämlich:

1,00—1,25 Pf. für Kok (auf 1 cbm Wassergas = 1 bis $1\frac{1}{4}$ kg Kok)

0,25—1,00 „ „ Dampferzeugung, Windzuführung, Arbeitslöhne, Abschreibungen, Verzinsung u. s. w.

1,25—2,25 Pfennige in Summa.

Die Firma Schulz, Knaut & Co. in Essen hat das Verdienst, als die erste in Deutschland die Darstellung des Wassergases für ihre eigenen ausgedehnten Eisenwerke im grossen eingeführt und die dazu erforderlichen Einrichtungen wesentlich verbessert zu haben. Durch das „Central-Bureau für Wassergas in Essen a. Ruhr“ oder durch die „Europäische Wassergas-Gesellschaft zu Hörde in Westfalen“ können ausführlichere Mitteilungen über die Fabrikation des Wassergases bezogen werden.

Regenerativ-Gasfeuerung. Das Wesen derselben besteht darin, dafs sowohl die Brenngase (gleichviel welchen Ursprungs), als auch die Verbrennungsluft durch die Abhitze der Öfen sehr hoch erhitzt und dadurch sehr hohe Verbrennungstemperaturen erzielt werden. — Die Regenerativ-Feuerung findet Anwendung bei solchen industriellen Vorgängen, bei denen es vorzugsweise auf Erreichung sehr hoher Temperaturen und weniger auf vollständige Ausnutzung der Flamme ankommt. — Die Erhitzung der Gase und der Luft erfolgt in den sogenannten Regeneratoren (wörtlich Wiederbeleber, die man besser als Erhitzungs- oder Heizkammern bezeichnet) dergestalt, dafs die aus dem Ofen abziehenden, noch sehr heifsen Verbrennungsprodukte zunächst zwei Heizkammern — eine für Brenngas, die andere für Verbrennungsluft — gleichzeitig durchziehen und hier einen grossen Teil ihrer Wärme abgeben, dafs alsdann, wenn die beiden Kammern die Tem-

peratur der abziehenden Verbrennungsprodukte angenommen haben, letztere durch ein zweites Heizkammer-Paar geleitet werden, während gleichzeitig in die ersten, nun heißen Kammern Gas und bezw. Luft geführt, hier sehr hoch erhitzt und dann erst der Verbrauchsstelle zugeführt werden. Während das erste Kammerpaar seine Wärme an Gase und Luft abgibt, ist inzwischen das zweite Kammerpaar durch die Verbrennungsprodukte erhitzt worden und wird, nachdem die Wärme der ersten Kammern von den sie durchströmenden Gasen und der Luft aufgenommen ist, nun seinerseits zur Erhitzung der letzteren benutzt, und so im Wechsel immer fort.

Fig. 16 stellt das Siemens'sche Regenerativ-Princip an einem Glasschmelzofen dar. Es befinden sich auf jeder der beiden Seiten zwei Heizkammern, die eine zur Luft-, die andere zur Gaserhitzung bestimmt. Der wechselseitige Verkehr dieser Kammerpaare einerseits mit den heißen Verbrennungsprodukten, deren überschüssige Wärme sie aufnehmen sollen, andererseits mit den Brenngasen und der Luft, an welche sie die soeben aufgenommene Wärme wieder abgeben sollen, wird durch zwei Wechselklappen vermittelt, welche bei A und B liegen und deren Wirkung ohne weiteres verständlich sein wird.

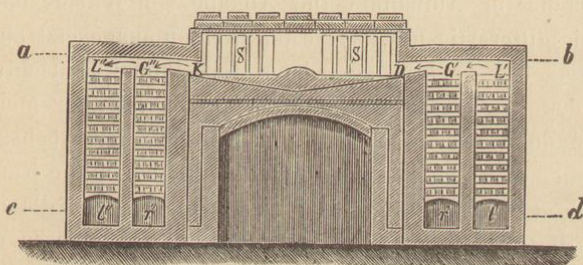
Das zu verbrennende Gas gelangt durch die am Haupt-Gaskanal A belegene Wechselklappe und den Zug r' in die bereits erhitzte Kammer G' , welche es in der Richtung von unten nach oben durchströmt, um von hier aus bei D in in den mit einer Anzahl von Glashäfen S besetzten Schmelzofen zu gelangen. Gleichzeitig tritt atmosphärische Luft bei B ein, gelangt durch die Wechselklappe und den Kanal l' in die ebenfalls bereits heiße Kammer L' , durchzieht dieselbe von unten nach oben und mischt sich noch vor der Feuerbrücke D mit dem erhitzten Brenngase. — Der Schmelzraum ist durch die Zunge Z in zwei Abteilungen zerlegt. — Die Flamme geht nun, nachdem sie den Schmelzraum passiert hat, bei K in die beiden Heizkammern G'' und L'' , welche

sie erhitzt, um dann durch die Kanäle r'' und l'' in den Schornstein zu gelangen.

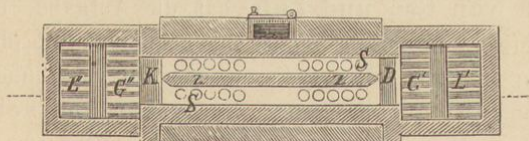
Sobald die Heizkammern G' und L' die in ihnen aufgespeicherte Wärme an Gas und Luft abgegeben haben,

Fig. 16.

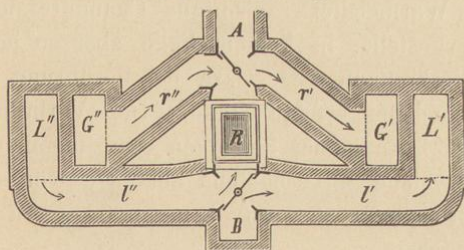
Senkrechter Durchschnitt.



Schnitt nach a—b.



Schnitt nach a—d.



während gleichzeitig die Kammern G'' und L'' durch die abziehende Flamme stark erhitzt worden sind, werden die Wechselklappen umgeschaltet, sodafs nunmehr die Verbrennungsprodukte einerseits, Brenngas und Luft andererseits, den entgegengesetzten Weg zurücklegen: das Gas tritt durch r''

in die Kammer G'', die Luft durch l'' in die Kammer L'', und beide gelangen über die Brücke K in den Schmelzraum, während die Flamme über D gleichzeitig G' und L' in der Richtung von oben nach unten durchzieht und durch r' und l' in den Schornstein gelangt.

Die Heizkammern (Regeneratoren) haben eine große Oberfläche für Aufnahme und Abgabe von Wärme dadurch, daß sie gitterartig mit feuerfesten Steinen ausgesetzt sind. —

Es giebt noch verschiedene Heizkammer-Einrichtungen, besonders liegend angeordnete; bei ihnen ist aber meist das Wesen der Siemens'schen Konstruktion, der wechselweise Verkehr, verlassen worden, und häufig dienen die Kammern nur zur Luft-Erhitzung. Dann liegt nicht mehr die eigentliche Regenerativ-Feuerung vor, obwohl sie auch in diesem Falle meist als solche bezeichnet wird. —

Der **Verbrennungsraum** mit der **Vorrichtung zum Mischen von Gas und Luft** hat die Aufgabe, unter innigster Mischung der Brenngase mit erhitzter atmosphärischer Luft die ersteren zu oxydieren oder zu verbrennen. Die Verbrennung erfolgt um so kräftiger und schneller, je höher die Temperatur im Verbrennungsraume ist. Um diese zu erreichen, soll der letztere nur aus schlechten Wärmeleitern, also aus Chamotte- oder Dinas-Steinen hergestellt, in keinem Falle aber so belegen sein, daß die Verbrennung der Gase bei Berührung mit einem guten Wärmeleiter erfolgen muß. Der Verbrennungsraum darf also z. B. an keiner Seite von einer metallenen Kesselwandung, welche ihn bedeutend abkühlen würde, begrenzt sein, er soll vielmehr stets vor dem zu heizenden Gegenstande liegen.

Die Einrichtungen zum Mischen von Gasen und Luft können verschiedener Art sein. Entweder bestehen sie aus einer Anzahl paarweise in einander gesteckter Düsen, von denen je eine das Gas, die andere die Luft ausströmen läßt; oder man läßt gegen den aus einem schmalen Schlitze oder

einem concentrischen Ringe senkrecht aufsteigenden Gasstrom die Luft unter einem Winkel aus einer Anzahl von Düsen stoßen; oder man läßt die heiße Luft gegen einen feuerfesten Schirm stoßen, zwingt sie dadurch, rechtwinklig gegen die ursprüngliche (senkrechte) Richtung und fein verteilt nach allen Seiten sich auszubreiten und so mit dem Brenngase sich zu mischen, welches aus einem ringförmigen und mit dem Zuführungsrohre der Luft concentrischen Kanal ausströmt. — Jedenfalls ist die beste Mischvorrichtung diejenige, bei welcher Gas und Luft nicht in gleicher Richtung, sondern unter einem Winkel aufeinander treffen. (Vgl. die Figuren 8, 9, 10, 11.)

Der Verbrennungsraum muß genau beobachtet werden können und deshalb mit einigen an passender Stelle angebrachten Schaulöchern versehen sein.

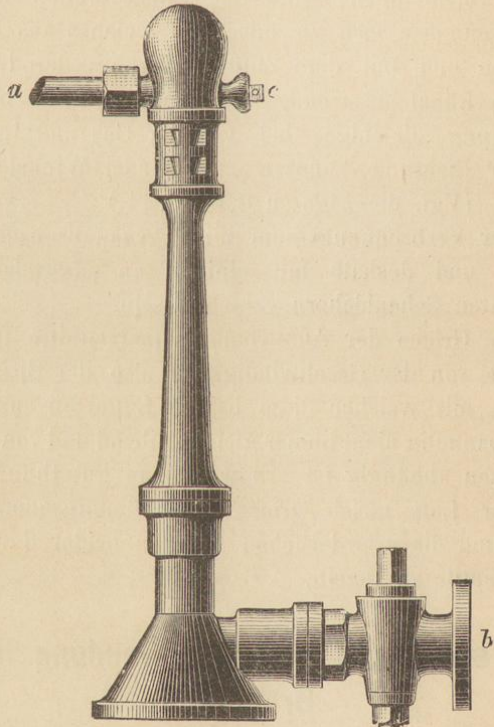
Die Größe der Ausströmungsquerschnitte für Gas und Luft ist von der Geschwindigkeit, also der Spannung, abhängig, mit welcher diese beiden Luftarten austreten. Da diese Spannung nicht immer gleichbleibend und von mancherlei Einflüssen abhängig ist, so wird man gut thun, dem Gase und der Luft gleich große Ausströmungsquerschnitte zu geben und die erforderlichen Mengen beider durch Schieber oder Ventile zu regeln.

3. Feuerungen unter Verwendung flüssiger Brennstoffe.

In neuerer Zeit haben aufser dem Steinkohlentheer, welcher in Gasanstalten hier und da zur Heizung der Retortenöfen benutzt wird und nach den Beobachtungen von Schilling den Heizwert des Gaskok um das 1,7fache übertrifft, besonders die Rückstände von der Steinöl-Fabrikation, sowie gewisse, zu Beleuchtungszwecken nicht geeignete schwere Erdöle, eine immer mehr sich steigernde Bedeutung als Brennmaterial gefunden, zunächst allerdings neben Nord-

amerika vorzugsweise erst für Rußland, wo bereits seit mehreren Jahren besonders die Schiffsdampfkessel mit derartigen flüssigen Stoffen geheizt werden. Wir gewinnen aber auch in Deutschland bereits solche schweren Öle und

Fig. 17.

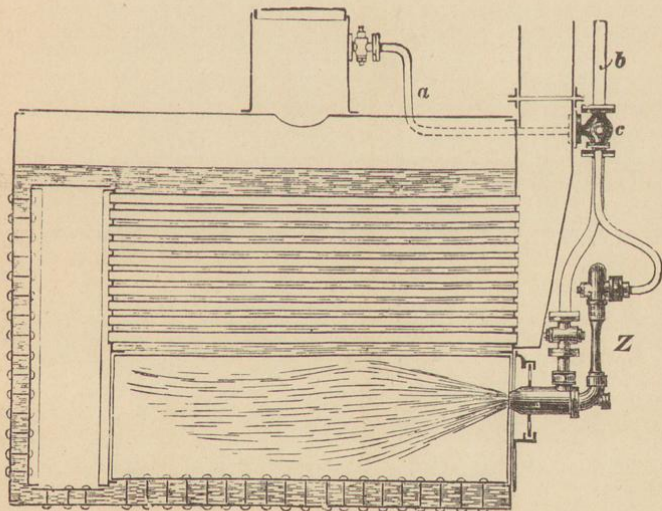


Nebenprodukte, und es ist wahrscheinlich, daß deren Menge noch zunehmen wird; außerdem aber beabsichtigt man, den riesigen Überfluß, den Rußland bei Baku an diesem Brennstoff besitzt, auch anderen Ländern dadurch zugänglich zu machen, daß man das Öl in einer (870 km langen) Röhrenleitung nach dem Hafen Batum am schwarzen Meere führen will. —

Ursprünglich ließ man den flüssigen Brennstoff nur auf eine den Rost vertretende Platte fließen, auf welcher man zur

Vergrößerung der Oberfläche Kok, zerkleinerte Steine u. dgl. angehäuft hatte, während die Luft durch in der Vorderseite des Verbrennungsraumes angebrachte Öffnungen zutrat. Die Unvollkommenheit dieser Einrichtung legte es nahe, zur feinen Verteilung des Öls und zur Mischung desselben mit Luft einen der Dampfstrahlapparate zu verwenden, wie solche für die verschiedensten Zwecke zuerst und am vollkommensten von der Firma Gebr. Körting in Hannover geliefert

Fig. 18.



wurden. Der in Fig. 17 dargestellte Zerstäuber entspricht allen Anforderungen. Durch das Rohr a tritt der Betriebs-Dampf ein, saugt durch den darunter liegenden Düsenapparat atmosphärische Luft ein und comprimiert dieselbe. Im unteren Teile des Apparates trifft diese gepresste Luft mit dem rechtwinklig gegen den Luftstrom aus einer Düse eintretenden, durch den Hahn b eingelassenen flüssigen Brennstoff zusammen und treibt diesen als fein zerteilten Nebel in den Verbrennungsraum. Die Verbrennung ist eine sehr lebhaft, da die Ölnebel bereits innig mit Luft gemischt sind.

In Fig. 18 ist die Anbringung des Zerstäubers an einem Schiffs-Röhrenkessel dargestellt. Der Zerstäuber ist hier an dem Doppelgelenk-Hahn *c* aufgehängt und kann zurückgeschlagen werden, wenn aus irgend einem Grunde der Kessel zeitweise mit Holz geheizt werden soll, wie dies bei den Wolgadampfern bei langer Fahrt zuweilen vorkommt.