

4. Teil

Der
Schrägkammerofen

Von

Dr.-Ing. E. h. Bernhard Ludwig

Berlin

A. Einleitung.

Der Schrägkammerofen für die Steinkohlenentgasung entstand 1895 aus einem Vorschlag des Direktors der Münchener Gaswerke, Hans Ries. Die Entwicklung dieses Vorschlags zu einem brauchbaren Ofensystem für den Großbetrieb erfolgte durch die Münchener Städtischen Gaswerke im Verein mit der Didier A.G. Berlin. Von der Didier A.G. wurde der Grundgedanke des Schrägkammerofens auch auf Kleinkammeröfen übertragen.

Entsprechend dem technischen und wirtschaftlichen Erfolg des Münchener und Didier-Schrägkammerofens beschäftigen sich die nachstehenden Ausführungen in erster Linie mit seinen Konstruktionen.

B. Der Großraum-Schrägkammerofen Bauart „München“ und „Didier A.G.“.

1. Die Geschichte.

Der Gedanke, Kohle nicht in Retorten, sondern in größeren Räumen zu entgasen, wurde schon Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts mehrfach in Erwägung gezogen. So äußerte sich einmal der Altmeister der Gaschemie, der spätere Geheime Hofrat Professor Dr. H. Bunte, der damals als Werkchemiker bei den Münchener Gaswerken tätig war:

»Wir kochen bei den Gasanstalten immer in kleinen Häfen. Man sollte einmal versuchen, in großen Häfen zu kochen.«

Auch in den Vereinigten Staaten von Nordamerika beschäftigte man sich mit solchen Gedanken. Im Jahre 1896 meldete John C. Dodds ein Patent auf einen Gasgenerator an, welches fast alle die typischen Merkmale des Schrägkammerofens aufwies; jedoch war der Vorschlag im praktischen Betrieb nicht verwendbar, weil die große Entladeöffnung fehlte und der Koks durch eine kleine Öffnung mittels Stoßerwerkzeugen aus der Kammer herausgeholt werden mußte.

Im Jahre 1895 schrieb Hans Ries, der damalige Direktor der Münchener Gaswerke, als er mit seinem Mitdirektor Dr. E. Schilling von einer

Studienreise aus England zurückkam, in dem Reisebericht an die Gas-Gesellschaft in München folgendes:

»In den Destillationsöfen der Kokereien erscheint uns dagegen das Vorbild eines allen Ansprüchen genügenden Gaserzeugungssofens gegeben. Wir verkennen die Schwierigkeiten nicht, welche die Anpassung des Koksofens an den Gasanstaltsbetrieb bietet, doch halten wir andererseits eine Verbindung der Generator-Feuerung mit dem Kammerofen nicht für unmöglich. Erst bei einem solchen Ofensystem wird die Gasproduktion auf einem Grad größter Unabhängigkeit von menschlicher Arbeit und billigstem Betriebe angeht sein.«

Die ersten Entwürfe zu einem Schrägkammerofen stammten bereits aus dem Jahre 1896 und wurden von H. Ries und E. Schilling ausgearbeitet. Die Ausführung mußte aber unterbleiben, weil 1899 die Gasbeleuchtungs-Gesellschaft München an die Stadt München übergang und infolgedessen Neuanlagen nicht mehr errichtet wurden.

Erst im Herbst des Jahres 1901 wurde an die Ausführung des Versuchsofens auf dem Gaswerk an der Thalkirchener Straße herangetreten. Dort wurde ein älterer, außer Dienst gestellter 8er Retortenofen Münchener Systems unter fast unveränderter Beibehaltung des Rekupe-rations-Unterbaues und des Generators in seinem oberen Teile zu einem 3kammerigen Kammerofen umgebaut. Die Kammern waren damals unter einem Winkel von 35° geneigt, um eine selbsttätige Füllung und Entleerung zu ermöglichen; sie erweiterten sich etwas nach unten, das heißt nach der Entleerungs-Seite hin, um das Festklemmen des Kokskuchens zu vermeiden. Die Brenner lagen zwischen den Kammern. Die Feuergase bestrichen nur die Seitenwände, nicht die Decken der Kammern. Die drei Steigerohre hatten Ventile und mündeten in eine gemeinsame Vorlage. Die Einfüllöffnung war mit einem Morton-Verschluß versehen. Etwas tiefer lag eine Öffnung zum Herausdrücken des Kokskuchens, falls dies erforderlich sein sollte. Die vorderen Kammeröffnungen waren mit schmiedeeisernen Türen verschlossen und besaßen nach innen ein Schild, um die Kohlenfüllung nicht zu weit nach vorne gelangen zu lassen.

Die Kohlen wurden für eine Kammerfüllung in einem höher liegenden Behälter bereitgehalten und mit einem Trichter in die Kammer eingefüllt. Der aus den Kammern kommende Kokskuchen gelangte auf einer schiefen Ebene nach abwärts zum Löschplatz.

Jede Kammer hatte ursprünglich einen Fassungsraum von 1,6 t. Später mußte jedoch im oberen Teile eine Zwischendecke eingezogen werden, so daß sich der Fassungsraum auf 1,0 t verminderte.

Die Kammern waren aus gewöhnlichen feuerfesten Ziegeln aufgebaut und hatten keinerlei Verfaltungen. Sie erwiesen sich bei den

ersten Füllungen als ziemlich undicht. Aber schon nach wenigen Tagen wurden die Undichtheiten durch den Graphitansatz an den Wänden geschlossen. Bemerkenswert ist, daß dieser Versuchsofen bereits eine Vorrichtung zur Aufhebung der Tauchung in den Vorlagen hatte.

Diese erste Ausführung des Münchener Schrägkammerofens ist deshalb so bemerkenswert, weil sie bereits eine Reihe von Richtpunkten und Anschauungen verwirklicht, die späterhin erhöhte Bedeutung gewannen, ja sogar erst richtig erkannt worden sind.

Schon im Jahre 1903 erfolgte auf der 18. Jahresversammlung des Bayerischen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern (Passau am 23. April 1903) die Bekanntgabe der Ergebnisse des Versuchsofens.

Nach Durchführung der ersten Versuche wurde der Versuchsofen bis zu den Brennern abgebrochen und mit vergrößerten Kammern mit einem Fassungsvermögen von 2,2 t je Kammer wieder aufgebaut. Die mit diesem umgebauten Ofen erzielten Ergebnisse sind im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1904, S. 1018/19, veröffentlicht worden.

Die guten Leistungen ermutigten zu einem Großversuch auf dem Gaswerk am Kirchstein, wo an Stelle von 5 alten 8er Retortenöfen 5 Kammeröfen mit je 3 Kammern errichtet wurden.

Diese Öfen wurden am 5. Oktober 1906 dem Betriebe übergeben. Sie sind im Journal für Gasbeleuchtung 1907, S. 717 ff., eingehend geschildert. Dort finden sich auch zum ersten Male Angaben über Platzbedarf, Wirtschaftlichkeit, Arbeiterverhältnisse usw.

Die Kammerbreiten der Kirchsteiner Öfen waren vorne für die Mittelkammer 550 mm, für die beiden Seitenkammern je 430 mm. Die Kammerlänge betrug horizontal gemessen 3,6 m und die senkrechte Kammerhöhe 2,15 m.

Da die Kirchsteiner Kammeröfen nur eine Tagesleistung von 900 m³ je Kammer aufwiesen, so entsprachen sie dem Bedürfnis der Gaserzeuger nach größeren Öfen noch nicht. Es war daher ein großer Fortschritt, als sich Direktor K. Krause der Hamburger Gaswerke nach Prüfung der in München stehenden Öfen entschloß, einen Block von 10 Münchener Kammeröfen mit je 5500 m³ Nennleistung und je 3 Kammern auf dem Gaswerk Grasbrook zu errichten, welche dann im Januar 1908 in Betrieb kamen.

An den Kammeröfen des Gaswerkes am Kirchstein in München wurden seitens der Versuchsgasanstalt Karlsruhe und auch von Professor Drehschmidt-Berlin eingehende Untersuchungen vorgenommen.

Geheimer Hofrat Dr. H. Bunte, der die Versuche 1906 vornahm, fand bei der Entgasung von Saarkohle eine Gasausbeute von 29,9 m³ je 100 kg Kohle (0° und 760 mm) und einen oberen Heizwert von 5887 kcal je m³ bei einem spezifischen Gewicht von 0,4. Die Wertziffer ergibt sich aus den obigen Angaben zu 176000. Die Unterfeuerung betrug 15,3 kg Trockenkoks oder 51 kg/100 m³ Gas.

Professor Drehschmidt nahm Parallelversuche an vertikalen Retortenöfen und an den Münchener Schrägkammeröfen mit der gleichen Kohle vor. Dabei schnitten die Münchener Schrägkammeröfen nicht ungünstig ab.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist im Gas-Journal 1908, S. 813ff., veröffentlicht. Das Mittel aus 7 Versuchsreihen war:

Gas = 31,5 m³/100 kg Kohle (0° und 760 mm),
Heizwert = 5590 kcal/m³ und 0,44 relatives spez. Gewicht.
Die Wertzahl war 176000.

Bei diesen Versuchen wurde zum ersten Male auch Wasserdampf in die Kammern eingeleitet, wobei sich eine Gasausbeute von 40,6 m³ je 100 kg Kohle bei einem oberen Heizwert von 4885 kcal/m³, also eine Wertzahl von 199000 ergab.

Die andauernd guten und gleichmäßigen Betriebsergebnisse der Kirchsteiner Kammeröfen veranlaßten H. Ries, für das neu zu erbauende Gaswerk an der Dachauer Straße den städtischen Kollegien die Erbauung von Kammeröfen vorzuschlagen. Diese sollten eine horizontale Tiefe von 6,5 m, eine lichte senkrechte Kammerhöhe von 2,8 m und ein Fassungsvermögen der 3 Kammern von 16 bis 17 t Kohle haben. Diese Öfen wurden im Laufe der Monate April und Mai 1909 in Betrieb genommen.

Den Hamburger und Münchener Kammeröfen folgten sehr bald solche in Leipzig, Hamburg (zweiter Block), Berlin, Rom, Hanau, Regensburg usw.

Wie bei jedem neuen Ofensystem, benötigte auch beim Münchener Kammerofen die Entwicklung bis zur technischen Vollendung viele Jahre. Es ist beachtenswert, daß gleichzeitig parallel hiermit die Entwicklung des Vertikal-Retortenofens und des aus ihm entstandenen Vertikalkammerofens lief.

Der Münchener Schrägkammerofen wurde sowohl von den Städtischen Gaswerken München als auch von der Stettiner Chamotte-Fabrik A.G., nachmals Didier A.G. Berlin, unter gegenseitigem Erfahrungsaustausch entwickelt.

Im Rückblick der geschichtlichen Entwicklung gesehen, erscheint der Werdegang des Münchener Schrägkammerofens sehr einfach und folgerichtig. In Wirklichkeit aber waren sehr viele neue Aufgaben zu lösen und im praktischen Betriebe durchzuführen. Es bedurfte des vollen Einsatzes aller Energie der Beteiligten, um trotz der Schwierigkeiten zu dem schließlich erreichten Ergebnis zu kommen.

Mit der Entwicklung des Münchener Schrägkammerofens ist die Arbeit der Herren Georg Arzberger und Dr. Ing. E. h. M. Bittrich als treibenden und befruchtenden Elementen auf das engste verbunden. Als Leiter des Werkes an der Dachauer Straße konnte der Verfasser

in vieler Hinsicht an der konstruktiven Durchbildung der neueren Öfen tätigen Anteil nehmen.

2. Die Lösung der technischen Aufgaben.

Bei der Durchbildung des Münchener Schrägkammerofens waren eine Reihe wichtiger Fragen und konstruktiver Aufgaben praktisch zu lösen. Zunächst bestanden Bedenken in der Hinsicht, daß bei dem neuen Entgasungsverfahren das gewonnene Leuchtgas nicht mehr die Leuchtstärke aufwies wie das in Retorten erzeugte Gas.

Glücklicherweise aber hatte der mit dem Ende der achtziger Jahre einsetzende Siegeszug des Auer-Gasglühlichtes um die Jahrhundertwende bereits dazu geführt, daß man die Güte des Leuchtgases nicht mehr nach dessen Leuchtkraft, sondern nach dem Heizwert zu beurteilen begann. Der Übergang war aber deshalb noch sehr schwierig, weil es neben dem Auer-Gasglühlicht noch eine sehr beträchtliche Anzahl von selbstleuchtenden Gasflammen gab, die mit der Einführung des leuchtwertärmeren Gases verschwinden mußten. Die stetig wachsende Einführung des Auer-Lichtes beseitigte diese Schwierigkeit in wenigen Jahren.

Konstruktiv ergaben sich zunächst unlösbar erscheinende Aufgaben. Die Schräglage der Kammer und die dadurch bedingte stoßartig einsetzende Entleerung verursachte die größten konstruktiven Bedenken. Alle möglichen und unmöglichen Vorschläge wurden von den Beteiligten vorgebracht, um die Entleerungswucht zu vermindern. Auch die Löschung der großen Koksmengen ist erst in der letzten Entwicklungszeit des Schrägkammerofens konstruktiv einwandfrei gelöst worden.

Eine weitere schwierige Frage ergab sich durch die Schräglage des Entgasungsraumes in konstruktiver Hinsicht. Der Schrägaufbau der Kammer und die Schrägföhrung der Feuerzüge verursachte schräg verlaufende Beanspruchungen im Bauwerk des Ofens, insbesondere aber in den beheizten Wänden des Entgasungsraumes, deren einwandfreie Aufnahme zunächst unlösbar erschien. Die Stettiner Chamotte-Werke im Verein mit den Hamburger Gaswerken brachten durch die Einführung der quer durch die Zwischenpfeiler geföhrten geköhlten Verankerung des Ofens die praktische und endgöltige Lösung dieser Aufgabe.

Durch die Schräglage der Kammer übt die Kohlenfüllung auf die Entladetür, welche in ihren lichten Ausmaßen so groß ist wie der Kammerquerschnitt, einen erheblichen Druck aus. Außerdem atmet das Ofenmauerwerk bei der Füllung und Entleerung durch die Abköhlung seitens der kalten Kohle. Ferner ist das Ofenmauerwerk selbst durch die stetige Einwirkung hoher Temperaturen einem Wachsen oder beim Abköhlen einem Schwinden ausgesetzt. Der Verschlußtürrahmen muß gasdicht am Mauerwerk anschließen, die Sitzfläche des Verschlußdeckels gasdicht auf dem Türrahmen aufliegen. Daher ist es erforderlich, daß

Rahmen und Tür allen nicht voraus bestimmbar Formveränderungen des Ofens gewachsen sein müssen, um dicht zu bleiben. Die Entladetür und der Rahmen müssen sich also diesen Formveränderungen weitgehend anpassen können, ohne dabei undicht zu werden. Die Lösung dieser schwierigen Aufgabe brachte die später noch eingehend zu behandelnde Konstruktion des Verfassers.

In feuerungstechnischer Hinsicht ergab sich die Notwendigkeit, eine Befeuerungsart zu finden, welche die Kammerwände möglichst gleichmäßig erhitze, also keine Stellen niedrigerer Temperaturen — insbesondere keine sog. toten Winkel —, aber auch keine überhitzten Stellen erzeugte.

Die ursprünglich gewählte Feuerführung über die Decke wurde nur bei der Konstruktion der Kammeröfen im Gaswerk am Kirchsteinkohle sehr bald verlassen.

Ein Überblick über die zwanzigjährige Entwicklung des Münchener Schrägkammerofens ergibt, daß folgende mechanische und physikalische Aufgaben zur Lösung standen:

1. Die Entgasungskammer mußte gleichmäßig voll und rasch gefüllt werden, unabhängig von der Art und von der Beschaffenheit der Kohle.
2. Die entgaste Kohle mußte möglichst selbsttätig aus der Kammer herausrutschen.
3. Die Beheizung der Kammer mußte so vorgenommen werden, daß sie entsprechend der abnehmenden Kohlendicke nach der Füllseite hin abnahm. Sie mußte so angeordnet werden, daß sie in jeder Hinsicht regelbar war.
4. Es mußte die Gaszersetzung und die Teerzersetzung weitestgehend hintangehalten werden, damit keine Gasabgangsrohrverstopfungen und keine Dickteerbildungen in der Vorlage auftraten.
5. Die Verankerung des Ofens mußte so durchgebildet werden, daß beim Wachsen des Mauerwerks der Entladetürrahmen und die Tür nicht undicht wurden.
6. Die Entladetüre mußte selbst bei der wechselnden Beanspruchung durch den Kohle- bzw. Koks-Druck und beim Wachsen des Ofenmauerwerks dicht bleiben. Sie mußte sich ferner sehr rasch öffnen und ohne wesentliche Beihilfe wieder schließen lassen.
7. Der herausstürzende Kokskuchen mußte aufgefangen und sicher abgelöscht werden.

Die Lösung jeder dieser Aufgaben beanspruchte jahrelanges und eingehendes Studium sowie die Durchführung praktischer Versuche. Es ist außerdem bei allen diesen Vorgängen immer zu bedenken, daß sich

die endgültige Lösung nur durch fortgesetztes und schrittweises Ändern und Verbessern ergab.

Die gleichmäßig hohe Füllung im Kammerraum war eine der wichtigsten Voraussetzungen für einwandfreien Betrieb. Die Füllung mußte betriebsmäßig gleichmäßig sein, gleichgültig, ob man feinkörnige oder grobstückige Kohlen in die Kammer einfüllte. Es sollte auch jegliche mechanische Nacharbeit beim Einfüllen grundsätzlich vermieden werden.

Schon der Betrieb des Ofens auf dem Gaswerk am Kirchstein zeigte, daß der dort gewählte Neigungswinkel der Kammern von 35° zu gering war, so daß eine Erhöhung erforderlich wurde. Bei 35° Neigung des Kammerbodens überfüllten sich die Kammern an der Füllseite, an der Entladeseite aber waren sie zu wenig voll, denn es verblieb dort ein leerer Raum über der Kohle, der sich gleichmäßig abnehmend bis nahe an die Füllöffnung heranzog. Eingehende Versuche an einem Holzmodell in natürlicher Größe hatten folgendes Ergebnis:

Aus dem Füllgefäß oder der dazwischen geschalteten Kohlenrutsche fließt der Kohlenstrom ähnlich wie ein Wasserstrahl in einer Wurfparabel aus. Dort, wo die Parabel auf den Kammerboden oder später auf die schon vorhandene Kohlschicht auftrifft, läuft die Kohle nach beiden Seiten in der Längsrichtung der Kammer ab und füllt die Kammer parallel zum Böschungswinkel der auflaufenden Kohle auf. Grobstückige Kohle hat die Neigung, durch Vorrollen den Böschungswinkel zu verkleinern, feinstückige Kohle, insbesondere, wenn sie naß verarbeitet wird, neigt dazu, den Böschungswinkel zu vergrößern. Da ein zu hohes Füllen der Kammern durch grobe Kohle wegen der großen Gasdurchlässigkeit zwischen den Kohlestücken nicht schädlich ist, dagegen aber beheizte leere Räume durch Graphitansatz und Dickterbildung sich im Betriebe höchst unangenehm bemerkbar machen, erhöhte man die Kammerneigung auf 41° .

Diese Erhöhung hatte zwar in ofenbautechnischer Hinsicht große Nachteile, denn es wurde die Bauhöhe des Ofens vergrößert, die Lage der Füllbühne und der Kohlenbehälter bei langen Kammern sehr erheblich heraufgesetzt und auch der Druck auf die Entladetüren, die ohnehin sehr beansprucht waren, erhöht; auch die Baukosten wurden höher. Die einwandfreie Füllung der Kammern mußte solchen Nachteilen vorangestellt werden.

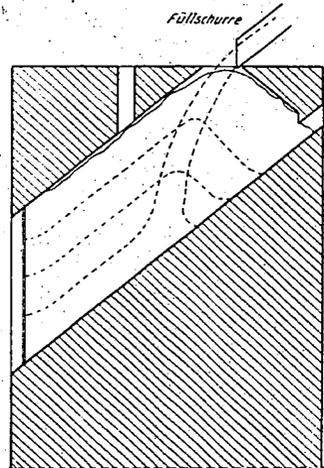


Abb. 1. Füllung einer Schrägkammer.

Bei einer Neigung der Ofensohle von 35° rutschte der Koks aus der Kirchsteiner Kammern selbst bei Verwendung gutgeeigneter Kohle nicht immer von selbst aus dem Kammerraum. Dagegen vollzieht sich dies bei einer Neigung von 41° und sehr langen Kammern meist sehr leicht und ohne Nachhilfe. Diese Tatsache war für die Einführung des höheren Neigungswinkels des Kammerbodens maßgebend.

Nachdem die Frage der Neigung der Kammer gelöst war, bereitete die Füllung mit einem abgemessenen Kohlevolumen keine besonderen Schwierigkeiten mehr.

Hinsichtlich der Füllung des Kammerofens war man zuerst der Meinung, daß die Füllöffnung möglichst über der Kammerdecke zu liegen habe, während durch die Versuche an dem bereits erwähnten Holzmodell bewiesen werden konnte, daß die Füllöffnung am oberen Ende der Kammer auch horizontal angebracht werden konnte.

Man war sich einige Zeit im unklaren, ob man die Kammern im oberen beheizten Teile leer lassen oder sie möglichst vollfüllen sollte. Die Inbetriebnahme der Hamburger Öfen und derjenigen auf dem Gaswerk an der Dachauer Straße brachte insofern die Klärung, als Öfen, deren Kammern nicht vollgefüllt waren, infolge der ungewöhnlich starken Dichteerbildungen im Gasabgangsrohr und der damit verbundenen Verstopfungen nicht im Dauerbetrieb gehalten werden konnten.

Im Jahre 1909 war noch keine Klarheit geschaffen über den Einfluß der Kammerbreite auf die Entgasungszeit. Die ersten Kammern des Ofens auf dem Gaswerk am Kirchstein hatten verschiedene Breiten. Die mittlere Kammer, deren beide Seitenwände Brenner hatten, wies eine größte Weite von 55 cm auf, während die Seitenkammern, von denen nur eine Wand durch Brenner beheizt war, eine solche von 43 cm hatten. Es zeigte sich, daß zur Entgasung dieser breiten Kammern sehr hohe Temperaturen angewendet werden mußten, um den Kohleninhalt in 24 h zu entgasen, was sehr bald zu einer Zerstörung des Ofenmauerwerks führte.

Um das Verhältnis Entgasungszeit und Kohlendicke bei der üblichen Entgasungstemperatur klarzustellen, wurden eine Reihe von Betriebsversuchen vorgenommen. Hierbei wurde zum ersten Male festgestellt, daß bei sonst gleichbleibender Temperatur die Entgasungszeit bei zunehmender Kohlendicke im Verhältnis der Quadrate der Kohlendicke zunimmt. Aus diesen Erwägungen und Versuchen heraus wurde dann für die folgenden Ofenbauten die Kammerbreite an der Entlade-seite zunächst zu 45 bis 48 cm und endgültig zu 48 cm gewählt.

Auch über das Maß der Verminderung der Kohlendicke zur Füllseite hin war man sich anfänglich nicht völlig im klaren. Doch erwies sich eine Verminderung bis auf 37 cm an der Füllseite als ausreichend, um bei nichttreibenden Kohlen eine einwandfreie Entleerung der Kammer zu erzielen.

Hinsichtlich der zu wählenden Kammerlänge und Kammerhöhe (welche bei den Öfen auf dem Gaswerk am Kirchstein 3,3 m lichte Länge und 2,15 m lichte Höhe betragen) war man lange Zeit im unklaren. Es stellte sich aber heraus, daß Kammerlängen von 8,25 m und Kammerhöhen von 4,5 m sich ohne jegliche Schwierigkeiten bauen und betreiben ließen.

Die mittleren Heizwände des Ofens auf dem Gaswerk am Kirchstein hatten vertikale Züge, deren Rauchgase, in zwei Gruppen zusammengefaßt, in zwei Kanälen über die Decke hinweg in die seitlichen Heizwände übergeführt wurden; letztere wurden also mit den Abgasen der mittleren Heizwände beheizt. Diese Befuerung hatte zwei sehr erhebliche Nachteile:

Einmal haben die Feuergase infolge des Schornsteinzuges die Neigung, möglichst den Weg zu wählen, der am kürzesten ist. Zwischen den beiden Feuerübergängen befand sich also eine dreieckige Stelle, die infolge mangelhafter Wärmezufuhr schwächer beheizt war als die übrigen Wandteile. Es erwies sich, daß die damals noch herrschende Meinung von der sog. freien Feuerentwicklung irrig war und brennende und verbrannte Gase nicht eigenen Gesetzen folgen, sondern den allseitig gültigen physikalischen Grundgesetzen über Strömung und Auftrieb in Kanälen mit Widerständen unterworfen sind.

Zum anderen war ein Nachteil darin gegeben, daß an den Übergangsstellen für die Feuergase über der Kammerdecke infolge der Durchwirbelung der Rauchgase die Decke sehr heiß wurde. Die leicht zersetzlichen Kohlenwasserstoffe des Gases und auch die Teerdämpfe bildeten an diesen Stellen durch Abscheidung von Kohlenstoff dicke Blöcke, und der bei der Zersetzung entstehende Ruß verstopfte Gasabgangsrohre, Vorlagen und Gashauptleitungen.

Aus diesen Gründen wurde neben der Vollfüllung der Kammern eine Beheizungsart (die Schrägheizung) gewählt, welche die Kammerdecke verhältnismäßig kühl läßt, so daß sich wesentliche Zersetzungen von Gasen und Dämpfen nicht mehr ergeben. Damit waren mit einem Schläge alle die Schwierigkeiten der Verstopfung der Gasabgangsrohre, der Vorlagen und der Hauptrohre grundsätzlich und für die Dauer beseitigt.

Die Beheizung aller neueren Großraum-Schräggkammeröfen-Wände erfolgt in Richtung der Kammerschräge.

Es war nun die Aufgabe zu lösen, die Kammer so zu beheizen, daß die dicke Kohlenschicht an der Entladeseite gut entgast wird.

3. Der Bau des neuzeitlichen Schräggkammerofens.

a) Der Unterbau.

Der auf die Länge und Breite des Ofenblocks sich erstreckende Unterbau aus Beton enthält den Rauchgaskanal des Blocks und die

Kanäle für die unteren Längsanker. Auf diesen Unterbau werden zum Schutze des Betons gegen Wärmewirkung mehrere Lagen feuerfester Steine, die Ofensohle, aufgelegt.

b) Die End-, Zwischen- und Tragpfeiler.

Beim Schrägkammerofen werden die Kammern nicht wie beim Horizontalkammerofen in ununterbrochener Reihe nebeneinander aufgebaut, sondern in Gruppen von 2 bis 7 Kammern nebeneinander zu einem Ofen vereinigt.

Mehrere solcher Öfen bilden dann einen Ofenblock, in welchem bis zu 7 Öfen zusammengefaßt sein können.

Die Trennung der einzelnen Öfen eines Ofenblocks erfolgt durch Zwischenpfeiler. An den Enden jedes Blocks wird der Zwischenpfeiler durch Verstärkung zum Endpfeiler ausgebildet.

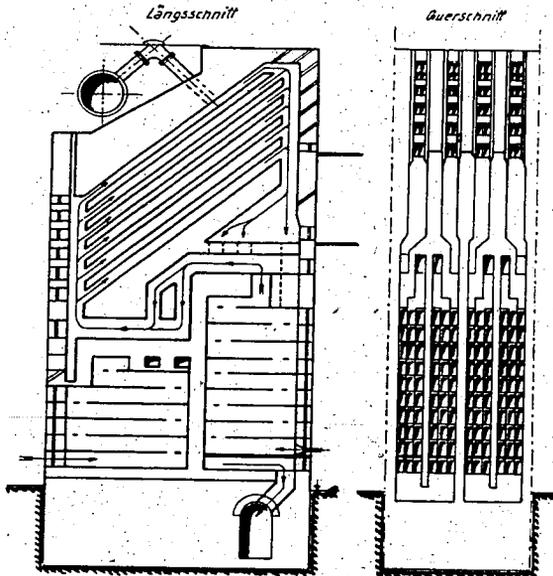


Abb. 2. Schematische Schnittzeichnung eines Münchener Kammerofens mit Fremdgasbeheizung und Rekuperator.

End-, Zwischen- und Tragpfeiler werden auf der Ofensohle errichtet. Die Endpfeiler des Ofenblocks, welche wie die Zwischenpfeiler von der Ofensohle bis zu den Bedienungsbühnen durchgehen, sind stärker ausgeführt, um die Abkühlung der Endkammern möglichst niedrig zu halten und um die bei der Erwärmung entstehenden Längskräfte des Ofenblocks auf die Längsverankerungsträger übertragen zu können.

Die Zwischenpfeiler trennen die einzelnen Ofen voneinander und nehmen alle Vertikallasten, herrührend von der Vorlage, den Bedienungsbühnen, der Füllvorrichtung, einen Teil des Gewichts der Kammersohle und Decke auf und enthalten die Kanäle für die Anker der Querverankerung.

Die Tragpfeiler gehen von der Ofensohle bis unter die Kammer-sohle durch. Sie tragen das Gewicht des Ofenaufbaues, also des Kammerbodens, der Kammerwände, der Ofendecke und der Kohlenfüllung. Aus Gründen der zweckmäßigen Unterbringung der Feuerzüge sind die Tragpfeiler der Öfen unter den Kammern errichtet. In die Tragpfeiler sind die Kanäle zur Aufnahme der Dampfzuführungsrohre für die Wassergaserzeugung in der Kammer eingebaut.

c) Das Kammermauerwerk.

α) Der Kammerboden und die Kammerdecke.

Auf den Trag- und Zwischenpfeilern aufruhend, ist der in Kammerneigung ansteigende Kammerunterbau eingefügt; auf ihm werden die schräg ansteigenden Heizwände der Kammern aufgebaut. Der zwischen den Heizwänden liegende treppenförmige Teil des Kammerunterbaues wird durch Einbau der Kammersohlensteine zu einer ebenen Fläche umgestaltet.

Über den Kammerwänden ist die Kammerdecke errichtet, welche die obere Begrenzung des Kammerraumes bildet und ebenso wie das Mauerwerk des Kammerbodens zur Querverbindung des Ofenblocks dient.

β) Die Entgasungskammer.

Die Außenseiten der Heizwände, die Kammersohle, die Kammerdecke und die Rückwand an der Füllseite umschließen die Entgasungskammern.

Boden und Decke der Entgasungskammern steigen unter einem Winkel von 41° nach oben an. An der Entladeseite ist die Kammer in voller Öffnung frei, so daß der Koks-kuchen ungehindert herausrutschen kann. An der Ladeseite in Verlängerung des Kammerbodens liegt die Stoßöffnung; sie ermöglicht die Einführung eines Stößels, um dem Koks-kuchen einen Anstoß zu versetzen. Auf der Kammerdecke befindet sich die Füllöffnung zum Füllen der Kammer.

Um an Mauerwerk und Ofenhöhe zu sparen und um die Bedienungsbühnen einander näherzubringen, ist die Füllöffnung für die Kammer nicht am höchsten Punkt des Kammerparallelogramms angebracht, sondern in Richtung zur Entladeseite verschoben.

Die senkrechte Höhe der Kammern ist auf 3,5, 4,0 und 4,5 m festgelegt. Die Breite der Kammern an der Entladeseite ist bei 22—24 stündiger Entgasung 48 cm, bei 16 stündiger Entgasung 41 cm, die Kammer-

breite an der Füllseite 37 bzw. 31 cm. Die Ofentiefe einschließlich Rückwand ändert sich je nach Ofengröße von 4,5 bis 8,25 m.

γ) Die Heizwände.

Eine besonders sorgfältige technische Durchbildung erfahren die schräg ansteigenden, durch die hohen Temperaturen stark beanspruchten Heizwände. Bei kleineren Öfen wurden sie früher mit parallelen Kammerwänden ausgeführt, wodurch sich zwar der Aufbau der Heizwände vereinfachte, aber die Achsen der beiden Seitenkammern zur Achse der Mittelkammer eine schräge Lage erhielten. Da eine solche Anordnung bei größeren Kammern und einer größeren Kammerzahl nicht durchführbar ist, so werden heute die Heizwände konisch ausgeführt, d. h. sie verbreitern sich entsprechend der Abnahme der Kammerbreite nach oben zur Füllseite zu, und alle Kammern erhalten hierdurch parallele Achsen.

Das Mauerwerk der Heizwand besteht aus Läufern und Bindern. Die Läufer bilden mit den Köpfen der Binder die Kammerwandfläche, die Binder verbinden die beiden Kammerwände einer Heizwand. Abwechselnd bindet der eine Binder in die eine Kammerwand und der andere Binder in die andere Kammerwand der Heizwand ein.

Beim Schrägkammerofenbau hat sich also auch die beim Koksofenbau übliche Form der Herstellung des Mauerwerks der Kammerwände bewährt; es besteht nur der eine Unterschied, daß beim Schrägkammerofen die von einer Kammerwand zur anderen gehenden Binder nicht vertikal übereinander liegen, sondern in Richtung der Kammerneigung ansteigen. Sie bilden dadurch die stufenförmig ansteigenden Scheidewände zwischen den schräg laufenden Heizzügen.

Der Dichtheitsabschluß der horizontalen Fugen des Heizwandmauerwerks erfolgt durch Wulstfalze, wodurch auch mit Hilfe der Binder die beiden Kammerwände fest miteinander verbunden werden. Die Stärke der Kammerwände beträgt 8 bis 9 cm, die stärkeren Steine werden an den durch hohe Temperaturen gefährdeten Stellen der Heizwand unten an der Entladeseite eingebaut. Für die Herstellung des Wandmauerwerks werden saure Steine verwendet, welche infolge ihres höher liegenden Erweichungspunktes sich besser bewährt haben als Schamottesteine. An der Entladeseite, dort wo das heiße Ofenmauerwerk beim Entladen durch wechselnde Temperatureinflüsse stärker in Anspruch genommen wird, benutzt man besonders geeignete halbsaure Baustoffe.

Jede Kammerwand enthält je nach Größe der Öfen 5 bis 7 schräg ansteigende Heizzüge.

Die Länge einer solchen Kammerwand in der Richtung des Kammerbodens beträgt etwa 6 bis 10 m, ihre Höhe zwischen 3,5 und 4,5 m. Eine solche lange und hohe Wand muß von der Entladeseite her bis zur Lade-

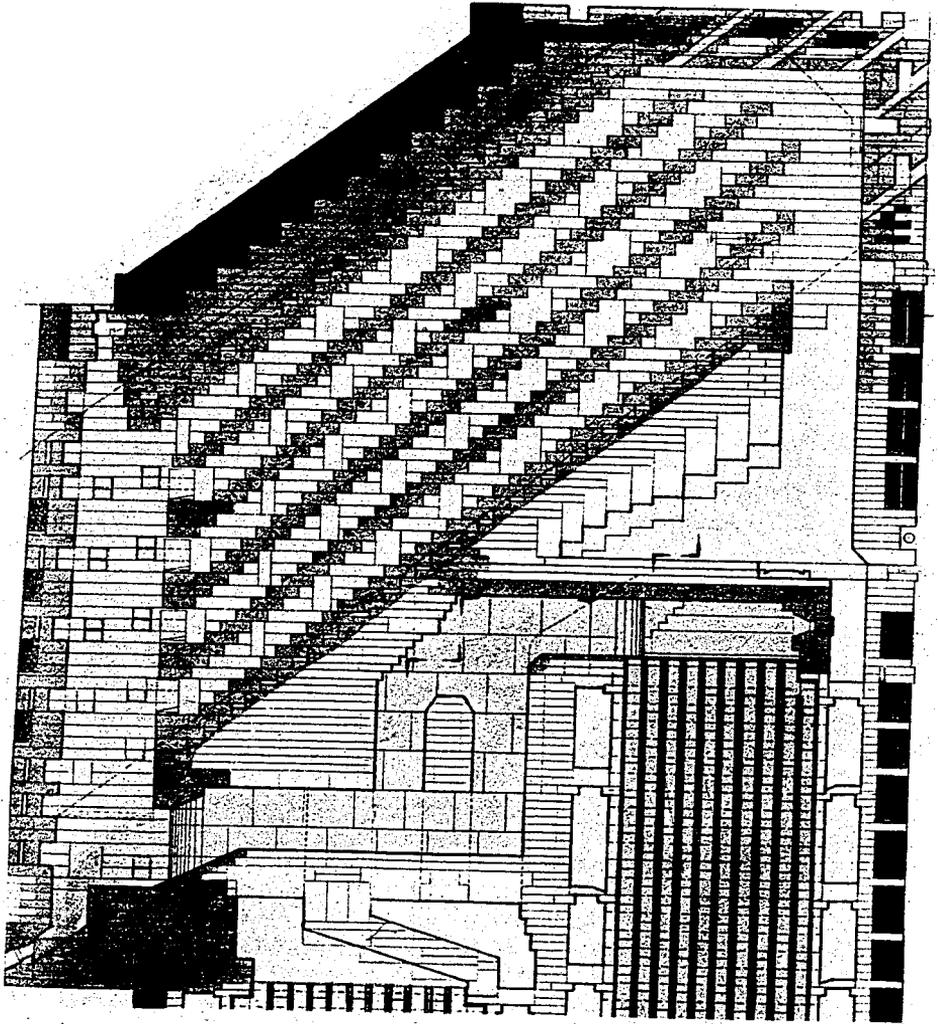


Abb. 3. Vertikallängenschnitt durch eine Heizwand.

seite hin entsprechend der geringer werdenden Kohlendicke gleichmäßig abnehmend beheizt werden: Auch in jedem senkrechten Querschnitt, also beginnend von der Kammersohle bis nahe zur Kammerdecke, muß eine gleich hohe Temperatur vorhanden sein, wenn die Kohle ausreichend entgast werden soll.

Diese schwierigste Aufgabe des Schrägkammerofenbaues ist so gelöst, daß in der Kammerwand an der Entladeseite in zwei nebeneinander liegenden schmalen Kanälen (dem Heizgas- und dem Luftkanal) Gas und Luft hochgeführt und den schräg ansteigenden Heizzügen der Kammerwände zugeteilt werden.

Es ist dann noch erforderlich, die diesen schräg ansteigenden Heizzügen zuströmenden Gas- und Luftmengen so zu verbrennen, daß einerseits längs des Heizzugs eine regelmäßige, etwa mit der Kohlendicke abnehmende Temperaturverteilung entsteht und andererseits eine möglichst gute, restlose Verbrennung der beiden Gase stattfindet. Dabei müssen örtliche Überhitzungen ebenso vermieden werden wie zu niedrige Temperaturen an einzelnen Stellen.

Um diese Bedingungen zu erfüllen, trennt man jeden Feuerzug durch die Einmauerung einer Zwischenzunge in zwei parallel laufende Kanäle und durchbricht dieses Zungenmauerwerk in bestimmten Abständen durch Öffnungen, damit Gas und Luft verbrennen können. Durch Erfahrung und Forschung ist die Größe der Öffnungen und ihr Abstand ermittelt worden. Die Öffnungen in den Zungen der Heizzüge nehmen dabei entsprechend der Verdünnung des noch brennbaren Anteils durch Rauchgase mit der Länge des Feuerzugs erheblich an Länge zu.

Um Teerbildungen an den kühlen Türen möglichst zu vermeiden, wird auch das unterste Ende der Kammer genügend warm gehalten. Zu diesem Zweck sind die beiden an der Entladeseite in der Heizkammerwand vertikal ansteigenden Gas- und Luftkanäle unter die Kammersole herabgezogen. Durch Öffnungen in der Zwischenwand zwischen den beiden Kanälen tritt eine Vorverbrennung ein, welche eine genügende Erhitzung dieses Kammerteils gewährleistet.

Weitere kleinere darüber liegende Öffnungen in dieser vertikalen Zwischenwand ermöglichen die Regelung der Verbrennung hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Beheizung dieses Kammerwandteils.

Die Erfahrung lehrte in Übereinstimmung mit der Theorie, daß die Beheizung eines Ofens dann am gleichmäßigsten wird, wenn man den Unterdruck in den Heizzügen auf ein Mindestmaß herabsetzt, also eine förmliche Stauung der Feuergase in den Heizzügen herbeiführt. Diese Stauung bewirkt eine selbsttätige und gleichmäßige Verteilung der Feuergase über die beheizte Kammerwand, während scharfer Ofenzug eine ungleichmäßige Verteilung der Gase und damit eine ungleichmäßige Heizung der Kammerwände bringt.

Diese Stauung wird durch Schieber im Rauchgasabgang jeder Kammerwand erzielt.

δ) Die Regelvorrichtungen der Heizwand.

Um eine stabile und regelbare Beheizung einer Heizwand zu ermöglichen, müssen die zufließenden Gasmengen und ihre Verbrennung

durch Eingriffe von außen her beeinflusst werden können. Durch die Verlegung des Zuflusses von Gas und Luft an die Entladeseite und die Übereinanderlagerung der Heizzüge ist es möglich, den Gas- und Luftbedarf mittels eingelegter Regelsteine so einzustellen, daß jeder Heizzug die Gas- und Luftmengen erhält, welche zur Erzielung der erforderlichen Temperatur notwendig sind. Um insbesondere in dem untersten Teil der schrägen Heizzüge die Bildung zu heißer Stellen zu verhindern, können von der Entladeseite her diese Öffnungen durch Einlegen von Steinen verkleinert werden.

d) Die Ofen-Vorder- und -Rückwand.

Die Wände an der Vorder- und Rückseite des Ofens sind so stark als möglich gehalten und zur Verminderung der Wärmeabgabe mit gut isolierenden Mauerwerkschichten versehen. Die Kammerdecke ist zur Verhinderung der Wärmeabgabe und um der Bedienungsmannschaft die Ofenarbeit zu erleichtern, noch besser isoliert.

e) Die Rekuperatoren und die Regeneratoren.

Beim Rekuperator (Wärmeaustauscher) geben die heißen Rauchgase ihre Wärme durch eine möglichst dünne feuerfeste Wand an die vorzuwärmende Luft oder das Generatorgas ab. Die Gase behalten ununterbrochen ihre Strömungsrichtung bei; daher strömen auch Gas und Luft in den Heizzügen des Ofens immer in der gleichen Richtung.

Beim Regenerator (Wärmespeicher) wird das Speicherungsvermögen genügend feuerfester Baustoffe benutzt, um die Wärme vom Rauchgas an die Luft oder an das Generatorgas zu übertragen. Die heißen Rauchgase heizen die Steine des Regenerators durch direkte Berührung während einer bestimmten Zeit auf, dann wird umgestellt, und die kühle Luft erwärmt sich an den so erhitzten heißen Steinen in dem gleichen Raum, in welchem sich vorher die Rauchgase abgekühlt haben. Bei den Regeneratoren wird bei kalter Gasumsteuerung eine Richtungsumkehr von Gas, Luft und Rauchgas vorgenommen. Der Regenerator wird, wie man sagt, umgeschaltet und damit gleichzeitig auch die Strömungsrichtung der Gase im Ofen.

Bei den Horizontalkammeröfen werden nur Regeneratoren verwendet, beim Schrägkammerofen dagegen fast ausnahmslos Rekuperatoren. Die Bevorzugung des Rekuperators hat ihren Grund in der Art der Verbrennung von Gas und Luft in den Heizzügen des Ofens.

Die ersten Rekuperator Konstruktionen waren noch unvollkommen; sie wurden im Laufe der Jahre undicht. Die von der Didier A.G. seit einigen Jahren hergestellten Röhren-Rekuperatoren haben sich gut bewährt. Diese Verbesserung der Bauart des Rekuperators hat erheblichen Anteil an der Senkung des Unterfeuerungsverbrauchs.

Beim Schrägkammerofen sind die Rekuperatoren zwischen die Tragpfeiler der Kammern eingebaut. Auf Grund langjähriger Erprobung werden sie als Röhrenrekuperatoren mit kreuzweise verlaufenden Kanälen hergestellt; Rauchgas und Luft strömen in diesen Kanälen senkrecht

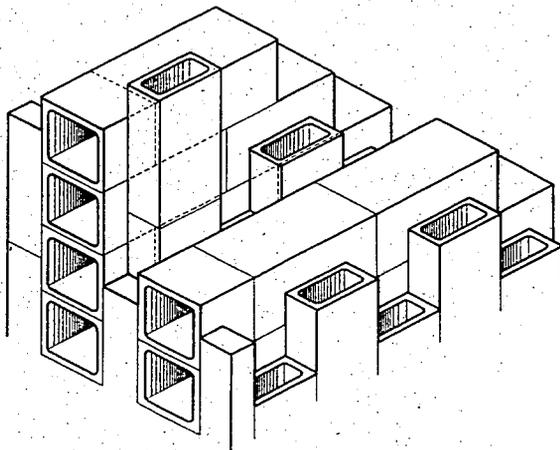


Abb. 4. Röhrenrekuperator.

zueinander. Man zieht es vor, jenes Gas durch die von außen zugänglichen und daher leicht zu reinigenden Rekuperatorenkanäle zu leiten, welches den geringeren Reinheitsgrad besitzt.

Die Aufteilung des Ofenunterbaues ist bei den verschiedenartig unterfeuerten Öfen etwas verschieden und wird bei der Beschreibung der Beheizungsarten eingehender erörtert werden.

f) Der Rauchkanal und der Schornstein.

Jede Rekuperation einer Heizwand hat einen regelbaren Anschluß an den im Ofenunterbau untergebrachten Rauchkanal des Ofenblocks. Dieser Rauchkanal führt zu dem 35 bis 50 m hohen Schornstein des Ofenblocks.

g) Die Ausrüstung des Ofens.

α) Die Entladetüre und das Türhebwerk.

Die Entladetüre des Schrägkammerofens muß den vollen Kammerquerschnitt an der Entladeseite gasdicht abschließen, den Druck der Kohle und des Koks aufnehmen und sich mühelos mechanisch rasch öffnen und schließen lassen.

Die bei der ersten Ausführung angewendeten Konstruktionsgrundsätze, eine elastisch nachgiebige und nachstellbare Türe mit einem mög-

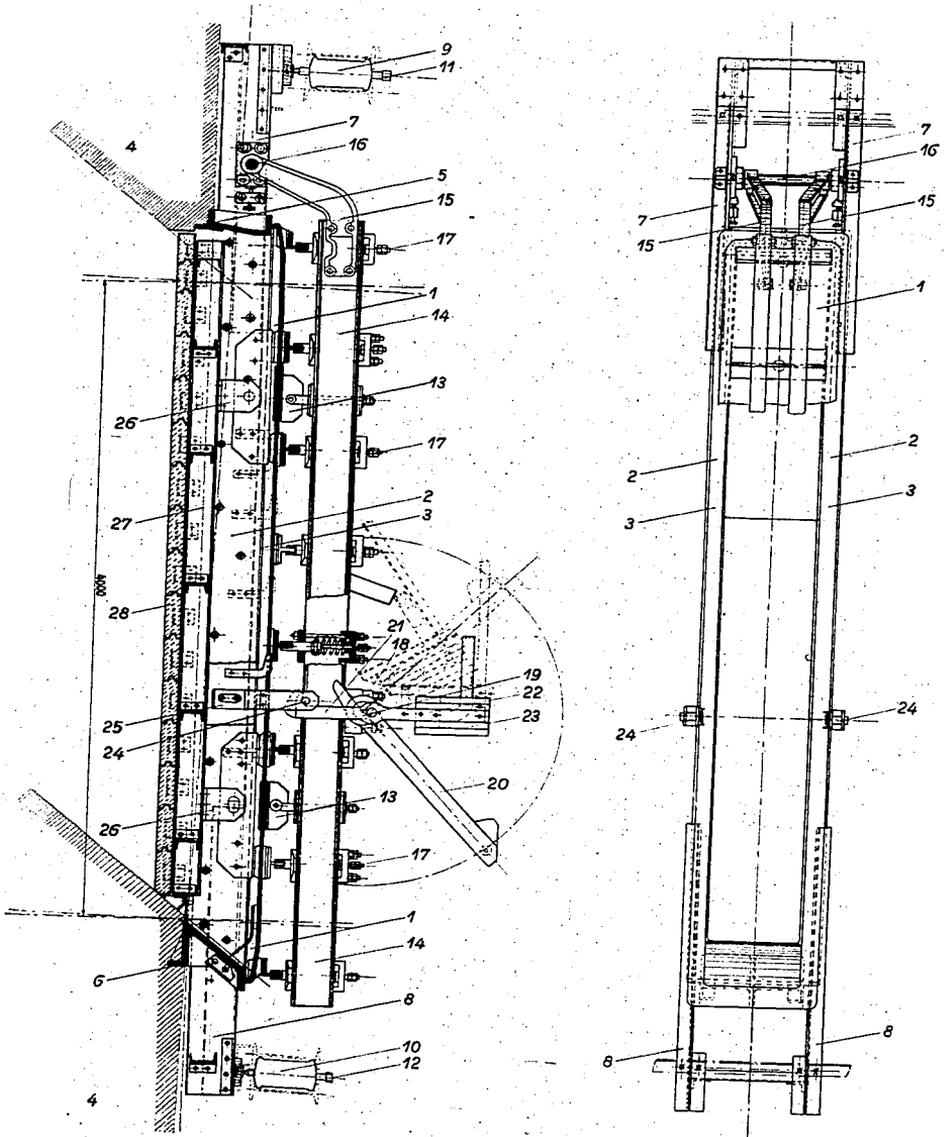


Abb. 5. Entladetür.

lichst starren Türrahmen zu benützen, haben sich als richtig erwiesen, ebenso wie die Verwendung eines einzigen mit Gewicht belasteten Exzenterverschlusses für die mechanische Anpressung der Türe.

Die in Abb. 5 und 6 angegebene Konstruktion der Entladetüre sei nachfolgend beschrieben.

Es bezeichnet *1* die gußeiserne Entladetüre und *2* den gußeisernen Türrahmen. Die Türe liegt auf der äußeren, vom Ofenmauerwerk abgekehrten Sitzfläche *3* des Türrahmens *2* auf, die dichtende Stelle ist dadurch der Erwärmung durch das Ofenmauerwerk *4* entrückt und für die Reinigung sehr leicht zugänglich. Der an der Ofenseite liegende Flansch *5* des Türrahmens *2* ragt wenige Zentimeter in das Ofenmauerwerk *4*, er dient zur Abdichtung des Türrahmens *2* auf dem Ofenmauerwerk *4*. Das Gewicht des Türrahmens und der ganzen Türkonstruktion wird durch den am Türrahmen befestigten Fuß *6* auf das Ofenmauerwerk *4* übertragen. An den seitlichen Wänden des Türrahmens *2* sind oben und unten schmiedeeiserne Verlängerungen *7* und *8* angeschraubt, welche bis unter die Queranker *9* und *10* der Ofenverankerung reichen. Mit Hilfe der Preßschrauben *11* und *12* werden die Türrahmen *2* an das Ofenmauerwerk *4* gepreßt.

Die Türe *1* ist mit Hilfe der Aufhängungen *13* an zwei Stellen mit dem Bügel *14* senkrecht zur Ofenwand verschiebbar aufgehängt. An Bügel *14* sind am oberen Ende die gebogenen Verlängerungen *15* so angeschraubt, daß sich der Bügel *14* mit der Türe *1* um die Achse *16* drehen kann. Bügel *14* überträgt beim Anpressen den Anpressungsdruck mit Hilfe der nachstellbaren und gefederten Schrauben *17*.

Das Anpressen der Türe geschieht wie folgt: Auf dem Bügel *14* ist in Lagern *18* die Exzenterwelle *19* gelagert. Auf der Exzenterwelle ist der Hebelarm *20*, welcher durch ein fahrbares Gewicht herabgedrückt wird, aufgekeilt. An den äußeren Enden der Exzenterwelle *19* sind die Exzenterhaken *21* drehbar befestigt. Die rückwärtigen Verlängerungshebel *22* der Exzenterhaken *21* tragen das Gewicht *23*, welches die Exzenterhaken *21* dauernd herunterdrückt, damit sie beim Ablassen der Türe von selbst hinter die Hakenbolzen *24* einfallen. Hakenbolzen *24* sind mittels der Laschen *25* an dem Türrahmen *2* befestigt.

Zum Schutze der Türe *1*, und um die Kohlen auch unten an der Türe genügend zu entgasen, ist mittels der zwei Haltepunkte *26* der Türschild *27* nebst Isolation *28* aufgehängt.

Die Türe wird durch eine Hebevorrichtung, welche am fahrbaren Löschturm befestigt ist, gehoben und gesenkt. In Abb. 6 ist ein solches Türhebwerk dargestellt. Es bedeutet *30* das Windwerk, welches das in einer gebogenen Schiene *31* laufende Gewicht *32* hebt und senkt. Das Gewicht *32* greift mittels des Hakens *33* an dem mit Exzenterhebel *20* verbundenen Gestänge an. Wird das Gewicht angehoben, so hebt sich der Hebel *20*, die Exzenterwelle *19* (Abb. 5) wird gedreht, die Verbindung

der Exzenterhaken 21 mit den Bolzen 24 gelockert und bei weiterem Hochheben des Gewichtes die Haken 21 hochgehoben, die Türe wird frei und kann mit dem Türschild angehoben werden, wobei sie sich um die Achse 16 dreht. Dieses Hochheben der Türe erfolgt sehr rasch, damit der Koks kuchen die Türe nicht aufschlägt.

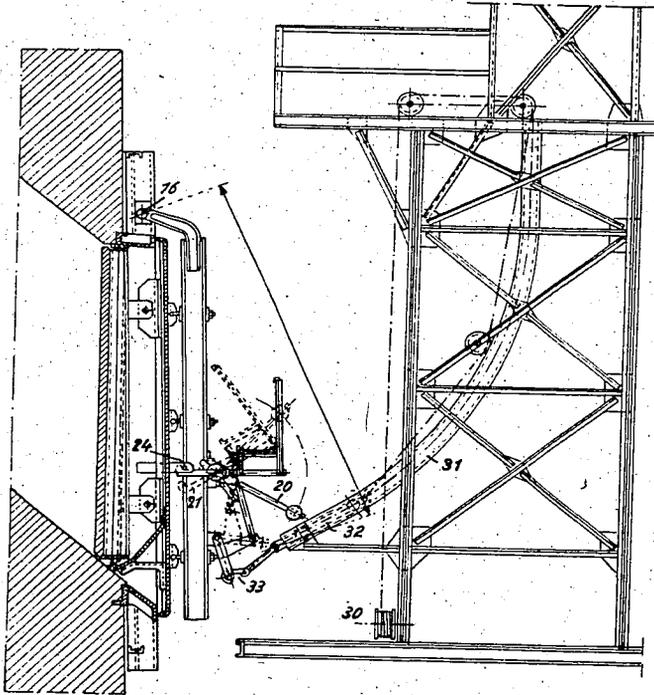


Abb. 6. Hebevorrichtung für die Entladetür.

Beim Schließen der Türe vollzieht sich der Vorgang umgekehrt. Die Türe und der Schild senken sich beim Ablassen des Gewichtes so lange, bis die Türe am Türrahmen aufliegt, dann fallen die Exzenterhaken 21 hinter die Bolzen 24, der Exzenterhebel 20 senkt sich durch den Druck des Gewichtes, die Exzenterwelle wird angezogen und damit die Türe auf den Türrahmen gepreßt. Schließt die Türe durch Verbiegen des Rahmens nicht mehr dicht ab, so kann die Undichtheit durch Nachstellen der Preßschrauben 17 beseitigt werden.

Der Anpressungsdruck auf die Türe ist so groß, daß Kohle und Koksstücke, ja sogar Holz durchgeschnitten werden.

β) Die Fülltüre.

Der horizontal liegende Fülltürrahmen hat eine Öffnung von etwa 65×38 cm. Die Türe ist mit einem Hebelverschluß verschließbar, ihre Anpressung mittels Exzenter nachstellbar. Der Türrahmen ist so ausgebildet, daß er sich möglichst glatt an die gemauerte Kammerdecke anschließt, um etwa übergelaufene Kohlen bequem in die Kammer hineinkehren zu können. Die Fülltüren der Kammern eines Ofens sind

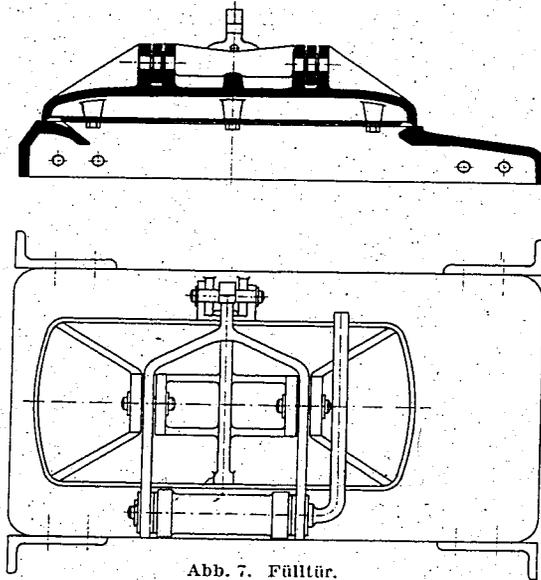


Abb. 7. Fülltür.

an den Stirnseiten durch Flacheisen miteinander verbunden, damit Erschütterungen beim Öffnen und Schließen einer Türe keine Lockerung des Türrahmens am Ofenmauerwerk verursachen. Man vergrößert durch diese Maßnahme das Gewicht des ruhenden Teils der Fülltüren im Verhältnis zum bewegten Gewicht der einen bei der Füllung bewegten Türe.

γ) Die Stoßtüre.

Die Stoßtürrahmen haben eine Öffnung von etwa 55×38 cm. Die Stoßtüre kann wie die Fülltüre durch einen Exzenterverschluß angepreßt werden; sie verschließt eine vertikal liegende Öffnung an der Rückseite der Kammer, welche in der Flucht des Kammerbodens liegt. Der Rahmen der Stoßtüre besitzt unten die Kammerneigung, damit Kohle und Koks nicht darauf liegen bleiben können; er ist an

den vertikalen Längsseiten mit aufgeschraubten Flacheisen versehen, welche bis unter die Queranker der Ofenverankerung reichen. Mit Hilfe von Schrauben an diesen Querankern werden die Stoßtürrahmen an das Mauerwerk angepreßt.

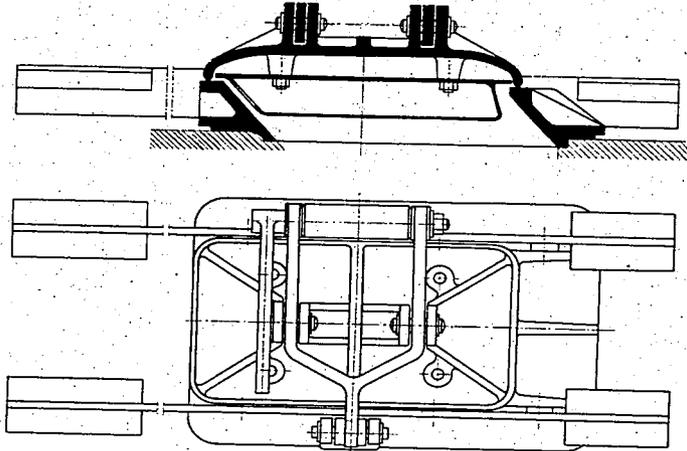


Abb. 8. Stoßtür.

δ) Das Gasabgangsrohr.

Das in der Kammer erzeugte Gas wird durch ein einziges Abgangsrohr von etwa 30 cm l. W. aus dem Kammerraum abgeführt. Das Gasabgangsrohr, das nahezu senkrecht zur Ofendecke im oberen Drittel der Kammerdecke einmündet, führt also in fast rechtem Winkel abgehend zur Ofenvorlage. Der Anschluß des Gasabgangsrohres an das Mauerwerk des Ofens erfolgt mit Hilfe eines an der Ofendecke befestig-

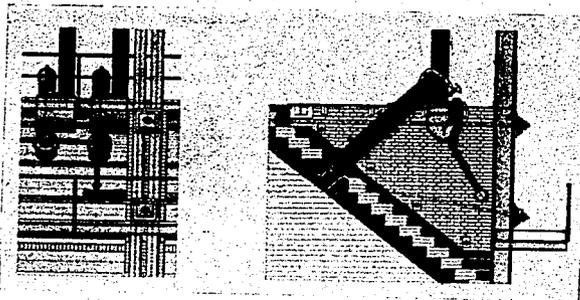


Abb. 9. Gasabgangsrohr mit Vorlage.

ten Muffenstücks, in welches das untere Ende des Gasabgangsrohres kurz vor der Inbetriebnahme des Ofens eingedichtet wird. Jedes Abgangsrohr einer Kammer hat nur eine einzige aufklappbare, durch Exzenterverschluß verschließbare Reinigungsöffnung, durch welche sowohl der zur Kammer führende Rohrteil, als auch der zur Vorlage führende kurze Rohrstützen mit Reinigungswerkzeugen befahren werden kann. Besondere Sorgfalt ist darauf verwendet, daß die Reinigungswerkzeuge von der Bedienungsbühne des Ofens aus leicht eingeführt werden können und vorstehende Kanten und Ecken, welche das Befahren erschweren, vermieden sind.

e) Die Ofenvorlage.

Jede Kammer hat ihre eigene Vorlage; sämtliche Vorlagen eines Ofens ruhen auf Trägern auf, welche von einem Zwischenpfeiler zum

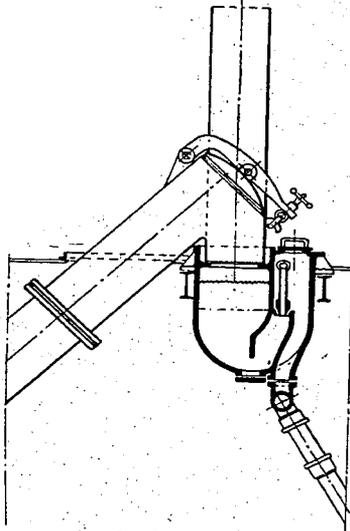


Abb. 10. Vorlage.

anderen führen. Jede Vorlage hat eine eigene Tauchungseinrichtung, mit deren Hilfe die Mündung des Gasabgangsrohres durch Heben des Flüssigkeitsspiegels in der Vorlage sicher verschlossen werden kann. Dieses Verschließen heißt man im Betrieb: Tauchung geben. Während des Entgasens wird ohne Tauchung gearbeitet; Tauchung wird gegeben unmittelbar vor der Füllung der Kammer, also vor dem Öffnen der Verschlüsse. Die Tauchung wird sofort nach der Füllung der Kammer aufgehoben. Jede Vorlage besitzt eine Reinigungsöffnung, einen Teerablauf und einen Gasabgang zur Gassammelleitung. Der Teerablauf führt zu der längs des Ofens durch die Zwischenpfeiler verlaufenden Teerleitung. Vorlage und Teerabgang sind so gelagert, daß sie warm liegen, um Teerverdickungen bei Abkühlung zu verhüten. Es hat sich im Betriebe

gezeigt, daß bei richtig voll gefüllten Kammern die Ansammlung von Dickteer in den Vorlagen recht gering ist und leicht beseitigt werden kann.

Das Reinigen des Gasabgangsrohres und der Vorlage erfolgt von der Füllbühne des Ofens aus.

ζ) Die Ofenverankerung.

Jedes Ofenmauerwerk dehnt sich bei der Erwärmung aus. Würde man ein solches Mauerwerk beim Erkalten nicht durch starke Anker

zusammenpressen, so würden sich die Mörtelfugen öffnen. Der in den Fugen befindliche feuerfeste Mörtel, welcher keine bindende Eigenschaft besitzt (weil er nur aus einem Gemisch von hochwertigem Ton und Magerungsmitteln, z. B. Quarzitsand, besteht), bröckelt ab und füllt die offenen Fugen aus. Wird eine solche Wand wieder erhitzt, so dehnt sich jeder einzelne Stein aus, die Fugen können sich jedoch nicht mehr vollkommen schließen, das Mauerwerk wird undicht und auch länger. Diese Ausdehnung des Mauerwerks ist grundsätzlich verschieden von jener, welche durch das Wachsen von sauren Steinen entsteht. Solche Ausdehnungen sind teilweise bleibend und werden auch nach dem Erkalten des Mauerwerks nicht mehr zurückgehen.

Gleichgültig, ob das Wachsen durch einen oder den anderen der obengenannten Gründe erfolgt, muß durch die Verankerung eines Ofens tunlichst verhindert werden, daß die Mörtelfugen des Mauerwerks sich öffnen und das Ofenmauerwerk schädliche Risse erhält. Außerdem hat die Ofenverankerung noch jene Kräfte aufzunehmen, welche beim Schrägkammerofen durch den Druck der Kohle und des Kokskuchens auf die Entladetür entstehen. Dieser Druck würde ein Abheben der Entladetürrahmen vom Ofenmauerwerk bewirken und hierdurch Undichtheiten verursachen, durch welche Luft in die Kammern eindringen würde. Solche eingedrungene Luft würde mit dem erzeugten Gas hinter der Entladetüre verbrennen und nicht nur die Türschilde zerstören, sondern auch die Dichtheit des Verschlusses beeinträchtigen, weil durch die einseitige Erwärmung Verziehungen der Türrahmen erfolgen.

Damit ist auf die Wichtigkeit einer richtig angebrachten Verankerung hingewiesen worden. Sie hat zusammengefaßt den Zweck, Längenänderungen des Ofens in Richtung des Ofenblocks und in Richtung der Kammern auf das zulässige Maß zu verringern und Kräfte aufzunehmen, damit das Ofenmauerwerk und die Rahmen der Türöffnungen nicht undicht werden.

Die Verankerung ist bei allen Ofensystemen ein wichtiger, meist unterschätzter Konstruktionsteil, beim Schrägkammerofen aber um so wichtiger, als die Verankerung auch schräg verlaufende Schubkräfte aufnehmen muß.

Wird der Ofen erwärmt, so dehnt er sich erheblich, und zwar bis zu 5 mm je m aus. Die Verankerungen müssen, um Brüche zu vermeiden, dann entweder von selbst nachgeben oder durch Lockerung der Ankerschrauben nachgelassen werden. Erkalte der Ofen, so sollen sich die Anker entweder von selbst verkürzen oder durch Anziehen der Ankerschrauben verkürzt werden. Das selbsttätige Anziehen und Nachlassen der Anker erfolgt durch Federbündel, welche in die Zuganker eingebaut sind.

Die Beanspruchung der Anker ist, soweit dieselben einer Temperatur von über 350° entrückt sind, nur durch die Anziehung der Schraubenmuttern der Anker bedingt. Übersteigt aber die Temperatur 400°,

so beginnt bereits die Festigkeit des Eisens sowohl durch die Erwärmung selbst, als auch durch Umlagerung in Gegenwart der Schamotte- und Silikasteine, erheblich nachzulassen.

Es ist beim Schrägkammerofen zur Aufnahme der durch das Anpressen der Entladetüren verursachten Beanspruchung der Verankerung unerlässlich gewesen, die beiden mittleren Anker durch sehr heiße Ofenteile hindurchzuführen; da diese den Hauptteil des Druckes auf die Entladetüren aufzunehmen haben, so würde ihr Versagen eine Außerbetriebsetzung des Ofens herbeiführen. Durch eine geregelte Innenkühlung dieser Anker (dickwandige Rohre) mittels Wasser ist man in der Lage, diesen Anforderungen vollkommen gerecht zu werden. Die Befürchtungen hinsichtlich der betrieblichen Zuverlässigkeit einer solchen Kühlung haben sich als grundlos erwiesen, wenn man einige Betriebserfahrungen berücksichtigt. So darf z. B. bei kalkhaltigem Wasser die Ablauftemperatur des Kühlwassers nicht höher als 50° C sein, um Kalkabscheidungen in den Rohrankern zu verhindern. Weiter muß die Führung des Kühlwassers in den Ankern so erfolgen, daß Störungen durch Luft- und Dampfblasen vom Wasserstrom selbst beseitigt werden. Um bei Versagen der Betriebswasserleitung die Anker vor Schaden zu bewahren, schaltet man genügend große Zwischenbehälter ein und versieht dieselben mit Vorrichtungen, welche den Wasserstand auf der Bedienungsbühne sichtbar machen.

An den Stirnwänden des Ofenblocks sind vertikale I-Träger hochkant zur Ofenwand aufgestellt. Ihr Abstand beträgt 70 bis 100 cm. Sie werden durch querliegende Träger am Fuß, in der Mitte und knapp über der Kammerdecke zusammengehalten (s. Abb. 11). Die Zahl der Längsanker, welche von einem Endpfeiler zum anderen gehen, ist je nach Ofengröße etwas verschieden; sie beträgt bei größeren Öfen etwa 5 Stück im Ofenunterbau, 6 Stück in der Nähe der Decke und je 2 an der Vorder- und Rückseite des Ofens.

Vor und hinter jedem Ofenzwischenpfeiler befinden sich vertikal in die Höhe gehende II-Träger, welche durch Queranker, die durch den Zwischenpfeiler hindurchgehen, zusammengehalten werden. Es sind 4 solcher Queranker übereinander angeordnet, wovon der oberste frei an der Luft liegt, während die beiden nächst tiefer liegenden Rohranker von der Entladeseite zur Ladeseite des Ofens durch das heiße Mauerwerk hindurchgehen und deshalb in der bereits geschilderten Weise gekühlt werden müssen. Der im Ofenunterbau liegende Anker bedarf infolge genügenden Luftzugs durch den Ankerkanal keiner weiteren Kühlung.

η) Die Bedienungsbühnen.

Im Laufe der Entwicklung des Kammerofens hat sich die Zahl der Bedienungsbühnen mehr und mehr verringert. Bei den von der

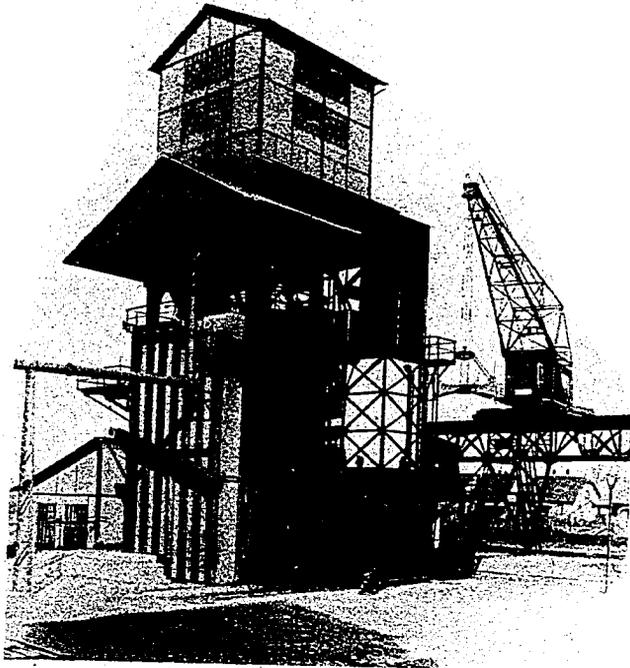


Abb. 11. Ofenverankerung (Ofenanlage Haguenau i. Elsaß).

Didier A.G. erbauten Öfen sind heute meist nur mehr noch 2 Bühnen vorhanden, nämlich die Füllbühne, von welcher aus die Füllung der Kammern, die Reinigung des Gasabgangsrohres und der Vorlage sowie die Inbetriebsetzung der Stoßmaschine erfolgt, und die Stoßbühne, von welcher aus die Stoßtüren geöffnet und die in den Ofen eingebauten Generatoren aufgefüllt werden. Zur Überwachung des Ofenmauerwerks und der Ausrüstungsteile sind an der Vorderseite des Ofens kleine Laufstege angebracht. Die Hauptbühnen sind an jenen Stellen, wo keine Ansammlung von Kohle oder Koks stattfinden kann, durchbrochen, um eine gute Belüftung der Arbeitsplätze herzustellen.

8) Das Ofenhaus.

Die Errichtung eines Hauses über einer Schrägkammerofen-Anlage hat den Vorteil, daß Ofen und Bedienungsmannschaft den Einflüssen der Witterung entzogen sind und die Wärmeverluste des Ofens durch Abstrahlung geringer werden.

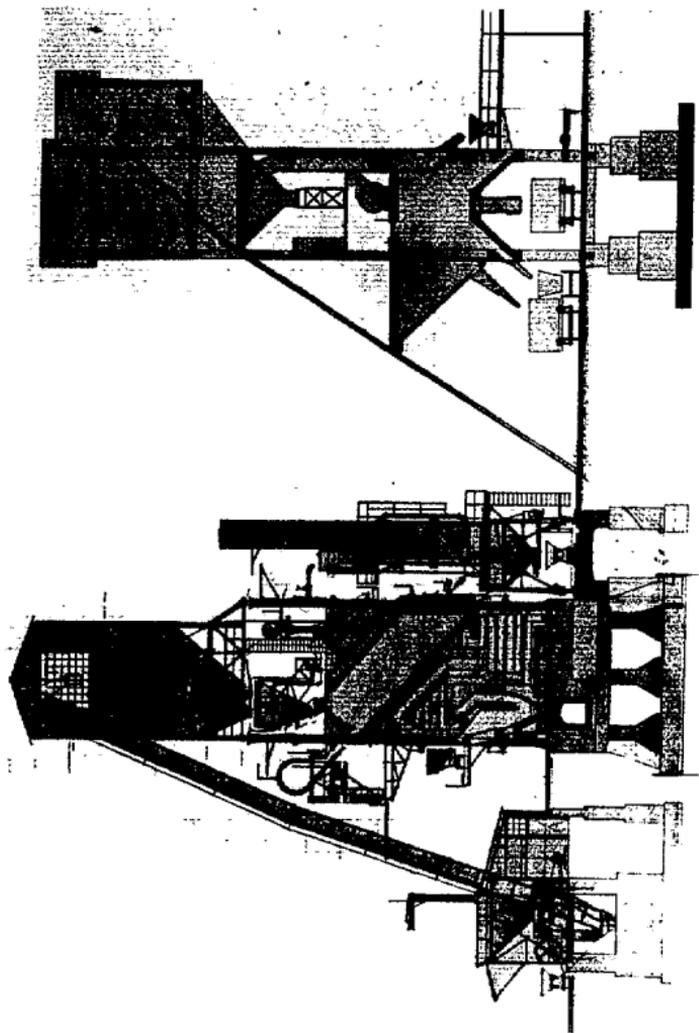


Abb. 13. Ofenhaus mit Foreteinrichtungen

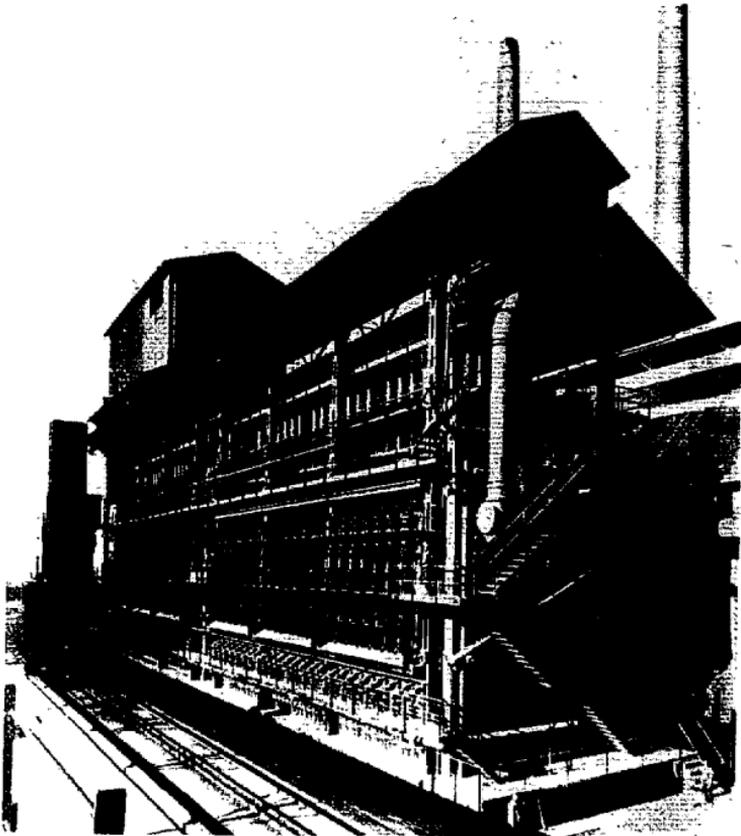


Abb. 13. Entladeseite der Schrägkammerofenanlage Breslau.

Dem stehen die Nachteile des höheren Kostenaufwandes für Herstellung und Unterhalt gegenüber.

Vielfach hört man die Ansicht, daß es für die Ofenbedienungs-mannschaft gesünder sei, wenn sie im Freien arbeite. Ein glaubhafter Nachweis ist hierfür noch nicht erbracht worden. Die richtige Lösung dieser Frage dürfte sein: In Gegenden mit gemäßigten Temperatur-unterschieden ist ein Ofenhaus überflüssig und es genügt an dessen Stelle die Errichtung eines Daches, welches Ofen und Mannschaft gegen

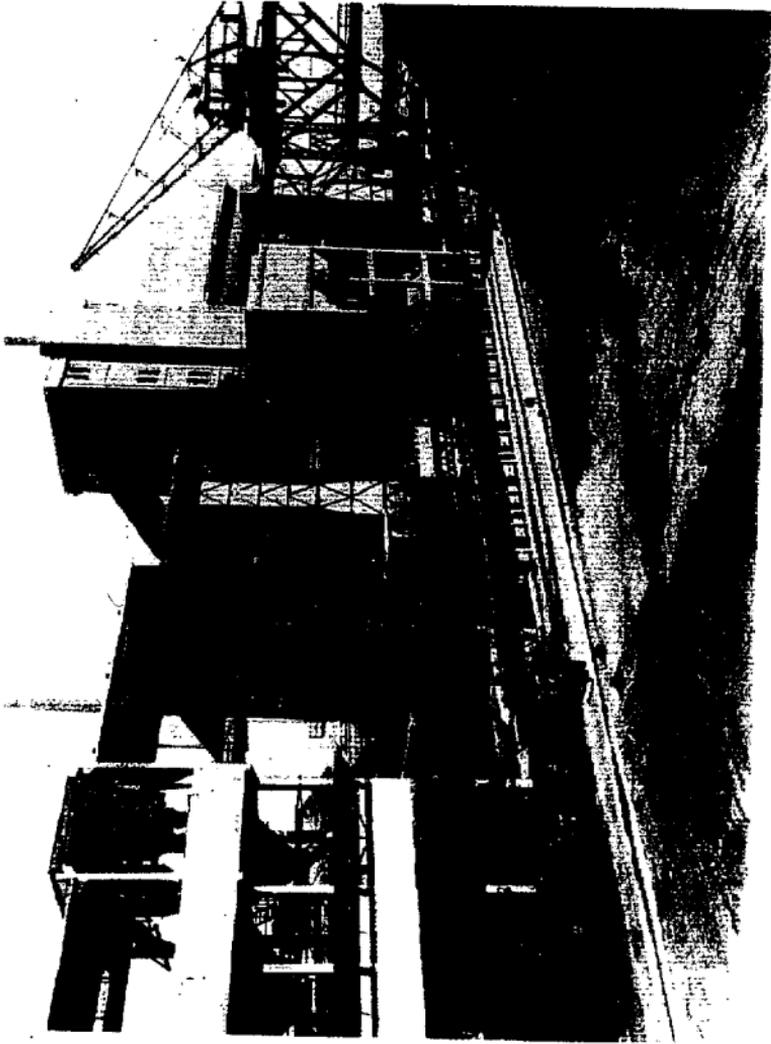


Abb. 14. Neuzzeitliche Schrägkammerofenanlage Mülland-Bovina.

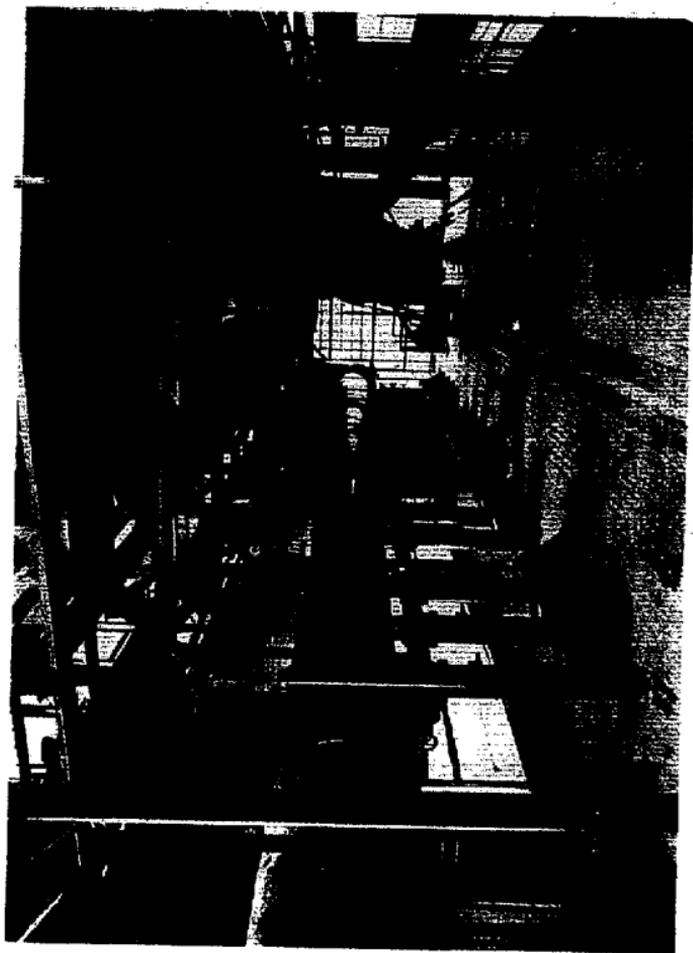


Abb. 15. Laufsasse der Schrägkammerofenanlage Arnheim (Holland)

Regen und Schnee schützt. In Gegenden mit rauherem Klima dagegen wird man ein Ofenhaus aus ausgemauertem Eisenfachwerk errichten.

h) Der Maschinenbetrieb.

α) Der Füllwagen.

Bei einigen älteren Ofenanlagen sind die Kohlenbehälter nebeneinander über die ganze Ofenlänge hinweg angeordnet, jede Kammer

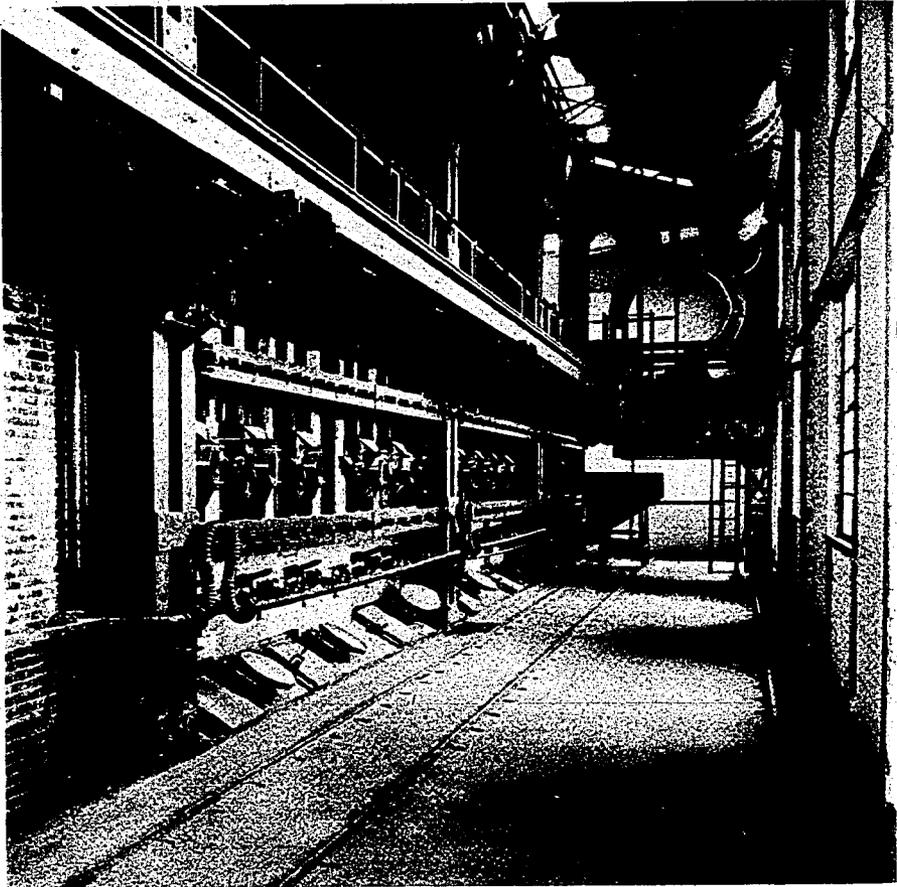


Abb. 16. Stoßbühne der Schrägkammerofenanlage Arnheim (Holland).

hat also einen eigenen Behälter, welcher die abgemessene Kohlenmenge enthält. Bei der Füllung der Kammern wird die Auslauföffnung des Kohlenbehälters mittels einer aufklappbaren und fahrbaren Schurre mit der Füllöffnung der Kammer verbunden. Das Füllen erfolgt dabei sehr rasch und einfach, und der Bedienungsmannschaft ist das Herbeischaffen der Kohlen erspart.

Bei den neuen Anlagen sieht man aus Gründen der Kosten- und Materialersparnis Sammelbehälter für Kohle vor, welche mindestens den Tageskohlenverbrauch von einem oder mehreren Ofenblöcken enthalten. Um jedem Ofen die erforderliche Kohlenmenge zuzuführen,

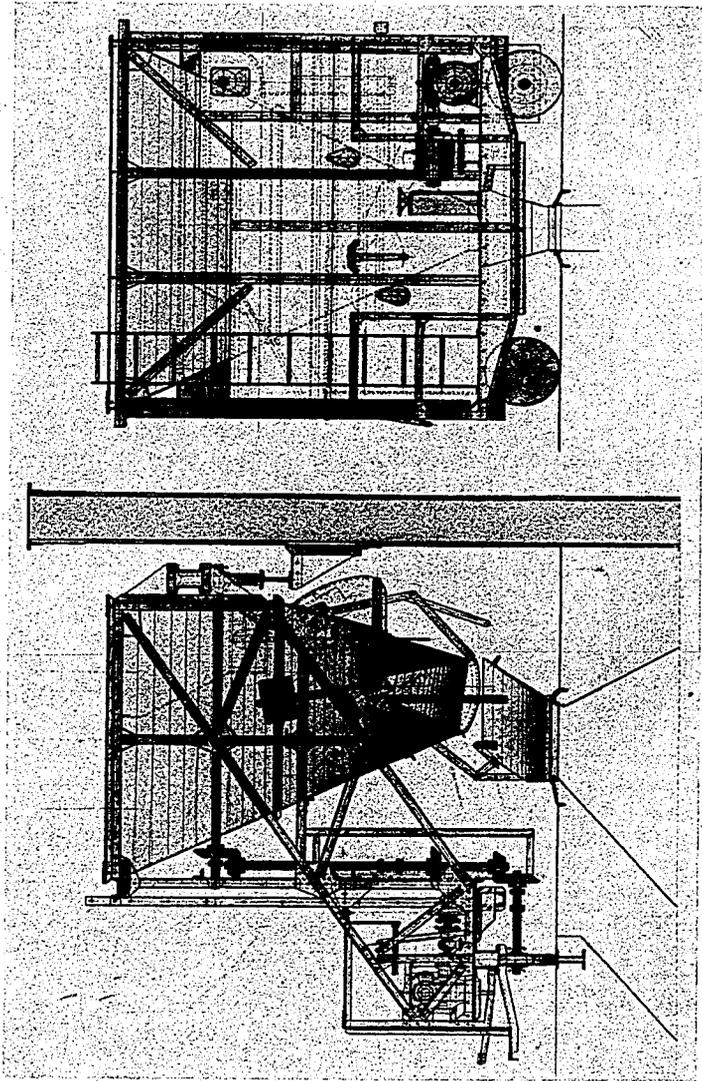


Abb. 17. Füllwagen.

bedient man sich des Füllwagens, dessen Inhalt genau dem Fassungsvermögen der Kammer entspricht. Es ist dies ein fahrbarer trichterartiger Behälter, welcher mit einem Drehschieber verschlossen ist. Die Verbindung zwischen dem Auslauf des Füllwagens und der Füllöffnung der Kammer wird durch eine klappbare Schurre mittels eines einzigen Handgriffes hergestellt. Der Unterteil der Schurre versenkt sich dabei in die Füllöffnung und schließt sich an den Auslauf des Kohlenbehälters dergestalt an, daß ein Überlaufen von Kohlen nicht stattfinden kann. Der Füllwagen wird elektrisch angetrieben und läuft mit einem Räderpaar auf einer an der Zwischenpfeilerverankerung angebrachten Schiene; das andere Räderpaar läuft auf Trägern, welche in Höhe der Ofendecke von einem Zwischenpfeiler zum anderen reichen, so daß eine Belastung oder Erschütterung des Ofenmauerwerks beim Fahren und Füllen des Kohlenwagens nicht erfolgt.

Aus Gründen der Schonung des Bedienungspersonals und der dichten Lagerung der Kohle wird Wert auf sehr rasche Füllung gelegt; selbst die größten Kammern werden in etwa 20 s gefüllt. Dabei füllt man die Kammern möglichst hoch und gleichmäßig, um Gas- und Teerzersetzen, welche zu Verstopfungen der Gasabgangsrohre, der Vorlagen, ja sogar der Gashauptröhre führen würden, zu vermeiden.

β) Die Stoßmaschine.

Die Stoßmaschine hat die Aufgabe, einem Kokskuchen, welcher beim Öffnen der Entladetür nicht allein herausrutscht, einen Anstoß in der Bewegungsrichtung zu geben; sie ist daher in ihrer Wirkung nicht zu vergleichen mit der Koksdruckmaschine der Horizontalkammeröfen. Bei den vom Gaswerk München gebauten Stoßmaschinen wird eine gerade Stoßstange verwendet, während die Didier A.G. Gliederstoßstangen benützt. Die Münchener Stoßmaschine läuft in Form eines Plattformlaufkranes auf Schienen, von denen eine an den Hauptträgern des Ofenhauses, die andere an den Vertikalankern der Zwischenpfeiler befestigt ist. Der Antrieb erfolgt mittels Elektromotor. Bei der Maschine der Didier A.G. läuft das eine Räderpaar der Stoßmaschine auf der Bedienungsbühne für die Stoßtüren und das andere etwa in Höhe der Füllbühne. Bei beiden Ausführungen ist dafür Sorge getragen, daß vor den Stoßtüren ein freier, unbehinderter Arbeitsraum vorhanden ist. Von der Bedienungsbühne für die Stoßtüren führt eine an der Stoßmaschine angebrachte Leiter auf die Bedienungsbühne des Ofens hinauf, weil die Füllmannschaft auch die Stoßmaschine zu betätigen hat. Die Stromzuführung zur Stoßmaschine ist so hoch gelegt, daß Berührung mit Werkzeugen nicht erfolgen kann.

γ) Die Kokslöschmaschine.

Die Kokslöschmaschine hat vier Aufgaben zu erfüllen, und zwar: das Deckelhubwerk zu tragen, die Wucht des aus den Kammern stürzen-

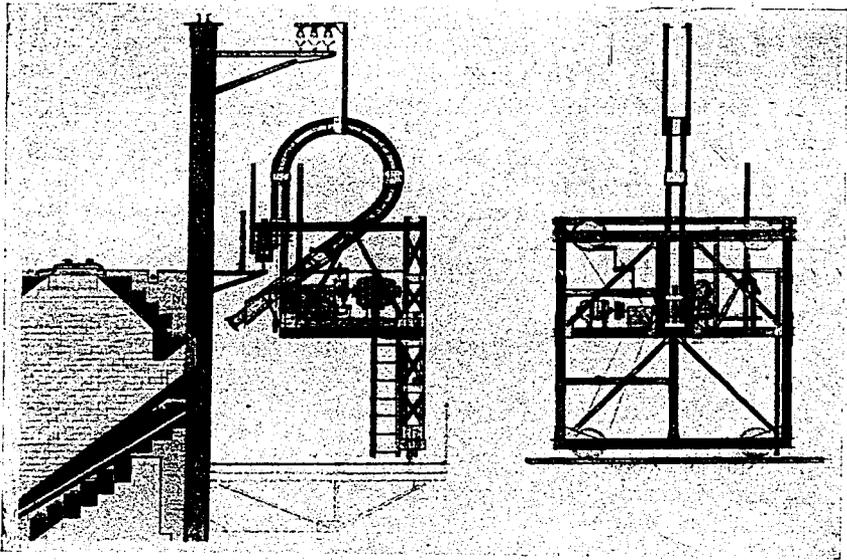


Abb. 18. Stößmaschine.

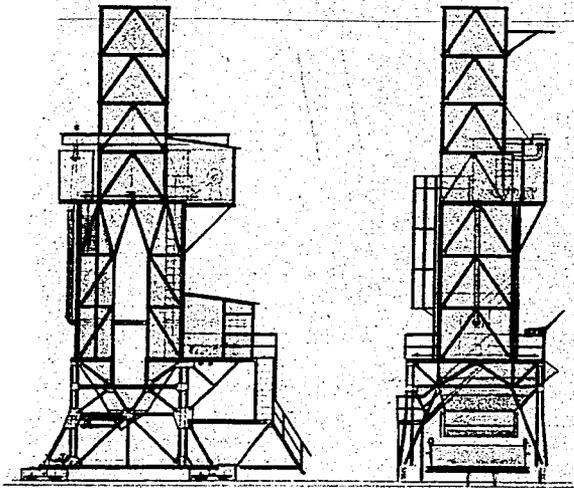


Abb. 19. Löschmaschine.

den Koks aufzunehmen, die Löschung des Koks oder seine Verteilung auf eine Löschplattform zu ermöglichen, und Gase, Dämpfe, Rauch und Staub in die Höhe abzuführen.

Der KoksLöschurm besteht aus einem fahrbaren Trog für die Aufnahme des Koks und einem aufgesetzten Schornstein, an welchem das Deckelhubwerk befestigt ist. Löschwasser wird dem Löschurm mittels eines beweglichen Schlauches zugeführt.

Das Türhebwerk wurde in Abschnitt 3 g, α eingehender beschrieben, so daß sich hier eine Erörterung erübrigt.

Der Kokstrog faßt eine Kammerladung und ist wegen seiner Beanspruchung durch die Wucht des herausstürzenden Koksstücks und durch die Wärme desselben entsprechend kräftig ausgeführt. Die innere Verkleidung des Löschtrogs, welche durch die Kokswärme am meisten leidet, ist aus Gußeisen hergestellt und leicht auswechselbar.

Das Ablöschen des Koks muß soweit erfolgen, daß er einerseits durch Luftzug nicht mehr in Brand geraten kann, aber auch nicht durch zu hohe Wasseraufnahme zu naß wird; weiter muß der Koks bei der Entnahme aus dem Löschtrog möglichst schonend behandelt werden. Das Ablöschen erfolgt durch Brausen, welche auch die Wandungen des Löschtrogs berieseln. Wird der Löschwagen als Löschmaschine benützt, so ist am unteren Ende des Löschtroges ein Drehschieber angebracht; beim Öffnen dieses Schiebers fällt der gelöschte Koks in Transportkübel bekannter Bauart.

Die Benützung des Löschwagens zum KoksLöschen bringt hohe Ausbesserungskosten an allen Eisenteilen des Bauwerks. Außerdem fällt die Löschung des Koks nicht durchweg befriedigend aus; entweder ist sie zu gering, so daß der Koks in den Bunkern oder auf dem Lager in Brand gerät, oder aber der Koks ist durchnäßt und hat dadurch geringeren Verkaufswert.

Die Erkenntnis, daß Koks nur dann richtig gelöscht werden kann, wenn man ihn flach in dünner Schicht ausbreitet, führte zu einer Abänderung des Löschverfahrens. Der KoksLöschurm dient dabei nicht mehr zum Ablöschen des Koks, sondern nur mehr als Koksbehälter. Die Berieselung mit Wasser wird nur insoweit vorgenommen, als dies zur Vermeidung schädlicher Erhitzungen der Konstruktionen des Löschturms erforderlich ist.

Der KoksLöschtrog hat bei dieser Konstruktion einen sehr breiten Drehschieber. Wird unter diesen geöffneten Drehschieber ein flacher, langer Wagen hindurchgeschoben, so verteilt sich der Koks in dünner Lage darauf und kann in einem am Ende des Ofenblocks stehenden fest aufgebauten Löschurm durch Abbrausen ohne Durchnäßung gelöscht werden. Der auf der Plattform befindliche gelöschte Koks kann in einen Transportbehälter gekippt werden; noch besser ist es, die Plattform des Wagens durch einen Kran abzuheben, denn auf diese Weise

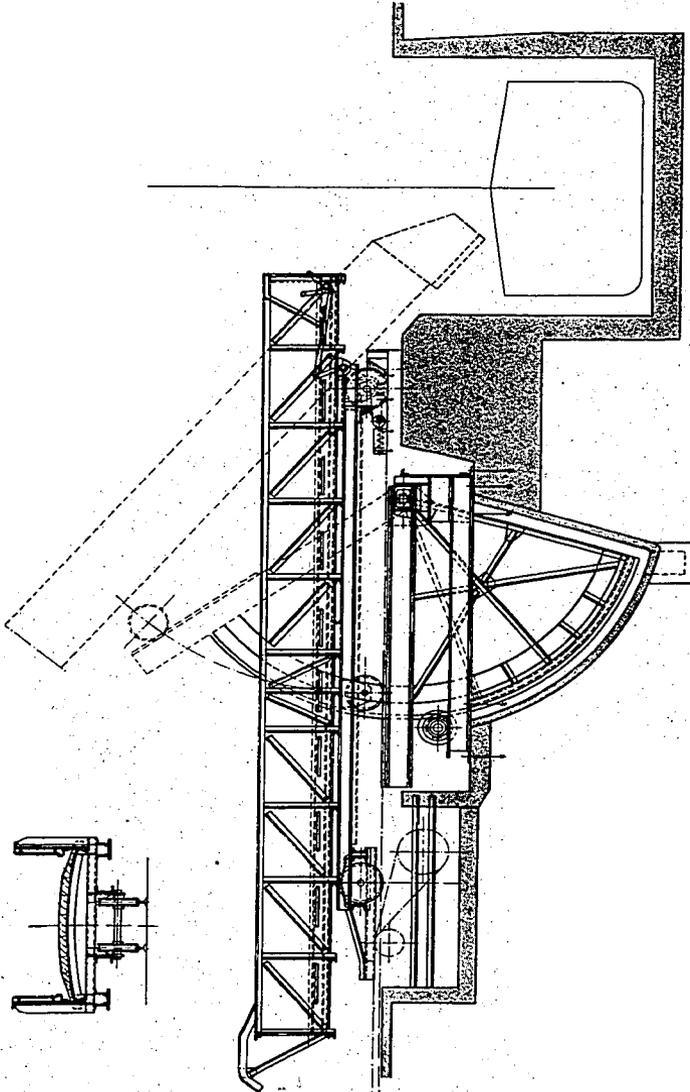


Abb. 20. Koksöschwagen mit Kippvorrichtung.

kann der Koks ohne Umladung, also ohne Zertrümmerung, auf das Lager oder zur Brechanlage gebracht werden.

Bei dieser Art der Löschung steht der Löschurm fest und ist aus Eisenbeton hergestellt. Die stark beanspruchten Teile sind mit einem

säurebeständigen Material ausgekleidet und werden daher von den Löschdämpfen und ihren Kondensaten nicht mehr angegriffen.

Der über dem Löschtrog aufgesetzte Schlot führt die bei der Entladung und Berieselung des Koks entstehenden Gase und Dämpfe, Staub und Rauch in größere Höhe ab; er ist wegen des Angriffs der in den Löschdämpfen enthaltenen Schwefeligsäure ausgemauert.

Die bei der Löschung zu vernichtenden Wärmemengen sind gewaltig; sie entsprechen bei einer 7 t Kohle fassenden Kammer der Verdampfungswärme von etwa 2700 kg Wasser = 1 600 000 kcal oder dem Gebrauchswert von 270 kg Koks.

4. Die Beheizung des Schrägkammerofens.

Die Beheizung des Schrägkammerofens erfolgt bei kleineren und mittleren Anlagen in der Regel durch eingebaute Einzelgeneratoren, bei größeren Anlagen mit Gas aus einer Zentralgeneratorenanlage.

a) Beheizung mit Einzelgeneratorgas.

Die Verwendung von Einzelgeneratoren hat den Vorzug der einfacheren Anlage, der billigeren Anlagekosten und des Fortfalls mechanischer Einrichtungen, aber auch den Nachteil, daß sehr guter Koks benötigt wird und das Generatorgas Flugasche aus dem Generator mitnimmt, wodurch die Heizzüge verlegt werden und die Bildung von Ansätzen, welche das Ofenmauerwerk schädigen können, begünstigt wird.

Bei richtiger Bedienung und großem Generatorquerschnitt liefert der Einzelgenerator ein Gas mit genügend gleichmäßiger Zusammensetzung, wobei dem Ofen nicht nur die gebundene Wärme des Generatorgases in Form seines Heizwertes, sondern auch die fühlbare Wärme zugeführt wird.

Der thermische Wirkungsgrad eines gut behandelten Einzelgenerators liegt um 90%. Er kann bis zu 93% ansteigen; d. h. 90 bis 93% der in Form von Koks zugeführten Wärme dienen zur Beheizung des Ofens.

Zur sorgsamem Bedienung eines Einzelgenerators gehört die Füllung des Generatorschachtes und das Freimachen des Rostes in regelmäßigen, nicht zu langen Zeitabständen. Eine gleichmäßig hohe Füllung des Generatorschachtes vermeidet Durchbrände und mildert den Einfluß etwa undichter Generatorfülltüren. Ein zu tiefes Herabbrennen des Generatorinhalts ist dem Bestand des Mauerwerks und des Gaskanals gefährlich; denn infolge der zu niedrigen Brennstoffschicht wird auch die wärmebindende Reduktionsschicht zu niedrig, und es entsteht dann ein kohlenensäurereiches Generatorgas, welches eine hohe fühlbare Wärme besitzt und zu Überhitzungen und damit zu Verschlackungen Anlaß gibt.

Bedingung für ein gutes Arbeiten des Generators ist ferner eine genügend große, schlackenfrei gehaltene Rostfläche. Die Belastung der Rostfläche soll bei natürlichem Zug 40 bis 60 kg je m² Rostfläche nicht übersteigen.

Die beim Schrägkammerofen verwendeten Einzelgeneratoren besitzen Schrägroste aus Lamellen, welche in einem Winkel von etwa 65° von der Oberkante der Rostfläche schräg nach unten hängend angeordnet sind. Durch diese Schräglage wird erzielt, daß die Wege der Luft und des erzeugten Gases von der Rostfläche zum Gasabgang gleich lang werden und damit die Rostbelastung sich gleichmäßig verteilt. Die Roststäbe sind mit Wasser berieselt. Die Anordnung der Türen mit fast vertikal verlaufenden Rostspalten gestattet die Besichtigung des Generatorquerschnitts und dessen Bearbeitung mit Schüreisen, so daß Schlacke- und Ascheansammlungen leicht beseitigt werden können. Die anfallende Schlacke und Asche fällt in die Rostschüssel und kann von Zeit zu Zeit entfernt werden.

Der Einzelgenerator des Schrägkammerofens erstreckt sich auf die ganze Ofenbreite und ist, um einen statisch günstigeren Unterbau für den Ofen zu erhalten, in der Mitte geteilt, so daß jeder Ofen zwei nebeneinander liegende und vollkommen selbständige Generatoren von großer Rostfläche besitzt. Jeder Generatorrost ist mit Doppeltüren versehen, in welchen sich die Schieber für die Erstluft befinden.

Hinter den Generatoren gegen die Entladeseite des Ofens sind bei den Öfen mit Einzelgeneratoren die Rekuperatoren eingebaut.

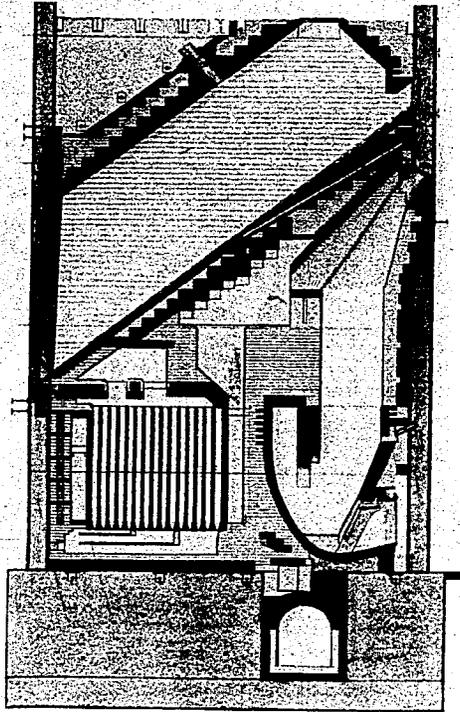


Abb. 21. Schrägkammerofen »Didier« mit eingebautem Generator.

Der große Nachteil des Einzelgenerators, daß man ihm guten Koks zuführen muß, um einen einwandfreien Generatorbetrieb zu erzielen, wurde durch die Einführung des Kleinkoksgenerators der Didier A.G. behoben. Dieser vergast Koks von folgender Zusammensetzung:

unter 3 mm Korngröße	2 bis 5%
3 bis 10 „ „	15 „ 20%
10 „ 25 „ „	80 „ 85%

Die Verarbeitung dieses sonst schlecht verwendbaren Koks wird er möglichst durch die Anwendung von Unterwind und Vorwärmung des Dampf-Luft-Gemisches, wobei Sättigungsgrad und Winddruck regelbar sind. Der Rost besitzt um eine horizontale Achse schwenkbare Rostbündel, welche das Entschlacken des Rostes sehr erleichtern.

Ein solcher Generator macht nach Untersuchungen von Professor Schläpfer von der eingebrachten Wärme 92 bis 93% nutzbar, und zwar etwa 72% in Form von gebundener Wärme als Heizwert des Generatorgases und 18% in Form von fühlbarer Wärme. Die Wärmeverluste betragen nur 8%; davon treffen etwa 6% auf das Unverbrannte in den Rückständen. Der Verlust durch Abstrahlung ist infolge der günstigen Konstruktion des Generators nur etwa 1,5%. Der Generator kann wohlweise sowohl für groben als auch für kleinstückigen Koks verwendet werden.

Beheizt man also mit Einzelgeneratoren, so wähle man solche Bauarten, die in der Lage sind, sowohl minderwertigen (kleinstückigen) als auch hochwertigem Koks wirtschaftlich zu verarbeiten. Die heißen Abgase der Öfen nütze man in Abhitzeesseln zur Erzeugung von möglichst hochgespanntem Dampf aus.

b) Beheizung mit Zentralgeneratorgas.

Die Beheizung der Öfen mit Zentralgeneratorgas hat folgende Vorteile: Es kann auch minderwertiger Koks für die Beheizung verwendet werden, es wird ein sehr reines Gas mit gleichbleibendem Heizwert hergestellt, im Ofenhaus findet keine Schlackearbeit statt, das Ofenhaus bleibt daher rein, die Feuerzüge des Ofens bleiben rein, die Einstellung eines Ofens wird wesentlich erleichtert und ein eingestellter Ofen bleibt infolge der gleichmäßigen Beschaffenheit des Zentralgeneratorgases gleichmäßig stehen. Die Bedienung der Zentralgeneratoren erfordert keine Schwerarbeit und bei größeren Anlagen eine geringere Anzahl von Mannschäften als der Einzelgeneratorbetrieb.

Die Nachteile der Zentralgeneratorgasbeheizung sind folgende: Das Gas kommt kalt zum Ofen, und die Herstellung des Gases erfordert eine eigene teure Anlage mit maschinellen Einrichtungen. Die manchmal als Nachteil angeführte angebliche Unzuverlässigkeit des Zentralgeneratorbetriebes infolge Versagens der Stromzuführung ist nicht stichhaltig, da in einem solchen Fall ohnedies für die zahlreicheren übrigen

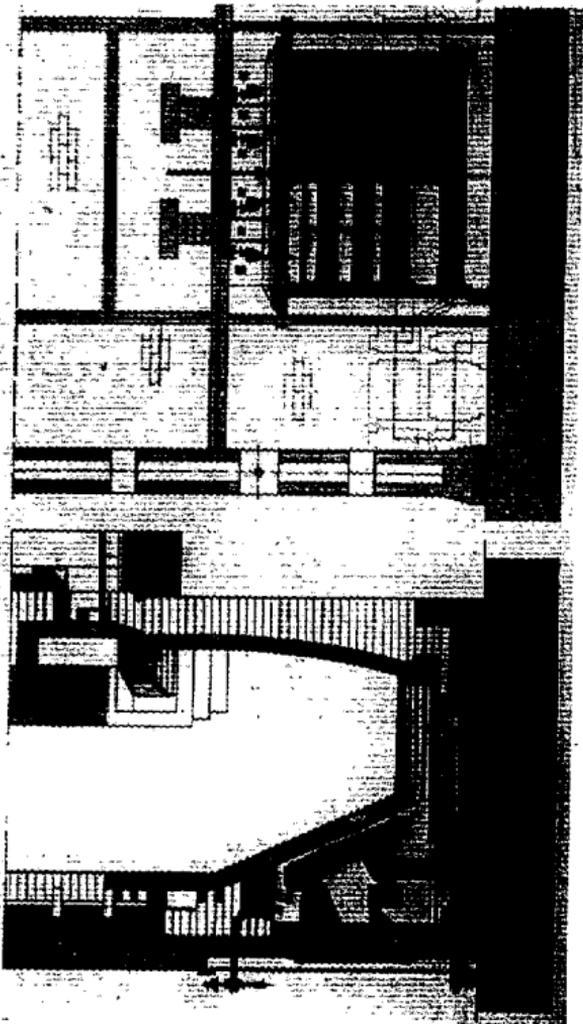


Abb. 22. Kleinkokogenerator.

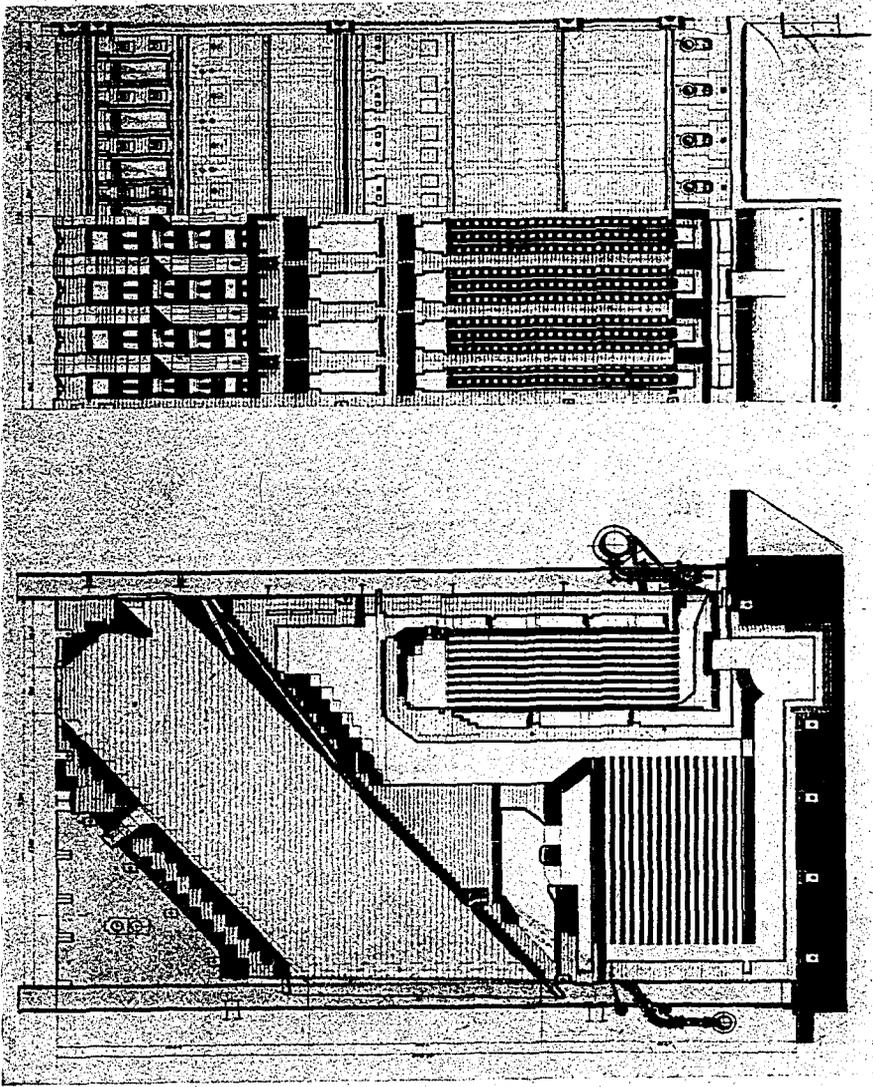


Abb. 23. Schrägkammerofen „Düler“ mit Fremdgasbeheizung (Rekupurator).

elektrisch betätigten Einrichtungen des Gaswerks zusätzliche Stromlieferungsanlagen vorhanden sind.

Im allgemeinen kann man folgendes feststellen: Der Zentralgenerator liefert zwar ein kälteres und auch etwas teureres Gas als der Einzelgenerator, aber dieser Unterschied kann durch die betrieblichen Vorteile mehr als ausgeglichen werden. Diese Vorteile sind: Möglichkeit der Verwendung von sehr kleinem, minderwertigem Koks, einfacher, gleichmäßiger Ofenbetrieb, Unveränderlichkeit der Einstellung der Öfen, Sauberbleiben der Ofenzüge und des Ofenhauses, größere Haltbarkeit der stark beanspruchten Ofenteile infolge gleichmäßiger Erhitzung.

Werden Zentralgeneratoren gewählt, so müssen dieselben die dauernde Verarbeitung von minderwertigem, kleinstückigem Koks und auch wahlweise von hochwertigem Koks ermöglichen. Dabei ist auf hohe Leistungen der Generatoren, also möglichst hohe Rostbelastung zu achten, um an Anlagekosten zu sparen. Den Generatormantel baue man als Dampfkessel (Röhrenkesselgenerator) aus und erzeuge möglichst hochgespannten Dampf, der zur Krafterzeugung verwendet werden kann. Den Abdampf der Kraftmaschine benützt man zur Befeuchtung der Unterluft des Generators. Die Ausbildung des Generatormantels als Dampfkessel erleichtert den Betrieb der Generatoren und läßt sehr hohe Rostbelastungen zu.

Bei der Beheizung des Schrägkammerofens mit Zentralgeneratorgas wird der Aufbau vereinfacht und in den Räumen zwischen den Tragpfeilern werden die Rekuperatoren oder die Regeneratoren untergebracht. Bei rekuperativer Beheizung sind, in Richtung der Kammer gesehen, die beiden Rekuperatoren (für Luft und Gas) hintereinander angeordnet und durch eine quer durch den Ofen gehende Trennwand geschieden.

Bei der Verwendung von Regeneratoren werden auch diese in dem gleichen Raum untergebracht, und zwar, durch eine Zwischen-

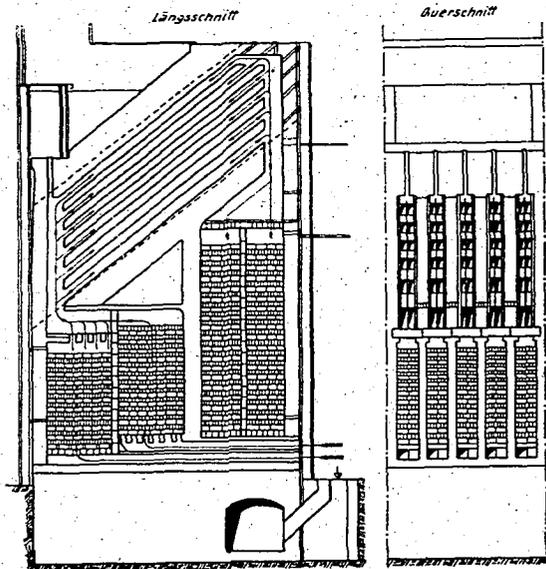


Abb. 24. Schrägkammerofen »München« mit Fremdgasbeheizung (Regenerator).

mauer getrennt, je zwei Regeneratoren (je einer für Luft und für Gas) an der Entlade- und an der Füllseite.

c) Beheizung mit Zumischung von Stadtgas.

Bei neuzeitlichen Ofenanlagen wird noch die Forderung aufgestellt, auch Stadtgas im Bedarfsfalle mit verarbeiten zu können, um entweder die Kokserzeugung zu erhöhen oder aber zeitweise überschüssiges Stadtgas — z. B. an Sonntagen — zu verbrennen. Generatorgas hat keinen nennenswerten Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen und einen niedrigen Heizwert, während Stadtgas einen weit erheblicheren Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen sowie hohen Heizwert besitzt und kalt zugeführt wird.

Die schweren Kohlenwasserstoffe haben die Eigenschaft, sich schon bei Temperaturen zwischen 500 und 700°C zu zersetzen und dabei Kohlenstoff auszuscheiden. Reines Stadtgas kann daher nicht übermäßig hoch vorgewärmt oder in zu heißen Kanälen fortgeleitet werden, ohne Betriebsschwierigkeiten herbeizuführen.

Der hohe Heizwert des Stadtgases würde zudem eine veränderte Stellung der Brenneröffnungen und der Gasverteilungsschieber verlangen. Da es aber vielfach nur zeitweise zugesetzt wird, so wäre die häufige Veränderung der Einstellung des Ofens nicht nur sehr mühsam, sondern auch für den Bestand des Ofenmauerwerks gefährlich. Diesem Übelstand wird durch Verdünnung des Stadtgases mit Rauchgasen oder Wasserdampf abgeholfen. Man ist auf diese Weise in die Lage versetzt, Stadtgas in wechselnden Mengen ohne Schädigung des Ofenbetriebes und ohne wesentliche Veränderung der Einstellung an Stelle von Generatorgas zu verbrennen.

Bei der Verdünnung des Stadtgases mit Dampf ist dafür zu sorgen, daß das Gas-Dampf-Gemisch erwärmt wird, damit sich der Dampf nicht an kühleren Stellen wieder ausscheiden kann.

Die Verdünnung des Stadtgases wird dabei so weit getrieben, daß ein Mischgas hergestellt wird, welches einen Heizwert von 1800 bis 2400 kcal/m³ besitzt. Je stärker die Verdünnung des Gases, desto mehr gleicht sich die Beheizung des Ofens mit Stadtgas jener mit Generatorgas an.

Es gibt drei Methoden, um Stadtgas zur Beheizung zu verwenden: nämlich erstens die Methode von Dr. Geipert, zweitens die auf den Hamburger Gaswerken erprobte Zusetzung des Stadtgas-Rauchgas-Gemisches seitlich vom Einzelgenerator in den Gaskanal und drittens die ebenfalls von den Hamburger Gaswerken durchgeführte wahlweise Beheizung rekuperativ, fremdgasbeheizter Öfen mit Stadtgas-Rauchgas-Gemisch.

α) Die Stadtgaszumischung nach Dr. Geipert.

In Abb. 25 ist die Stadtgaszuführung in den Einzelgenerator nach Dr. Geipert angegeben. Bei dieser Konstruktion wird das Stadtgas unmittelbar in den Generatorschacht eingeleitet, wodurch die schweren Kohlenwasser-

stoffe in der heißen Koks-
schicht des Generators zer-
setzt werden und dabei Koh-
lenstoff abscheiden. Beim
Hindurchstreichen durch die
glühende Schicht wird das
Stadtgas angewärmt. 20 bis
30% der zur Unterfeuerung er-
forderlichen Koksmenge kön-
nen auf diese Weise durch
Stadtgas ersetzt werden, ohne
daß eine Verstellung der
inneren Regeleinrichtung des
Ofens vorgenommen wird. Ist
das Stadtgas heizwertärmer,
so können größere Mengen
zugeführt werden als im um-
gekehrten Fall. Die Zufüh-
rung von Stadtgas in den
Generator ist dadurch be-
schränkt, daß dessen Inhalt
durch das Stadtgas nicht zu
sehr abgekühlt werden darf,
denn sonst würde der Ge-
neratorwirkungsgrad infolge
Abkühlung der Reduktions-
schicht stark sinken.

β) *Zumischung des Stadtgases
in den Generatorgaskanal.*

Abb. 26 zeigt die An-
ordnung einer Stadtgaszufüh-
rung mit Rauchgasverdün-
nung. Die Rauchgase werden
mittels eines Ventilators dem
Rauchkanal entnommen und
zusammen mit dem Stadtgas
seitlich des Generators dem
Gaskanal des Ofens zuge-
führt¹⁾.

Bei dieser Art der Zuführung kann etwa 50% der Koksmenge
durch Stadtgas ersetzt werden. Dabei ist etwa 1,7 m³ Stadtgas mit einem

¹⁾ Dipl.-Ing. E. Selberg, »Stadtgasbeheizung von Öfen mit Einzelgeneratoren
im Gaswerk Grasbrook« GWF 76 (1933) S. 661.

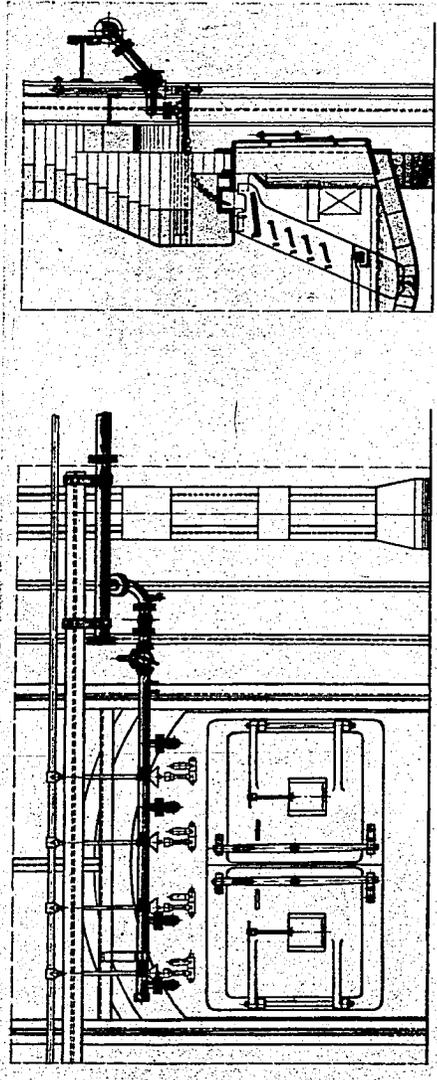


Abb. 25. Stadtgaszuführung in den Generator nach Dr. Geipert.

Heizwert von 4300 kcal einem kg Koks gleichzusetzen. Bei einem höheren Stadtgaszusatz sinkt der Generatorwirkungsgrad infolge mangelhafter Wärmeentwicklung zu sehr.

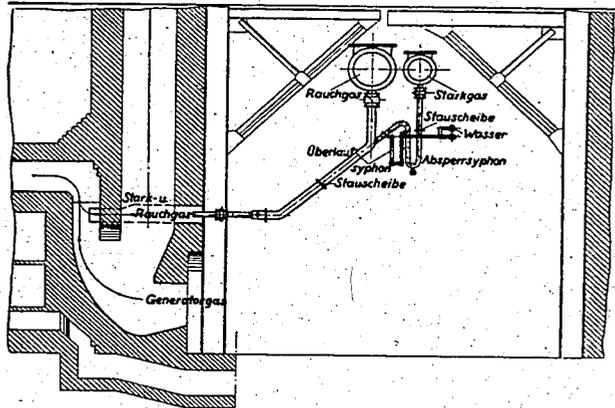


Abb. 26. Verdünnung des Stadtgases mit Rauchgas (GWF 1933, S. 665, Abb. 14).

Die Didier A. G. hat einige Änderungen dieser Art der Gaszuführung vorgenommen, indem sie das Gemisch in einem kleinen Rekuperator noch vorwärmt.

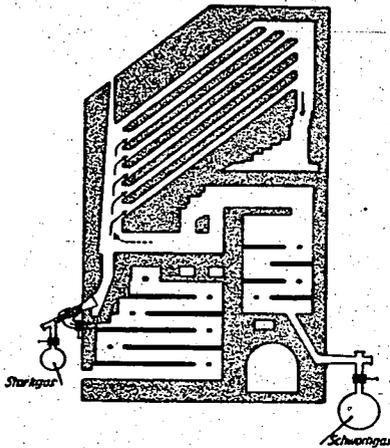


Abb. 27. Schrägkammerofen mit Schwach- und Starkgasbeheizung (GWF 1930, S. 1177, Abb. 1048)

γ) Zumischung des Stadtgases bei Fremdgasbeheizung.

Bei Zumischung des Stadtgases in fremdgasbeheizten Öfen wird dasselbe mit Hilfe von Rauchgas auf einen Heizwert von 1800 bis 2400 kcal verdünnt und in die Rekuperation für das Generatorgas eingeleitet. Bei einer solchen Verdünnung ist es nicht erforderlich, an der Ofeneinstellung eine Veränderung vorzunehmen. Es sind lediglich die Ventile für die beiden Heizgase zu bedienen. Dabei kann Generatorgas und verdünntes Stadtgas nach Belieben wechselweise verwendet werden.

Durch Sicherungsmaßnahmen wird verhütet, daß unverdünntes Stadt-

gas in den Rekuperator gelangen kann, weil sonst Zerstörungen am Ofenmauerwerk eintreten würden¹⁾.

Die Wirtschaftlichkeit der Verwendung des Stadtgases ist dann gegeben, wenn der Erlös für die Mehrerzeugung an Koks und sonstigen Nebenprodukten den Beschaffungspreis der Kohle übersteigt oder wenn hierdurch betriebliche Vorteile erzielt werden können, z. B. die gleichmäßige Belastung der Ofenanlage auch während der Sonn- und Feiertage oder die vorläufige Ersparung des Baues eines Gasbehälters.

5. Die Wassergaserzeugung in Schrägkammeröfen.

Auch in Schrägkammeröfen ist zur Erhöhung der Gasausbeute die Erzeugung von Wassergas möglich, jedoch sind infolge der verhältnismäßig niedrigen Kohlschicht die zuführbaren Wasserdampfmenge etwas geringer als z. B. beim Vertikalkammerofen.

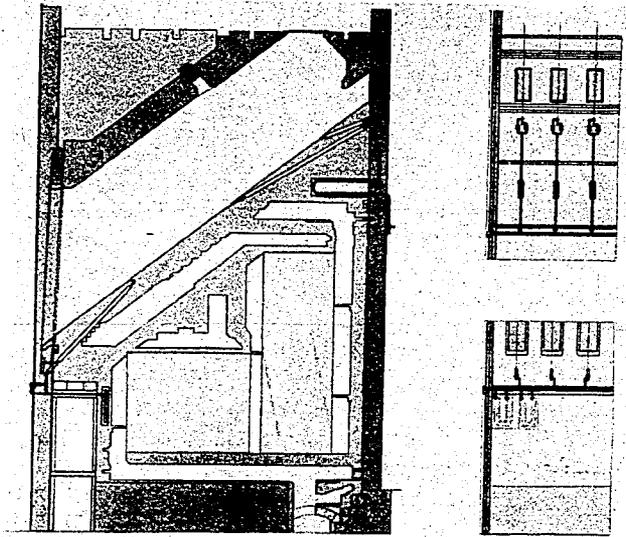


Abb. 28. Dampfeinführung in die Kammern.

Der Wasserdampf wird meist an drei Stellen der Kammersohle eingeführt; seine Zuführung erfolgt durch Rohre aus hochwertigem Stahl, die in besondere Kanäle im Tragpfeiler der Kammersohle eingeschoben werden. Das vordere Ende der Dampfeinführung in die Kammer besteht aus einem Schamotterrohr. Damit der Dampf trocken

¹⁾ H. Müller, »Die Stadtgas-Ofenbeheizung in betrieblicher und wirtschaftlicher Hinsicht« GWF 73 (1930) S. 1177/80.

und möglichst hoch erhitzt in die Kammer kommt — wodurch die Wassergaserzeugung begünstigt wird —, läßt man zuerst den Dampf durch kleine Überhitzerschlangen, die im Ofenmauerwerk untergebracht sind, hindurchstreichen. Man sorgt bei allen diesen Einrichtungen dafür, daß die Metallrohre nicht mit strömenden Feuergasen in Berührung kommen, weil sonst die Gefahr der Zerstörung bestünde. Alle Dampfzuführungsrohre sind im Betriebe auswechselbar.

Die durch die Dampfzuführung in dem Ofen erzeugte Mehrmenge an Gas darf im Mittel auf etwa $10 \text{ m}^3/100 \text{ kg}$ Kohle veranschlagt werden, sie kann aber auch wesentlich (bis zu 17 m^3) gesteigert werden.

6. Die Abwärmeverwertung beim Schrägkammerofen.

Schrägkammeröfen mit Einzelgeneratorbeheizung haben nach der Rekuperation eine Rauchgastemperatur von 550 bis 600° . Durch mit

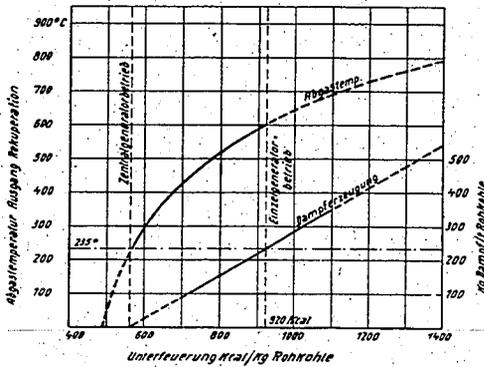


Abb. 29. Abhängigkeit zwischen Untereuerungsverbrauch, Abgastemperatur und Dampferzeugung aus den Abgasen.

Saugzug betriebene Abhitze-kessel läßt sich diese bis herab auf 230° ausnützen und es können je kg Rohkohle noch etwa $0,20 \text{ kg}$ Dampf mit 4 at erzeugt werden. Ist die Abgastemperatur höher oder niedriger, so läßt sich die mögliche Dampferzeugung annähert in Abb. 29 aus dem Wärmeverbrauch je kg Rohkohle ermitteln.

Durch Anwendung des Verfahrens von Dr. Geipert, bei welchem Rauchgase mit höherer Temperatur den Zügen der Rekuperation entnommen

werden, läßt sich die Dampferzeugung erhöhen und damit an Baukosten für die Dampfkesselanlage sparen.

7. Der Ofenbetrieb.

a) Das Austrocknen (Trockenheizen) des Ofens.

Die Inbetriebsetzung eines jeden Gaserzeugungsofens muß langsam und vorsichtig erfolgen, damit sich die Spannungen im Steinmaterial und Mauerwerk ausgleichen können und nicht vorzeitig Risse entstehen. Besondere Vorsicht ist bis zur Erreichung der Temperatur von 400° zu beachten. Auch soll dem im Bauwerk noch vorhandenen Wasser genügend Zeit gegeben werden, um langsam und ohne Sprengwirkung zu verdampfen.

Deshalb muß bei neuen Öfen und auch solchen, welche einer größeren Ausbesserungsarbeit unterzogen worden sind, der Inbetriebsetzung eine Austrocknungszeit von längerer Dauer vorangehen. Bei neuen Öfen rechnet man mit einer mindestens 4- bis 6wöchigen Trocknungszeit. Zum Austrocknen läßt man durch die Züge des Ofens heiße Luft und Rauchgase hindurchströmen, welche viel Wasserdampf aufzunehmen vermögen.

Bei Öfen mit Einzelgeneratoren wird zur Erzeugung der heißen Gase im Generator ein Koksfeuer unterhalten, welches bei fortschreitender Trocknung immer mehr und mehr in seiner Wirkung gesteigert wird. Um ein zu rasches Ansteigen der Temperaturen im Ofen zu vermeiden, verfolgt man den Trocknungsvorgang mittels Thermometer.

b) Das Hochheizen und die Inbetriebsetzung.

Ist der Ofen trocken geworden, so wird der Generator etwas höher aufgefüllt, jedoch zunächst nur so weit, daß die durch den gelüfteten Generatorfülldeckel eintretende Luft nicht durch die Koksschicht hindurchstreichen muß, sondern mit dem erzeugten Generatorgas verbrennen kann. Hierdurch wird der zu den Brennern führende Gaskanal erhitzt. Herrscht an den Brennern (vorne unten an der Entladeseite) Rotglut, ist also die Entzündungstemperatur für das Generatorgas vorhanden, so wird der Generator höher aufgefüllt, der Fülldeckel geschlossen, die Unterluftschieber an den Generatortüren geöffnet und das Generatorgas nicht mehr im Gaskanal, sondern vorne an den Brennern mit Hilfe der durch Mauerwerksöffnungen von außen her eintretenden Luft verbrannt. Ist dann der vertikale Heizzug an der Entladeseite bis zur Rotglut erwärmt, so wird die Verbrennungsluft durch die Zweitluftschieber des Ofens eingelassen und die Mauerwerksöffnungen an der Vorderfront geschlossen. Dabei ist sorgfältigst darauf zu achten, daß Gas und Luft in jedem der schrägen Heizzüge verbrennen. Nötigenfalls muß mit einer brennenden Lunte die Entzündung herbeigeführt werden. Ist das Gas an allen Brennern entzündet, so besteht bei genügender Luftzufuhr (d. h. bei größerem Luftüberschuß) keine Explosionsgefahr im Ofen mehr. In der Folge wird die Generatorleistung gesteigert, damit die Heizzüge der ganzen Länge nach rotglühend werden und die Erwärmung sich durch die Rekuperation bis zum Schornstein hinzieht.

Mit wärmer werdendem Ofen steigt der Kaminzug rasch an, der Generator arbeitet lebhafter und es ist dafür Sorge zu tragen, daß der Ofen nicht plötzlich zu heiß wird oder, wie der Fachausdruck sagt, durchgeht.

Ehe man bei einem bereits genügend heißen Ofen an die Grobregelung der Temperaturverhältnisse herangeht, wird der Ofenzug auf das erfahrungsgemäß niedrigste Maß (± 0 mm am oberen Ende des zweiten

Heizzugs von oben gerechnet) durch Drosselung der Rauchgasabgänge in den Rauchkanal und der Schieber beim Absturz der Rauchgase aus der Heizwand herabgedrosselt. Die Regelsteine der Brenner werden schon beim Ofenaufbau so gestellt, wie sie erfahrungsgemäß bei einem richtig eingeregelter Ofen stehen sollen. Da aber ein jeder Ofen individuelle Unterschiede aufweisen kann, muß diese Einstellung manchmal geändert werden.

Ist der Ofen zunächst genügend gleichmäßig warm, so muß an die Füllung der Kammern gegangen werden, denn die Feinregelung der Ofentemperaturen kann man nur vornehmen, wenn der Ofen arbeitet und Kohle entgasen muß. Eine Heizwand, welche vor der Füllung einen guten, gleichmäßig beheizten Eindruck macht (weil innerhalb der Kammern durch Strahlung Temperatenausgleich eingetreten ist), kann nach der ersten Entleerung infolge zu geringer Gaserzeugung des Generators und ungenügender Luftzufuhr hinsichtlich der richtigen Temperaturverteilung einen geradezu traurigen Anblick bieten. Damit der Kohle die zur Entgasung nötige Wärmemenge zugeführt wird, müssen daher vor der Füllung der Kammer die Luftschieber des Generators und des Ofens auf das erfahrungsgemäß richtige Maß eingestellt werden. Die Einstellung der Luftschieber erfolgt mittels eines auf einem langgestielten kleinen eisernen Löffel liegenden Kohlestückchens, welches in den Heizzug eingeführt wird. Brennt das Kohlestückchen, so ist Luftüberschuß vorhanden, gast es, ohne zu brennen, so ist Luftmangel vorhanden. Ein solcher Luftmangel wird schon angezeigt, ehe durch einen Kohlenoxydüberschuß die bekannte bläuliche Färbung im Heizzug auftritt.

Einige Stunden nach der ersten Füllung kann mit der Feinregelung der Temperaturverteilung begonnen und im Laufe der nächsten Tage und Wochen Gas und Luft zielbewußt so eingestellt werden, daß die Temperaturverteilung immer besser wird.

Durch Beobachtung der Verbrennung mit Hilfe von Schauöffnungen wird festgestellt, ob sich nicht örtlich zu heiße Stellen entwickeln, die dem Bestand des Mauerwerks gefährlich werden könnten. In einem solchen Fall muß sofort durch Verminderung der örtlichen Wärmeentwicklung — z. B. in den ersten Brenneröffnungen durch Einlegen von Steinen — Abhilfe geschaffen werden. Ergibt sich umgekehrt nach einigen Tagen, daß eine Heizwand nicht warm genug wird, dann werden in dieser Heizwand die Öffnungen zwischen Gas und Luft vergrößert. Die Feinregelung ist eine Arbeit von längerer Dauer. Sie wird durch unregelmäßigen Gang des Generators gestört, weil dann die Verbrennung sich durch Gasmangel oder Gasüberschuß ändert. Außerdem erhöhen sich die Temperaturen mit näher heranrückender Entleerung der Kammern und gleichen sich hierdurch etwas aus. Die Einregelung muß daher bei gleichem Generatorzustand und zur gleichen Zeit nach

der Füllung vorgenommen werden. Zur Feinregelung gehört auch die Einstellung des richtigen Verhältnisses von Gas und Luft in jedem Heizkanal entweder mit Hilfe des Kohlennäpfchens oder eines Orsat-Apparates oder eines selbstschreibenden Gerätes.

Öfen, welche mit Zentralgeneratorgas geheizt sind, werden wie folgt behandelt. Man öffnet die Mauerstöpsel vorne an den Brennern an der Entladeseite und über dem Gaszutritt zur Rekuperation, läßt durch diese Öffnungen Luft eintreten und führt in die Öffnung über der Generatorgaszufuhr vor dem Öffnen der Gasventile dauernd brennende Zündflammen, die mit Stadtgas gespeist werden, ein. Die Zündflammen haben den Zweck, das Gas-Luft-Gemisch dann zu entzünden, wenn Unterbrechungen in der Zufuhr des Generatorgases stattfanden. Daher muß das Brennen der Zündflammen sorgsamst überwacht werden. Ist durch diese Beheizung die Austrocknung des Ofens genügend weit vorgeschritten, so wird das Generatorgas mit Hilfe von Dauerzündflammen an den ersten Brennern (an der Entladeseite) entzündet und die Luftzufuhr über der Generatorgaszuführung abgestellt. Die brennende Zündflamme darf erst dann entfernt werden, wenn an den ersten Brennern Rotglut, d. h. Zündtemperatur vorhanden ist. Hierauf wird, wie vorher beim Ofen mit Einzelgenerator beschrieben, weiterverfahren, der Zweitlufteintritt zur Rekuperation geöffnet und die von außen an der Vorderfront des Ofens den Brennern zugeführte Luft schrittweise zugemacht.

Die Einregelung der Öfen, welche mit Zentralgeneratorgas geheizt werden, wird durch die gleichmäßige Beschaffenheit des Generatorgases wesentlich erleichtert. Schwankungen in der Beheizung der Öfen durch wechselnde Koksqualitäten oder durch die Bedienung des Generators sind sehr selten.

Bei der Inbetriebnahme von Öfen aller Art machen sich manchmal unerklärliche Störungen bemerkbar, z. B. wird eine Heizwand trotz aller Bemühungen nicht warm oder nur teilweise warm; das Verstellen von Regelsteinen wirkt nicht, bis dann plötzlich die Heizwand mit einem Schlage warm wird. Solche Störungen sind durch Stauungen von Wasserdampf oder von kühleren Gasmengen in den hochgelegenen Heizzügen verursacht. Die Gasmengen fließen infolge einer solchen Stauung nicht ab und wirken daher wie Verstopfungen der Heizzüge.

c) Der Ofenbetrieb.

Je nach Kammerbreite und Kohlsorte ist die Ausstehzeit einer Kammer verschieden. Eine vorne 48 cm breite Kammer steht in etwa 22—24 h, eine 41 cm breite in 16,5 h, eine 34 cm breite in 11 bis 12 h aus. Trotz der mit der Länge der Entgasungszeit schlechter werdenden Gasqualität ist es möglich, den Kammerofenbetrieb in täglich zwei an Stelle von drei Arbeitsschichten durchzuführen, so daß eine eigentliche Nachtschicht

für den Ofenbetrieb entfällt, wenn man zwischen der ersten und zweiten Schicht eine Zwischenpause von 2 bis 3 h einschaltet. Bei genügend großem Gasbehälterinhalt und richtig liegendem Gaseintritt gleicht sich der Unterschied in der Gasbeschaffenheit infolge der Strömung im Behälter aus.

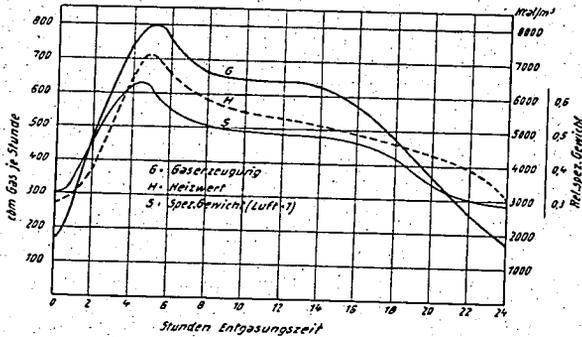


Abb. 30. Verlauf der Gaserzeugung, des Heizwertes und der relativen Dichte bei Entgasung der Kohle in einer Kammer.

Abb. 30 zeigt den Verlauf der Gaserzeugung, des Heizwertes und der relativen Dichte bei der Entgasung der Kohle in einer Kammer. Die Unterschiede im Heizwert lassen sich durch Verschiebung der Füllzeiten der Kammern ziemlich gut ausgleichen.

α) *Das Entleeren und Füllen der Kammern.*

Die Kammern werden in jeder Schicht in regelmäßiger Folge entleert. Es geschieht dies folgendermaßen: Etwa 3 min vor der Entleerung der Kammer wird Tauchung hergestellt, d. h. das Gasabgangsrohr der Kammer wird in der Vorlage durch Anstauung der Flüssigkeit (Abschluß des Ablaufs und Öffnung des Gaswasserzulaufs) von der Hauptgasleitung abgeschlossen. Ist Tauchung hergestellt, dann öffnet die Füllmannschaft unter Entzündung des Gases die Fülltüre, um übermäßigen Gasdruck in der Kammer zu beseitigen. Auf ein von der Füllmannschaft gegebenes Lautsignal öffnet die Löschturmmannschaft die Entladetüre, und der Koks rutscht mit großer Wucht aus der Kammer heraus in den Trog des Löschturms. Nach dem Reinigen des Unterteils der Sitzflächen der Entladetüre wird diese geschlossen und die Füllmannschaft durch ein Signal vom dichten Abschluß der Türe verständigt. Inzwischen hat die Füllmannschaft den Füllwagen nahe an die Kammer herangefahren, die Innenseite des Fülldeckels gereinigt, das Gasabgangsrohr von der Reinigungsöffnung zur Kammer und, wenn erforderlich, auch zur Vorlage befahren und die Reinigungsöffnung des Gasabgangsrohres geschlossen. Der Füllwagen wird an die Kammer herangebracht, die

Zwischenschurre eingesenkt, der Drehschieber des Füllwagens geöffnet und die Kohle in die Kammer in ungefähr 20 s eingefüllt. Nach dem Füllen wird etwa verstreut liegende Kohle in die Kammer gekehrt, der Deckel der Fülltüre geschlossen und die Tauchung aufgehoben.

In der Zwischenzeit hat die Löschturmmannschaft für die Löschung des Koks bzw. für die Entleerung des Löschtrogs gesorgt. Die Füllmannschaft füllt den Füllwagen am Zentralbunker und fährt ihn in die Nähe der nächsten Kammer.

Will der Kokskuchen nicht von selbst aus der Kammer herausrutschen, dann geht der eine Mann der Füllmannschaft zur Stoßtüre hinab, öffnet diese, und auf ein Signal wird der Stößel angesetzt.

Durch die Art der Konstruktion der Maschinen und Türen wird erreicht, daß sich das Arbeitsspiel ohne Hast und ohne besondere Kraftanstrengung für die Mannschaft abwickeln kann.

β) Das Entfernen des Graphits von den Kammerwänden.

Ist ein Ofen längere Zeit in Betrieb gewesen, so scheidet sich an den heißen Kammerwänden durch Zersetzung der schweren Kohlenwasserstoffe des Gases Kohlenstoff (Graphit) ab. Die Abscheidungen sind an den heißen Stellen der Ofenwand dicker als an den weniger heißen. Bei gleichmäßiger Beheizung der Wand ist auch die Abscheidung gleichmäßig. Der an den Wänden haftende Graphit verengt den Kammerquerschnitt besonders an der Entladeseite und muß in Abständen von 5 Wochen bei trockenem Betrieb und von 11 bis 12 Wochen bei nassem Betrieb entfernt werden. Das Ablösen des sehr fest an der Kammerwand haftenden Graphits wird begünstigt durch eine Abkühlung, indem man einige Stunden bei etwas geöffneter Entladetüre und geöffneter Fülltüre Luft in die Kammern streichen läßt. Dadurch lösen sich die Graphitplatten von den Kammerwänden meist von selbst oder können mit Widerhaken heruntergeholt werden.

Nach dem Entgraphiten sind die Kammerwände nicht mehr vollkommen dicht, weil der abdichtende Graphit fehlt. Im Laufe der nächsten Tage aber schließen sich die Risse im Mauerwerk durch erneute Graphitablagerungen in den Rissen und an den Wänden.

γ) Das Reinigen der Vorlage.

Bei gut gefüllten Kammern scheidet sich in der Vorlage fast kein Dickteer ab. Die Bedienung beschränkt sich in solchen Fällen auf das tägliche Nachsehen, ob Dickteeransammlungen vorhanden sind. Treten solche durch unrichtige Füllung der Kammer auf, so sind sie umgehend zu beseitigen.

δ) Das Ausbessern des Ofenmauerwerks.

An jedem Gaserzeugungsofen ergibt sich einmal die Notwendigkeit, Risse im Mauerwerk des Entgasungsraumes im Betriebe abzudichten.

Das Abdichten erfolgt mit Hilfe von plastischen Sondermörteln, welche auf eine Kelle keilförmig aufgeklebt und rasch in die Fuge eingepreßt werden. Diese Arbeit erfordert bei langen Entgasungsräumen einige Erfahrung und Geschicklichkeit. Es empfiehlt sich, zur Herstellung der Abdichtungskitte nicht irgendeines der Geheimrezepte zu benutzen, sondern die bewährten Mittel der Ofenbaufirmen.

Ausbesserungen an Kammerwänden von Öfen, welche sich außer Betrieb befinden, sind deshalb sehr einfach vorzunehmen, weil die Kammern des Schrägkammerofens infolge ihrer Weite von 48 bzw. 37 cm begehbar sind.

Mit der Ausbesserungsarbeit wird verbunden ein gründliches Säubern des Generators, ein Ausbessern seiner Wände, die Reinigung des Gaskanals von Flugasche, die Reinigung der Rekuperatoren, das Ölen und Anstreichen der Ausrüstungen, das Nachsehen der Verankerungen, der Türen und der Abdichtungen der Türrahmen am Mauerwerk.

Öfen, welche mit reinem Zentralgeneratorgas geheizt werden, bedürfen keiner besonderen Reinigung der Kanäle, sofern nicht die Verbrennungsluft erhebliche Staubmengen in den Ofen bringt.

e) Der Generatorbetrieb.

Das Auffüllen der Einzelgeneratoren des Schrägkammerofens erfolgt in jeder Schicht nur einmal, weil der Inhalt des Schachtes so groß ist, daß er genügend Vorrat für den 8stündigen Betrieb aufnehmen kann, ohne daß der Koks zu weit herabbrennt. Das Auffüllen des Generators muß jedoch in regelmäßigen Abständen vorgenommen werden. Das Freimachen des Rostes und das Entschlacken des Generators geschieht in jeder Schicht einmal. Besonders schlechter Koks erfordert in der Zwischenzeit ein nochmaliges Aufstochern.

Bei Doppel-Generatoren empfiehlt es sich, das Entschlacken der beiden Generatoren um 4 h zu versetzen, damit das Generatorgas gleichmäßig wird.

d) Die Bedienungsmannschaft.

Man rechnet für den durchgehenden Betrieb der Öfen in größeren Anlagen in jeder Schicht:

- 1 Mann für die Ofenaufsicht (Meister),
- 2 Mann für die Füllung der Kammern und die Bedienung der Stoßmaschine,
- 2 Mann für den Löschwagen,
- 1 Mann für den Einzelgeneratorbetrieb,
- 1 Mann für die Schlackenabfuhr und Reinhaltung des Ofenhauses,
- 1 Mann für die Instandhaltung des Ofenmauerwerks (Betriebsmurer), nur in der Tagschicht,
- 1 Mann für den Koksabtransport beim Löschen.

Bei Öfen, welche sich in gutem Betriebszustand befinden, werden stündlich durchschnittlich 5 bis 6 Kammern entladen. Da die Mannschaft neben der Füllung und Entleerung der Kammern noch das Abschmieren der Maschinen und kleinere Instandsetzungsarbeiten zu verrichten hat, so kann sie in einer 8stündigen Schicht ($\frac{1}{2}$ h Pause eingeschlossen) etwa 30 bis 36 Kammern bis zu einem Fassungsvermögen von 11 t je Kammer, oder 300 bis 360 t Kohle ohne Mühe durchsetzen. Bei länger im Betrieb befindlichen Öfen kann diese Leistung nachlassen.

Die Leistungszahlen stellen nicht Höchstleistungen, sondern im Dauerbetrieb erreichte Ziffern dar.

e) Die Zurückstellung und die Außerbetriebsetzung des Schrägkammerofens.

Neben der sorgsamsten Überwachung des Ofenbetriebs spielt die schonend durchgeführte Zurückstellung und Außerbetriebsetzung des Ofens für die Lebensdauer der Kammerwände eine besondere Rolle; denn hierdurch können die von den Firmen zugesicherten 1000 Feuertage vervielfacht werden.

α) Die Zurückstellung.

Soll ein Ofen zurückgestellt werden, so ist die Erst- und Zweitluftzufuhr soweit abzudrosseln, daß die Ofentemperatur nicht zu hoch wird. Es empfiehlt sich, die Verengung der Eintrittsöffnung nach einem bestimmten Erfahrungswert mit dem Maßstab einzustellen, um Irrtümer zu vermeiden. In die Zweitluftöffnung kann man vorrätig gehaltene Drosselsteine einschieben, ohne den Schieber in seiner Stellung zu verändern. Dies hat den Vorteil, daß nach dem Herausnehmen der Drosselsteine die richtige Schieberstellung für den Vollbetrieb unverändert wieder vorhanden ist. Erfolgt die Zurückstellung auf längere Zeit, so ist es zweckmäßig, auch die Rauchgasschieber zu drosseln.

β) Die Außerbetriebsetzung.

Die Außerbetriebsetzung eines Ofens sollte so langsam wie möglich erfolgen, damit innerhalb des Mauerwerks Temperaturspannungen vermieden werden.

Bei Außerbetriebsetzungen für längere Zeit wird mittels der Ventile die Hauptgasleitung und ebenso jede Fremdgasleitung abgeschlossen. Zur Sicherheit werden hinter den Ventilen Blindflansche (Blechscheiben) mit langem rotgestrichenen Stiel eingesetzt; der Stiel dient zur Kennzeichnung der Lage des Blindflansches. Hierauf wird die Zweitluftgeschlossen (beim Einzelgenerator auch die Erstluft), diese Luftschieber, alle sonstigen Öffnungen und Mauerwerksrisse sorgfältig abgedichtet und der Ofen (nach Entleerung des Generators bei Einzelgeneratorbetrieb) sich selbst überlassen. Will man einen Ofen rascher außer Betrieb nehmen, so werden ebenfalls die Gasventile geschlossen, Blind-

flansche eingezogen und die Zweitluft fast ganz abgesperrt, so daß nur wenig Luft durch die Feuerzüge streichen kann. Ein geringes Lüften der Entladetüre und der Fülltüre fördert die Abkühlung.

Eine unvorsichtig und zu rasch vorgenommene Außerbetriebsetzung eines Ofens richtet erheblichen Schaden im Mauerwerk an, denn es treten zahllose Risse auf. In einer stillen Nachtstunde kann man das leise Klingen hören, das durch die beim Abkühlen entstehenden Sprünge erzeugt wird.

8. Die Überwachung des Ofenbetriebs.

Die Überwachung des Ofenbetriebs erstreckt sich auf die Beobachtung des Temperaturzustandes und der Zugverhältnisse des Ofens, des Generatorbetriebs, des Zustandes des äußeren Ofenmauerwerks, der Vorlagen, der Ausrüstung und der Maschinen.

Die Eintragung sämtlicher Beobachtungen in ein Betriebstagebuch ist für eine erfolgreiche Betriebsführung erforderlich, damit sowohl der Betriebsleiter als auch bei Schichtwechsel der nachfolgende Meister sich unterrichten kann.

a) Die Temperaturüberwachung.

Die Überwachung des Temperaturzustandes der Heizzüge erfolgt täglich mehrmals und regelmäßig mit Hilfe der an der Ofenrückwand und der Ofendecke angebrachten Schauöffnungen.

Im allgemeinen genügt die Beobachtung der Temperaturen und ihrer Verteilung durch das geübte Auge, doch ist es unerläßlich, diese Schätzungen von Zeit zu Zeit durch ein optisches Pyrometer nachzuprüfen, um so das Auge des Beobachters zu schulen.

Mit dem optischen Pyrometer ermittelt man die höchsten Temperaturen unten in den Heizzügen (etwa 6 bis 9 m vom Auge entfernt). Es ist zwecklos, mit kurzen Thermoelementen Heizzugtemperaturen bestimmen zu wollen, ganz abgesehen davon, daß kohlenoxydhaltige Gase die wertvollen Thermoelemente rasch zerstören.

Die Temperaturbeobachtung mittels des bloßen Auges ist nur dann richtig, wenn die direkten Sonnenstrahlen abgehalten werden. Nachts erscheinen die Temperaturen in den Heizzügen immer höher als am Tage. Die Temperatur von gut beheizten Heizzügen soll ein sehr helles Gelb (1260°) nicht überschreiten. Ins Weißliche gehende Färbungen sind verdächtig, weiße flimmernde Stellen äußerst gefährlich für den Ofenbestand und erfordern sofortige Abhilfe.

Die Temperatur in einem Heizzug soll von der Entladeseite zur Füllseite hin gleichmäßig abnehmen. Der Heizzug darf auch nicht zuerst dunkel, dann lell, und wieder dunkler erscheinen. Das würde bedeuten, daß an der Entladeseite eine zu niedrige Temperatur vorhanden ist und die Verbrennung erst im schräg ansteigenden Heizzug richtig be-

gint. Eine Verstärkung der Vorverbrennung im aufsteigenden Teil der Gas- und Luftzuführung an der Füllseite behebt diesen Mangel.

In vertikal übereinanderliegenden Heizzügen soll gleich hohe Temperatur und gleichartige Temperaturverteilung vorhanden sein.

Die Beobachtung der Temperaturen nach dem Abgang der Rauchgase aus der Heizwand soll nicht übersehen werden. Sie gibt Aufschluß, ob Nachverbrennung vorhanden ist; diese tritt dann auf, wenn Gas und Luft im Heizzug wegen ungenügender Durchmischung nicht vollkommen verbrennen, oder wenn ein Heizzug Luftüberschuß und ein anderer Gasüberschuß führt. Infolge der Durchmischung der noch brennbaren Teile aus den verschiedenen Heizzügen findet am Absturz der Rauchgase an der Ladeseite bei der nächsten scharfen Durchwirbelung eine Nachverbrennung und damit eine Temperaturerhöhung an dieser Stelle statt.

Genauere Bestimmungen der Rauchgastemperaturen nach der Rekuperation mittels Absaugepyrometer sollen von einem geschulten Laboranten mehrmals im Jahre vorgenommen werden.

Die Kammertemperaturen müssen regelmäßig beobachtet werden. Es empfiehlt sich, sofort nach dem Schließen der Entleerungstüre den Temperaturzustand der Kammer mit dem Auge und von Zeit zu Zeit mit einem optischen Pyrometer zu beobachten und die Feststellungen in das Betriebstagebuch, das auch die anderen Daten enthält, einzutragen.

Die mittlere Kammertemperatur soll um 1050° betragen.

b) Die Beobachtung des Ofenzugs.

Die Einstellung eines möglichst niedrigen Ofenzugs ist Voraussetzung für einen ordnungsgemäßen Ofenbetrieb. Je niedriger der Ofenzug, desto besser die Gas-Luft-Verteilung, desto geringer die Druckunterschiede zwischen Kammer und Heizzug und zwischen der Rauchgas- und der Luftseite der Rekuperation; dies hat zur Folge geringeren Verlust an Gas, welches von der Kammer in den Heizzug abfließt, und in der Rekuperation eine geringere Abkühlung des Rauchgases durch überströmende Zweitluft. Der Ofenzug wird mittels kleiner Wasseranometer bestimmt, die von der Stoßbühne aus beobachtet werden können. Hier am höchsten Punkt des Ofens haben die Rauchgase ihren größten Auftrieb, daher den geringsten Zug. An dieser Stelle, zweiter Heizzug von oben, soll der Ofenzug ± 0 mm betragen.

Der Zug wird für jeden Heizzug durch die Schieber am Rauchgasabgang und vor dem Eingang in den Rauchkanal der Heizwand geregelt.

Der Schornsteinzug ist abhängig von der Schornsteinhöhe und der Temperatur der Außenluft sowie der Temperatur der Rauchgase. Kühlere Außenluft erhöht merklich den Schornsteinzug, höhere Lufttemperatur vermindert ihn. Daher zieht ein Schornstein bei Nacht besser als am Tag, und die Öfen werden bei Verwendung von Einzelgeneratoren wegen

der erhöhten Gaserzeugung nachts etwas wärmer. Werden die Öfen mit Zentralgeneratorgas beheizt, so wird, weil die Gaszufuhr fast gleich groß ist, nachts etwas mehr Zweitluft in den Ofen gesaugt und der Ofen geht in seiner Temperatur eher etwas zurück.

c) Die Überwachung der Verbrennung von Gas und Luft.

Die der Heizwand zugeführten verbrennenden Gas- und Luftmengen bestimmen deren Temperaturzustand. Der gleiche Temperaturzustand läßt sich sowohl mit einem ideal richtigen Gas-Luft-Gemisch als auch in gewissen Grenzen mit Gas- oder auch mit Luftüberschuß erzielen. Die Zuführung eines ideal richtig eingestellten Gemisches in einen Heizzug ist betriebsmäßig auf die Dauer nicht aufrechtzuerhalten. Gasüberschuß in dem Gemisch bedeutet Verlust und erhöhte Unterfeuerung. Daher arbeitet man betriebsmäßig am besten mit geringem Luftüberschuß. Der maximale Kohlensäuregehalt, der bei der Verbrennung von Generatorgas entsteht, ist etwa 20,3%. Im Betriebe ist bei der Verbrennung 18% Kohlensäure im Rauchgas anzustreben.

Unrichtig eingestellte Verbrennung ist mit bloßem Auge im Groben zu erkennen. Klare Atmosphäre in den Feuerzügen deutet auf dichte Heizwände und Luftüberschuß hin, dunstige, schleierige Atmosphäre auf geringen CO-Gehalt und bläulicher Schimmer oder bläuliche Färbung auf höheren CO-Gehalt im Rauchgas.

Brennende Flämmchen, die von der Kammer her in den Heizzug hereinzüngeln, zeigen undichte Kammerwandstellen und Luftüberschuß an; trübe, rußige Atmosphäre weist auf undichte Kammerwände und CO-Überschuß oder auch auf sehr stark undichte Kammern hin, weil dann der geringe Luftüberschuß der Rauchgase nicht mehr zur Verbrennung der Destillationsgase ausreicht.

Mit einem brennenden Holzspan oder einem Stückchen brennender Kohle, die weit genug in den Heizzug gehalten werden, läßt sich auf einfache Weise die Verteilung des Luftüberschusses oder eines Generatorgasüberschusses im Groben feststellen. Brennt der Span oder die Kohle mit Flamme, so besteht Luftüberschuß, geht die Flamme aus oder qualmt der Span oder die Kohle, dann besteht Gasüberschuß. Diese einfache Schnellmethode ist bei der Einstellung eines Ofens überaus wertvoll.

Für die Feineinstellung ist der Orsat-Apparat in seinen einfachsten Bauarten oder ein sehr rasch und selbsttätig anzeigendes Gerät unentbehrlich. Besonders mit letzterem läßt sich der Verbrennungszustand rasch und sicher ermitteln.

Die Absaugeröhre für die Abgase sollten bei Temperaturen über 500° niemals aus Eisen bestehen, sondern aus einem mit Eisenrohr geschützten Quarzglas- oder Porzellanrohr. Man achte darauf, daß die Mündung des Abgangsrohres sich immer tief im Gastrom und nicht

in einem toten Winkel befindet, weiter auch darauf, daß die Öffnung im Ofenmauerwerk, durch die das Absaugerohr geführt ist, abgedichtet wird, damit keine Falschluff eintreten kann, wodurch Fehlanzeigen verursacht werden.

d) Die Überwachung des Generatorbetriebs.

Für die Aufrechterhaltung eines richtigen Verbrennungszustandes ist ein gleichmäßiger Generatorbetrieb unerlässlich. Hierbei gilt der für jeden Vorgang wichtige Grundsatz, daß höchste Gleichmäßigkeit in den Vorbedingungen die höchste Wirtschaftlichkeit bringt, ganz besonders.

Je gleichmäßiger der dem Generator zugeführte Koks hinsichtlich seiner Korngröße, seines Asche- und Wassergehaltes und seiner Verbrennlichkeit, je gleichmäßiger die Höhe der Schachtfüllung und je besser der Rostzustand ist, desto gleichmäßiger ist die Beschaffenheit des Generatorgases hinsichtlich seines Heizwertes und seiner Temperatur.

Besonders gilt dies für den Einzelgenerator. Denn die Güteschwankungen des Generatorgases infolge unrichtiger Auffüllung und nicht ordnungsgemäßer Entschlackung werden weit unterschätzt. Messungen haben ergeben, daß bei einem solchen unregelmäßig gefüllten Generator der Kohlensäuregehalt des Generatorgases zwischen 5 und 16% schwanken kann. Die Heizzüge werden bei hohem Kohlensäuregehalt im Generatorgas Luftüberschuß und bei geringem Kohlensäuregehalt Luftmangel aufweisen. Die Einstellung des Ofens auf den richtigen Verbrennungszustand ist bei so schwankender Beschaffenheit des Generatorgases geradezu unmöglich.

Ein Vorzug des Zentralgeneratorbetriebes ist, daß infolge der Gleichmäßigkeit des Generatorgases und seines Drucks der Betriebszustand der Ofen nahezu vollkommen und ideal gleichmäßig bleibt.

Liegt die Koksbeschaffenheit fest, so hat die Betriebsaufsicht dafür zu sorgen, daß die Füllung des Generators in regelmäßigen, nicht zu langen Zeitabständen erfolgt (z. B. einmal je Schicht bei großem Schachthalt), und daß der Schacht des Generators immer bis über die Trennwand zwischen Generator und Ofen gefüllt bleibt.

Es empfiehlt sich, von Zeit zu Zeit durch das Laboratorium Generatorgas-Analysen machen zu lassen. Folgende Zusammensetzungen (in Volumprozenten) können als gute Durchschnittswerte angesehen werden:

	a) Einzelgenerator	b) Zentralgenerator
CO ₂	8—7	6—4
CO	20—24	26—29
CH ₄	0—0,2	0—0,4
H ₂	8—10	12—13
N ₂	57—62	54—56

9. Die Abhängigkeit der Betriebsergebnisse, insbesondere der Ofenleistung, von der Kohle, der Entgasungstemperatur und dem Entgasungsraum.

Bei dichten Entgasungsräumen sind die Ergebnisse einer Betriebsentgasung von der Kohlenart, der Entgasungstemperatur, der Form des Entgasungsraumes und von der Höhe der Wassergaserzeugung im Ofen abhängig.

a) Der Einfluß der Schichtdicke der Kohle.

Je dicker die Kohlschicht ist, desto größer wird das Temperaturgefälle im Kokskuchen und um so niedriger wird seine mittlere Temperatur; daraus folgt eine etwas geringere Gasmenge und ein etwas höherer Gäsheizwert. Andererseits zersetzt eine dickere Koksschicht das durchfließende Gas mehr, wodurch die Gasmenge erhöht und der Heizwert erniedrigt wird. Welche der beiden Wirkungen überwiegt, hängt von der jeweiligen Dicke der Koksschicht ab.

Größere Dicke der Kohlschicht ergibt bei der gleichen Kohle einen stückigeren Koks mit weniger Rissen; dies hängt mit dem langsameren Fortschritt der Entgasung bei größerer Dicke der Schicht zusammen.

Größere Kohlendicke gibt auch dünnflüssigeren Teer mit weniger freiem Kohlenstoff, weil der bei der Zersetzung schwerer Kohlenwasserstoffe freiwerdende Kohlenstoff in der dickeren Koksschicht besser herausfiltriert wird als in einer dünneren.

Beim Großraum-Schräggasofen ist die Dicke der Kohlschicht durch die bei Ausbesserungsarbeiten sehr erwünschte Begehbarkeit der Kammer bestimmt; daher ist auch die besser begehbare 48 cm breite Kammer als Norm gewählt worden, und die geringeren Breiten von 41 cm werden nur selten gebaut. Infolge der Verwendung von ähnlichen Querschnitten bei allen neuzeitlichen Ofensystemen verwischen sich die oben angeführten durch die Ofenart bedingten Unterschiede in der Menge und Güte der Erzeugnisse fast völlig.

b) Die Entgasungszeit.

Die Entgasungszeit ist in erster Linie durch die Kohlendicke, dann aber auch durch die Entgasungstemperatur und den Gehalt der Kohle an flüchtigen Bestandteilen bestimmt.

Die Entgasungszeit wächst bei gleicher Kammertemperatur mit dem Quadrat der Dicke; daher steht eine Kammer mit 48 cm Breite in etwa 22 h, eine solche mit 41 cm Breite in etwa 16 h aus.

Auf Grund amerikanischer Versuche kann die Abhängigkeit der Entgasungszeit von der mittleren Kokstemperatur durch eine Exponentialfunktion ausgedrückt werden. Eine Abweichung von der Entgasungstemperatur um 100° nach abwärts verlängert bei gasreichen Kohlen die Entgasungszeit um etwa 33%; eine Abweichung um 100° nach aufwärts

verkürzt die Entgasungszeit um 25%. Würde also beispielsweise bei 22stündiger Entgasung die mittlere Kokstemperatur von 1000° auf 900° gesenkt, so würde die Entgasungszeit anstatt 22 h bereits 29 h betragen; wäre es möglich, Entgasungsräume zu schaffen, die eine mittlere Kokstemperatur von 1100° zulassen, so würde die Entgasungszeit von 22 h auf 16,5 h herabgehen.

Kohle mit einem hohen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen entgast im allgemeinen rascher als Kohle mit einem geringeren Gehalt an solchen. Es ist bekannt, daß die gasreiche Saarkohle bei der gleichen Temperatur rascher entgast als die gasärmere Ruhrkohle. Diese Regel gilt aber nicht immer; einige Kohlenarten machen aus noch nicht feststellbaren Ursachen eine Ausnahme.

e) Gasmenge, Heizwert, Wertzahl und relative Gasdichte.

Bestimmend für diese Werte ist der Gehalt der Reinkohle an flüchtigen Bestandteilen und die Entgasungstemperatur, die durch die mittlere Temperatur des Kokskuchens gekennzeichnet ist.

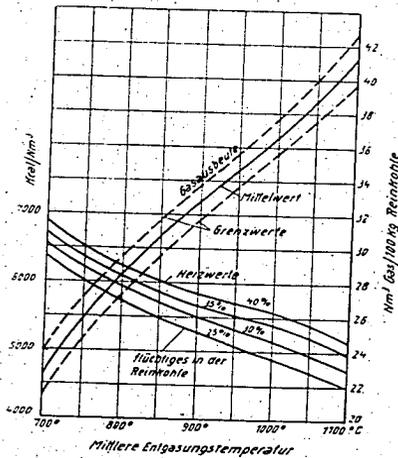


Abb. 31. Gasmenge, Heizwert abhängig von der Entgasungstemperatur und dem Gehalt der Reinkohle an flüchtigen Bestandteilen.

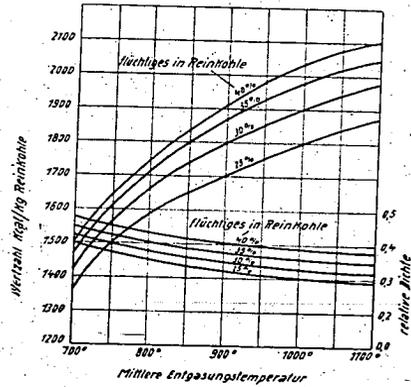


Abb. 32. Wertzahl und relative Dichte abhängig von der Entgasungstemperatur und dem Gehalt der Reinkohle an flüchtigen Bestandteilen.

Hoher Gehalt an flüchtigen Bestandteilen ergibt aus 100 kg Kohle ein größeres Gasvolumen, einen höheren Heizwert, also eine höhere Wertzahl und auch eine höhere Dichte. Höhere Entgasungstemperatur ergibt größere Gasausbeute, geringeren Heizwert und geringere Dichte des Gases.

Um einen Überblick über den Einfluß des Anteils der flüchtigen Bestandteile in der Kohle sowie über jenen der Entgasungstemperatur zu geben, ist in Abb. 31 Gasmenge und Heizwert und in Abb. 32 die

Wertzahl und die relative Dichte in Abhängigkeit von der mittleren Kokstemperatur und dem Gehalt der Reinkohle an flüchtigen Bestandteilen aufgetragen. Die Linien geben angenäherte Werte, die mit den praktischen Ergebnissen des Betriebes dann gut übereinstimmen, wenn die richtige Kokstemperatur genommen wird und wenn man den Asche- und Wassergehalt der Rohkohle und den höheren Gehalt des im Betrieb erzeugten Gases an inerten Bestandteilen mit Hilfe einer kleinen Umrechnung berücksichtigt. Asche und Wasser in der Rohkohle vermindern verhältnismäßig das erzeugte Gasvolumen und die Wertzahl gegenüber den in den Abb. 31, 32 angegebenen Werten. Der Heizwert wird durch den Asche- und Wassergehalt der Kohle nicht beeinflusst.

Der Gehalt des Gases an inerten Bestandteilen erhöht die Gasmenge und vermindert den Heizwert, während die Wertzahl bestehen bleibt. Die relative Dichte des Gases ändert sich infolge des erhöhten Gehaltes an inerten Gasen (hauptsächlich Stickstoff und etwas Kohlensäure).

d) Die Koksbeschaffenheit.

Die Menge des erzeugten Koks ist abhängig vom Gehalt der Kohle an flüchtigen Bestandteilen und in geringem Maße von der Gastemperatur. Je höher der Gehalt der Kohle an flüchtigen Bestandteilen, desto geringer ist die erzeugte Koks menge. Abb. 33 gibt Anhaltspunkte für einige dieser Beziehungen.

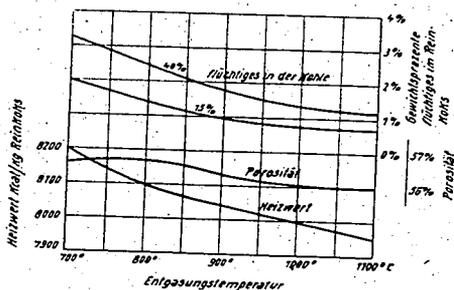


Abb. 33. Reinkoksheizwert, Porenraum und Gasgehalt in Abhängigkeit von der Entgasungstemperatur und dem Gehalt an Flüchtigen in der Reinkohle.

festigkeit wird bei fast allen Kohlenarten bei Entgasungstemperaturen um 800° erzielt. Höhere Temperaturen erhöhen die Rissigkeit des Koks, der Anfall an Stückkoks wird dadurch geringer.

Koks derselben Kohle in breiten Kammern erzeugt, ist meist grobstückiger als solcher, welcher in schmäleren Kammern hergestellt wird.

Ein guter Maßstab für die Feststellung der Temperatur, bei der der Koks entstand, ist der Heizwert des Reinkoks (asche- und wasserfreier Koks). Dieser Heizwert ändert sich bei derselben Temperatur nur um etwa $\pm 0,4\%$, selbst wenn der Gehalt an Flüchtigen in der Kohle

Die Güte des erzeugten Koks ist abhängig von dem Gehalt der Kohle an backenden und flüchtigen Bestandteilen sowie von der Ofentemperatur. Je höher der Gehalt der Kohle an flüchtigen Bestandteilen, desto geringwertiger, kleinstückiger wird im allgemeinen der Koks. Je höher das Backvermögen der Kohle, desto fester wird der Koks. Die höchste Koks-

zwischen 15 und 43% schwankt. Bei der gleichen Kohle oder Kohlenmischung ist er eine konstante, nur von der Temperatur abhängige Zahl.

Ähnlich verhält es sich mit dem scheinbaren und wahren spezifischen Gewicht und dem Zellenraum des Koks. Auch der Gehalt an Flüchtigem im Reinkoks ist ein sicherer Maßstab für die bei der Verkokung vorhandene Temperatur; dieser wird zwar mit steigendem Gehalt an Flüchtigem in der Rohkohle höher, er ist aber für dieselbe Kohle und dieselbe Temperatur ein ebenso festliegender Wert wie Gasausbeute und Heizwert; man kann ihn infolgedessen dazu benutzen, um die Leistung eines Ofensystems zu kennzeichnen, zumal er einfacher zu ermitteln ist als die genaue Bestimmung von Gasmenge und Heizwert.

Im Schrägkammerofen lassen sich alle Kohlenarten, sofern sie nicht zu sehr treiben, verkoken. Aus Kokskohle kann man in ihm einen Hüttenkoks erzeugen, dessen Güte und Beschaffenheit nicht erheblich von der des im Horizontalkammerofen hergestellten abweicht. Der Schrägkammerofen liefert noch Koks aus Kohlen, welche der Horizontalkammerofen nicht mehr verträgt, sei es, daß sie treiben oder aber einen nicht genügend standfesten Kokskuchen bilden.

e) Der Teer und die im Gas und Teer enthaltenen Leichtöle.

Die Menge des anfallenden Teeres ist abhängig vom Gehalt der Kohle an flüchtigen Bestandteilen, der Entgasungstemperatur und der Art des Entgasungsraumes. Je höher der Gehalt an Flüchtigem in der Kohle, desto höher ist die erzeugte Teermenge, je höher die Entgasungstemperatur, desto weniger Teer fällt an.

Die Güte des Teers, gekennzeichnet durch seinen Gehalt an Ölen, ist bedingt durch die Ofenart und den Ofenbetrieb. Je mehr freie, nicht von Kohle bedeckte aber beheizte Flächen in einem Entgasungsraum vorhanden sind, desto mehr entsteht infolge Zersetzung an diesen heißen Wänden Dickteer in der Vorlage und Pech im Teer. Je voller der Entgasungsraum gefüllt, je dicker die entgaste Kohlenschicht ist, desto dünnflüssiger wird der Teer und desto geringer ist der Pechgehalt. In Abb. 35 ist die Zusammensetzung der Teere, die durch Entgasung von Kohlen in verschiedenen Öfen gewonnen

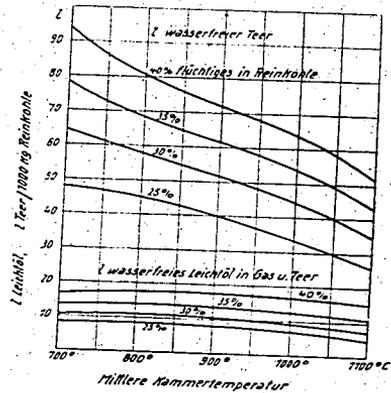


Abb. 34. Teer- und Leichtölmenge aus 100 kg Reinkohle in Abhängigkeit von der Entgasungstemperatur und dem Gehalt der Reinkohle an flüchtigen Bestandteilen.

wurden, angegeben. Als Abszisse wurde das Verhältnis zwischen den beheizten Flächen des Entgasungsraumes, welche durch Kohlen nicht bedeckt sind, zu jenen, welche durch Kohlen bedeckt sind, genommen.

Dicker Teer in den Vorlagen des Schrägkammerofens ist nur dann vorhanden, wenn die Kammern nicht genügend gefüllt sind, so daß sich die schweren Kohlenwasserstoffe des Gases und die Teerdämpfe an den heißen Wänden zersetzen.

Der im Schrägkammerofen erzeugte Teer ist jenem des Vertikal-kammerofens in seiner Zusammensetzung gleichwertig, wie aus der Tafel I¹⁾ zu ersehen ist.

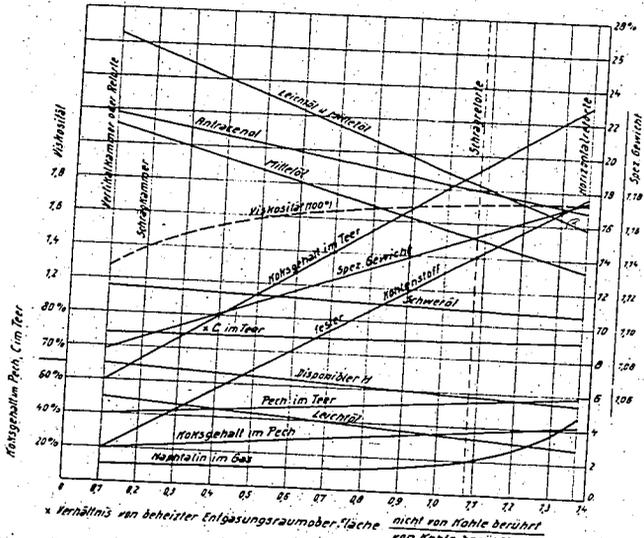


Abb. 35. Beschaffenheit der Teere aus dem Schrägkammerofen, verglichen mit den Teeren aus anderen Ofensystemen.

Der Anfall von Leichtölen im Teer und Gas ist abhängig von dem Gehalt an Flüchtigem in der Reinkohle und in geringerem Maße von der Entgasungstemperatur. Hoher Gehalt an Flüchtigem in der Reinkohle gibt im allgemeinen höheren Anfall an Leichtöl, höhere Entgasungstemperatur vermindert ihn. Die Höchstmenge an Leichtölen fällt zwischen 700 und 800°C Verkokungstemperatur an.

Die in den Abbildungen 31, 32, 33 und 34 angegebenen Linien sind Richtungslinien. Sie geben gut angenäherte Werte. Nur beim Anfall von Teer und Leichtölen sind die Abweichungen von den im Betrieb gefundenen Werten erheblicher.

¹⁾ Die Werte sind entnommen Dr. E. J. Constone und Dr. P. Schläpfer, Z. VDI. 57 (1913), S. 1661.

Tafel I.

Eigenschaften des Schrägkammerofenteers nach
Constam und Schläpfer.

Rohteer:		
Spezifisches Gewicht 15° C	kg/dm ³	1,08—1,09
Flammpunkt	° C	50—58
Brennpunkt	° C	85—89
Zündpunkt	° C	480—510
Siedeanalyse:		
Leichtöl	0—170	% 3—5
Mittelöl	170—230	% 21—22
Schweröl	230—270	% 10,5—12,5
Anthrazenöl	270—350	% 22,0
Pech		% 40,5—41,5
Koksgehalt des Pechs		% 21—22
Zusammensetzung des Rohteers:		
Wasser	%	1,3—2,5
Asche	%	Spuren
Brennbares	%	97,5—98,7
Heizwert bestimmt	kcal/kg	8737—8761
Heizwert (asche- und wasserfreie Substanz)	kcal/kg	8858—8903
Reinteer:		
Elementaranalyse		
C	%	6,7—6,9
H ₂	%	—
O ₂ + N ₂	%	3,6—4,6
S	%	0,4—0,3
Auf 1000 Teile disponibl. Wasserstoff	Teile	69—72
Verbrennungswärme	kcal/kg	9273—9292
Koksgehalt	%	7,1—7,3
Freier Kohlenstoff	%	2,3—3,0
Naphtalingehalt	%	2,6—0,6
Viscosität bei 20° C	—	9,33
35° C	—	3,85
50° C	—	2,20
100° C	—	1,39

An dem Rechnungsbeispiel der Tafel II sei die Benützung der in den Abbildungen 31, 32, 33 und 34 angegebenen Werte erläutert.

10. Ofengrößen, Ofenleistung, Unterfeuerungsbedarf.

Die Tagesleistung eines GaserzeugungsOfens hängt ab von dem entgasten Füllgewicht, der Kohlenart und der Entgasungstemperatur.

Der Schrägkammerofen wird in verschiedenen Größen mit erheblich verschiedenem Füllgewicht ausgeführt. Die kleinste Kammer hat eine senkrechte Höhe von 3,5 m, eine Ofentiefe von 4,5 m und einen nutzbaren Füllraum von 4,9 m³, die größte Kammer eine senkrechte Höhe von 4,5 m bei einer Ofentiefe von 8,25 m und einen nutzbaren Füllraum von 13 m³. Zwischen diesen beiden gibt es 8 Zwischengrößen.

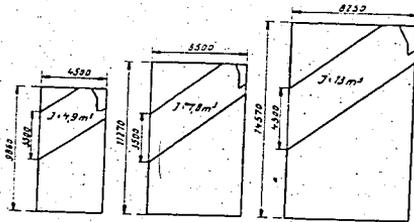


Abb. 36. Querschnitt durch den kleinsten, einen mittleren und den größten Schrägkammerofen.

Die senkrechte Kammerhöhe und damit auch die Öffnung der Entladetüre ist auf 3,5, 4,0 und 4,5 m festgelegt worden. Bei 24stündiger Entgasung beträgt die Kammerweite an der Entladeseite 48 cm und an der Füllseite 37 cm. Diese Maße sind bei allen Ofengrößen die gleichen.

Aus dem nutzbaren Füllraum errechnet sich das Füllgewicht durch Multiplikation mit dem Schüttgewicht der Kohle. Letzteres kann bei körniger und stückiger Kohle zu etwa 760 bis 790 kg/m³ und bei Feinkohle zu 700 bis 760 kg/m³ angenommen werden.

Bei einer mittleren Kammertemperatur von 1050 bis 1080° C kann bei trockenem Betrieb überschlägig mit folgenden Entgasungsergebnissen gerechnet werden (15°, 760 mm):

	Gas je 100 kg Rohkohle m ³	Heizwert kcal	Wertzahl kcal/m ³
Saarkohle	33	5350	176550
Oberschlesische Kohle	32	5350	171200
Ruhrkohle	31	5250	162750
Niederschlesische Kohle	31	5250	162750
Englische Kohle	31	5250	162750
Kokskohle	26 bis 28	4900	127400 ÷ 137200

Da Aschegehalt, Wassergehalt und auch die flüchtigen Bestandteile der Kohlen desselben Gebietes und sogar desselben Schachtes sehr verschieden sind, so können diese Ziffern nur als Überschlagswerte angesehen werden.

Tafel II.

Beispiel für die Benützung der Abbildungen 31, 32, 33 und 34.

Die zu entgasende Kohle habe: 35% Flüchtiges in der Reinkohle
7% Asche
5% Wasser

Die mittlere Kokstemperatur betrage: 1050° C

Das erzeugte Gas habe 5% inerte Gase, die aus dem Ofenbetrieb stammen, davon 5 · 0,21% CO₂ und 5 · 0,79% N₂

Aus Abb. 31	ergibt sich die Gasmenge	zu 36,4 Nm ³ /100 kg Kohle
	der Heizwert	» 5400 kcal/Nm ³
Aus Abb. 32	» » die Wertzahl	» 1966 kcal/kg Kohle
	die relative Dichte	» 0,36
Aus Abb. 33	» » der Reinkoksheizwert	» 7995 kcal/kg
	Flüchtiges im Reinkoks	» 1,7%
Aus Abb. 34	» » die Teermenge	» 54 l/1000 kg Reinkohle
	und Leichtöl in Gas	
	und Teer	» 12,5 l/1000 kg Reinkohle

Die zu erwartenden Betriebsergebnisse:

Gasmenge	= 36,4 · $\frac{100-12}{100}$	= 32,03 Nm ³ /100 kg Rohkohle
Heizwert		= 5400 kcal/Nm ³
Wertzahl	= 1966 · $\frac{100-12}{100}$	= 1730 kcal/kg
Gasdichte rel.	= 0,36 · 0,95 + 0,05 · 0,79 · 0,9 + 0,05 · 0,21 · 1,92	= 0,393
Flüchtiges im Koks	= 1,7 · $\frac{93}{100}$	= 1,58 %
Teermenge	= 54 · $\frac{100-12}{100}$	= 47,5 l/1000 kg Rohkohle
Leichtöl	= 12,5 · $\frac{100-12}{100}$	= 11 l/1000 kg Rohkohle

Hat der Standort des Gaswerks eine mittlere Temperatur von 15° C, einen mittleren Barometerstand von 720 mm, so ändern sich die Werte wie folgt:

Gasausbeute	= 32,03 · $\frac{273+15}{273}$ · $\frac{760-4,6}{720-12,8}$	= 33,11 m ³ abgelesen
Heizwert	= 5400 · $\frac{273}{273+15}$ · $\frac{720-12,8}{760-4,6}$	= 4791 kcal/m ³ abgelesen
Relative Dichte	= 0,393 · $\frac{273}{273+15}$ · $\frac{720-12,8}{760-4,6}$	= 0,349

Tafel

Die Leistung der verschiedenen Größen
Der Leistungsberechnung ist zugrunde gelegt:

Kammer- höhe m	Ofenmaße		Ladefähigkeit nutzbar		Kammer-			
	Ofentiefe m	Ofenhöhe m	m ²	t	1. Kammer		2. Kammern	
					trocken	naß	trocken	naß
3,5	4,5	9,86	4,9	3,82	1260	1600	2520	3200
3,5	5,0	10,29	5,6	4,37	1440	1830	2880	3660
3,5	5,5	10,71	6,4	4,99	1650	2100	3300	4200
3,5	6,0	11,06	7,1	5,54	1800	2280	3600	4560
3,5	6,5	11,27	7,8	6,08	2000	2550	4000	5100
3,5	7,0	11,69	8,4	6,55	2160	2750	4320	5500
3,5	7,4	12,04	9,1	7,10	2340	2980	4680	5960
4,0	7,5	12,81	10,3	8,03	2650	3370	5300	6740
4,0	8,25	13,44	11,5	8,97	2960	3770	5920	7540
4,5	8,25	14,57	13,0	10,14	3350	4260	6700	8520
		Ofenbreite m			1,73		2,69	

Die Ofenleistung hängt auch noch vom mittleren Barometerstand und von der Ortstemperatur ab, eine Tatsache, die häufig übersehen wird.

Wassergaserzeugung in den Kammern erhöht die Gasausbeute je 100 kg Rohkohle bis zu 17 Nm³.

Der Unterfeuerungsverbrauch eines Ofens ist abhängig von seinem Betriebszustand, also der Einstellung der Verbrennung, der Dichtigkeit der Rekuperation und dem Zustand des Generators. Schlecht eingestellte Verbrennung in einzelnen Heizzügen als auch ganze Wände ergibt eine Nachverbrennung hinter der Heizwand, also hohen Verlust, der durch die Rekuperation nur teilweise ausgeglichen werden kann.

Ungleichmäßiger Generatorbetrieb beim Füllen und Schlacken, zu weites Herabbrennen der Koksschicht, zu viel Brennbares in Asche und Schlacke erhöht den Unterfeuerungsverbrauch.

Eine Überschlagsrechnung für den wechselseitigen Ersatz des einen Unterfeuerungs Brennstoffes durch einen anderen ergibt nachstehende Zusammenstellung für den trockenen Betrieb. Es ist dort angesetzt:

1 Nm ³ Generatorgas	= 1200 kcal,
1 Nm ³ Stadtgas	= 4200 kcal,
1 kg Reinkoks	= 7950 kcal,
1 kg Betriebskoks	= 6700 kcal.

Bei nassem Betrieb des Ofens erhöht sich der Unterfeuerungsverbrauch. Es kann dabei mit 900 kcal für die Erzeugung von 1 Nm³

III.

des »Didier«-Schräggkammerofens.

ein Schüttgewicht der Kohle von 780 kg/m^3 ,
eine Gasausbeute bei trockenem Betrieb von $33 \text{ Nm}^3/100 \text{ kg}$ Rohkohle,
eine Gasausbeute bei nassem Betrieb von $42 \text{ Nm}^3/100 \text{ kg}$ Rohkohle.

leistungen in $\text{m}^3/24 \text{ h}$

3 Kammern		4 Kammern		5 Kammern		6 Kammern		7 Kammern	
trocken	naß								
3 780	4 800	5 040	6 400	6 300	8 000				
4 320	5 490	5 760	7 320	7 200	9 150				
4 950	6 300	6 600	8 400	8 250	10 500				
5 400	6 840	7 200	9 120	9 000	11 400				
6 000	7 650	8 000	10 200	10 000	12 750				
6 480	8 250	8 640	11 000	10 800	13 750	12 960	16 500	15 120	19 250
7 020	8 940	9 360	11 920	11 700	14 900	14 040	17 880	16 380	20 860
7 950	10 110	10 600	13 480	13 250	16 850	15 900	20 220	18 550	23 590
8 880	11 310	11 840	15 080	14 800	18 850	17 760	22 620	20 720	26 390
10 050	12 780	13 400	17 040	16 750	21 300	20 100	25 560	23 450	29 820
3,65		4,61		5,57		6,53		7,49	

Wassergas gerechnet werden. Dieser Wert erhöht sich entsprechend dem wärmetechnischen Wirkungsgrad des Ofens.

II. Betriebsergebnisse und wärmetechnischer Wirkungsgrad ausgeführter Ofenanlagen.

a) Betriebsergebnisse.

In der nachstehenden Tafel V sind 9 Untersuchungen an Schräggkammeröfen aufgeführt; 7 derselben sind Abnahmeversuche, welche durch die Gaswerke selbst oder durch von ihnen beauftragte Institute vorgenommen wurden. Es handelt sich dabei um betriebsmäßig durchgeführte Versuche, bei denen jegliche Sorgfalt aufgeboten wurde, um ein einwandfreies Ergebnis zu erzielen.

Der Versuch Nr. 7 an den Schräggkammeröfen in Prag ist deswegen bemerkenswert, weil er beweist, daß selbst nach dreijähriger Betriebszeit noch immer die gleichen Ergebnisse erzielt werden wie bei der Abnahme der Öfen. Dieser Versuch wurde von den Prager Gaswerken gemeinsam mit der Didier A.G. Berlin ausgeführt, um den Betriebszustand der Öfen nachzuprüfen.

Die hierbei gefundenen Ergebnisse sind in Abb. 37 in Form eines Wärmeschaubildes wiedergegeben. Der Gesamtwirkungsgrad des Ofens im trockenen Betrieb mit 67% darf als sehr günstig bezeichnet werden.

Bei den Versuchen 8 und 9 wurde nicht die Gaserzeugung und der Heizwert des Gases ermittelt, sondern es war den Erbauern die Be-

Wärmeverbrauch zur Entgasung von Rohkohle im Schräg-
1050—1080°C.

Wärmeverbrauch zur Entgasung von 1 kg Rohkohle	kcal	450	500	550	600
Unterfeuerungsverbrauch für 100 kg Rohkohle					
Reinkoks	kg	5,65	6,28	6,80	7,50
Rohkoks	kg	6,70	7,45	8,20	8,90
Generatorgas	Nm ³	37,4	41,6	45,8	50,0
Stadtgas etwa	Nm ³	10,7	11,9	13,1	14,3
Zur Verdünnung des Stadtgases auf 1800 kcal/Nm ³ ist erforderlich Rauchgas etwa	Nm ³	14,8	16,5	18,2	19,8
Wärme für Unterfeuerung zur Gaswärme aus 1 kg Kohle etwa	%	25,6	28,4	31,2	34,0
Abgastemperatur etwa	°C	—	—	230	290
Dampfzerzeugung/t Rohkohle etwa	kg	—	—	—	(25) (2)

Reihe 1) Derzeit erreichte Unterfeuerungs-ziffern bei Fremdgasbeheizung und genügend großer Rekuperation.

Reihe 2) und 3) Derzeit erreichte Unterfeuerungs-ziffern bei Fremdgasbeheizung. Rekuperation infolge Platzmangel (Umbau) zu klein.

dingung auferlegt, daß der Gehalt des Koks an flüchtigen Bestandteilen 2% seines Gewichtes nicht überschreiten dürfe. Da bei dem mit allen Mitteln der modernen Technik durchgeführten 14-tägigen Versuch Nr. 9 der Gehalt des Koks an flüchtigen Bestandteilen mit nur 0,6%

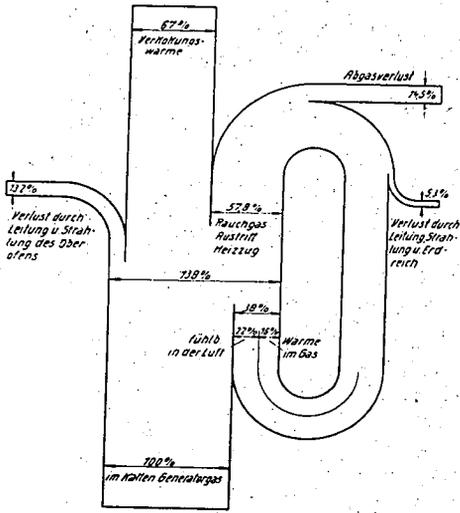


Abb. 37. Wärmeschaubild der Ofenanlage Prag-Michle.

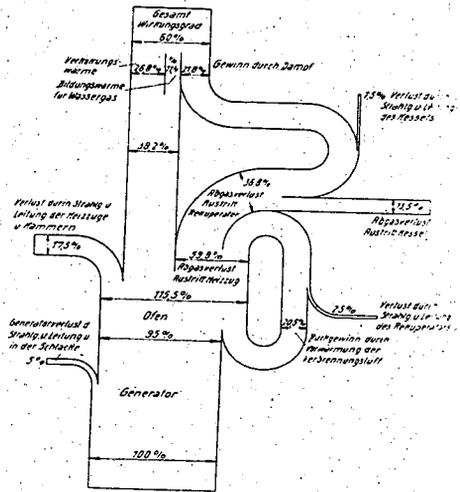


Abb. 38. Wärmeschaubild der Ofenanlage Lüdenscheld.

IV.

kammeröfen bei einer mittleren Kammertemperatur von Trockener Betrieb.

650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100
8,16	8,76	9,45	10,00	10,70	11,30	11,90	12,55	13,20	13,80
9,70	10,40	11,20	11,90	12,70	13,40	14,20	14,90	15,70	16,40
54,1	58,3	62,5	66,7	70,8	75,0	—	—	—	—
15,4	16,7	17,9	19,0	20,2	21,4	22,6	23,8	25,0	26,2
21,4	23,2	24,8	24,4	28,0	29,7	31,4	33,0	34,7	36,4
36,9	39,8	42,6	45,5	48,3	51,1	54,0	56,8	59,6	62,5
360	420	470	520	550	580	620	640	670	690
(60)	90	123	153	185	213	253	280	316	350
³⁾					⁴⁾	⁵⁾	⁶⁾	⁷⁾	

Reihe ⁴⁾ und ⁵⁾ Derzeit erreichte Unterfeuerungsziiffern bei Beheizung mit Einzelgeneratoren ohne Dampferzeugung.
 Reihe ⁶⁾ und ⁷⁾ Ergebnisse älterer Öfen.

ermittelt wurde, so ist die Entgasung der Kohle in diesem Schrägkammeröfen als technisch vollkommen zu bezeichnen. Bei dem Umbau der Öfen, an denen die Versuche 8 und 9 durchgeführt worden sind, konnte die erforderliche Rekuperatorgröße nicht vollständig untergebracht werden, daher ist der Unterfeuerungsverbrauch und auch die Rauchgastemperatur etwas höher als bei Öfen mit einer richtig bemessenen Rekuperation.

Die Werte der Reihe 2 sind Betriebsergebnisse, die durch genaue Messungen der Abgastemperatur und der Abstrahlungsverluste des Ofens ergänzt wurden. In Abb. 38 ist das Wärmeschaubild dieser verhältnismäßig kleinen Ofenanlage in Lüdenscheid wiedergegeben. Der Gesamtwirkungsgrad einschließlich Wassergas- und Dampferzeugung ist mit 60% beachtlich hoch.

Der Wärmeverbrauch der mit Einzelgeneratoren betriebenen Schrägkammeröfen ist mehrfach mit 11,6 kg Reinkoks je 100 kg Rohkohle ermittelt worden. Dies entspricht einem Wärmeverbrauch von etwa 925 kcal/kg Rohkohle, ist also erheblich höher als jener der mit Zentralgeneratorgas beheizten Schrägkammeröfen. Dieser Unterschied ist jedoch nur ein scheinbarer, denn die niedrige Abgangstemperatur der Rauchgase (mit 235°) der mit Fremdgas beheizten Öfen wird nur durch die Vorwärmung des kalten Generatorgases erreicht. Nützt man die höhere Abgangstemperatur der Rauchgase der mit Einzelgenerator betriebenen Öfen zur Dampferzeugung aus, so wird der wärmetechnische Gesamtwirkungsgrad wesentlich erhöht und erreicht jenen der mit

Tafel
Betriebsergebnisse von Schräg-

Gaswerk		Hamburg- Grasbrook	Lüdenscheid	Mailand- Bovisa
Versuch Nr.		1	2	3
Versuchsjahr	—	1929	1934	1935
Versuchsdurchführung	—	G. W.	G. W.	G. W.
Versuchstage	—	4	Betr.-Zahlen	3
Kammerabmessung: Länge	mm	7140	5500	8250
Höhe	mm	3500	3500	4500
Breite	mm	480/370	480/370	490/380
Anzahl der Kammern	—	40	3	21
Garungszeit	Stunden	24	24	24
Kohlensorte	—	Boldon Durham	80% Gas- feinkohle Ruhr 20% Gas Nuß 4 Ruhr	Saar und Ruhr
Kammerladung	t	6,75	5,00	10,215
Gesamtkohlenmenge	t/24 h	269,8	15,0	214,51
Reinkohlengehalt	%	89,32	81,9	87,0
Trocken- oder Naßbetrieb		Trocken	Naß	Naß
Gaserzeugung 15° 760 mm	m ³ /24 h	88 586	7900	102 265
Gasausbeute Rohkohle 15° 760 »	»	33,8	52,7	47,7
» » 0° 760 »	»	31,13	49,1	44,4
» Reinkohle 15° 760 »	»	37,4	64,3	54,70
» » 0° 760 »	»	34,85	59,9	50,99
Heizwert	kcal/Nm ³	6090	4250	4847
Heizwert Reinkohle	kcal/kg	2122	2550	2471
Beheizungsart		Einzel- Generator	Einzel- Generator	Einzel- Generator
Unterfeuerungsverbrauch Reinkoks/ 100 kg Rohkohle	kg/100 kg	11,66	17,6	11,6
Unterfeuerungsverbrauch kcal/kg Rohkohle	kcal/kg	—	—	—
Raughastemperatur Ausgang Re- kuperator	° C	—	600	530
Inerte Bestandteile im erzeugten Gas	%	5,0	5,6	10,3

1) Ass. Nat. Contr. Comb. Bologna.

2) Umbauten.

V.

kammerofenanlagen. System »Didier«.

Genau	Breslau-Dürrgoy	Prag-Michle	Versuch nach 3 Betriebsjahren Prag-Michle	Berlin-Tegel ²⁾	Berlin-Tegel ²⁾
4 1937 ANCC ¹⁾ 3	5 1927 G. W. 4	6 1930 G. W. 4	7 1933 Didier u. G. W. 6	8 1934 ²⁾ G. W. 7	9 1936 ²⁾ G. W. 14
8250 4500 480/370	7500 4000 480/370	8250 4500 480/370	8250 4500 480/370	7140 3500 400/300	7140 3500 400/300
28 24 Ruhr	21 24 Ober- und Nieder- schlesien	35 24 Ostrauer	35 24 Ostrauer	37 16 Ruhr und Schles.	37 16 Schles. und Ruhr
10,79 302,2 87,2 Naß 136 807 45,27 42,19 51,94 48,40 4526 2191 Einzel- Generator	8,1 170,4 83,34 Trocken 57 760 33,9 31,59 40,68 37,91 5002 1896 Zentral- Generator	9,13 319,57 90,93 Trocken 112 760 35,29 32,88 38,93 36,29 5286 1919 Zentral- Generator	8,88 311,0 90,8 Trocken 95 333 34,0 31,7 37,5 34,9 5610 1960 Zentral- Generator	5,64 309,4 — Trocken — nicht festgestellt	5,52 306,4 — Trocken — nicht festgestellt
11,15	—	—	—	—	—
—	640	575	560	634	642
563	—	230	235	340	356
8,86	—	—	6,2	7,0	6,1

Fremdgas betriebenen Öfen. Bei höheren Leistungen der Kammer scheint der Zentralgeneratorbetrieb etwas vorteilhafter zu sein.

Die Wärmeverbrauchsfiguren der mit Zentralgeneratorgas betriebenen Schrägkammeröfen sind im allgemeinen um ein geringes höher als jene beim Vertikalkammerofen und beim Horizontalkammerofen. In Unterfeuerungsköksen ausgedrückt, würde das einem Mehrverbrauch an Reinköksen von etwa 0,4 bis 0,6 kg/100 kg Rohkohle entsprechen. Eine solche geringe Köksmenge liegt innerhalb der Fehler der Betriebsführung.

b) Wärmetechnischer Wirkungsgrad.

Dieser Wirkungsgrad ergibt sich aus dem Verhältnis:

$$\frac{\text{Wärmeaufwand zur Entgasung von 1 kg Rohkohle in kcal}}{\text{Wärmeaufwand für die Unterfeuerung für 1 kg Rohkohle in kcal}}$$

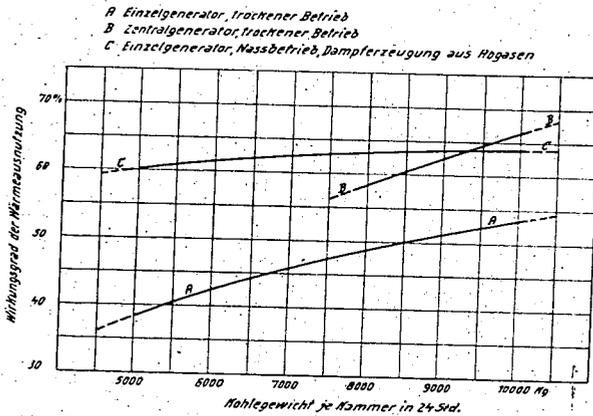


Abb. 39. Wärmetechnische Wirkungsgrade des Schrägkammerofens »Didier«.

Der Wärmeaufwand für die Entgasung von 1 kg Rohkohle kann bei den üblichen Entgasungstemperaturen erfahrungsgemäß zu 375 bis 385 kcal angenommen werden. Der Unterfeuerungsbedarf wird durch Versuche bestimmt. Rechnet man mit einem Wärmeaufwand von 375 kcal/kg Rohkohle, so ergeben sich die in Abb. 39 angegebenen Linien der Wirkungsgrade in Abhängigkeit von dem in der Kammer in 24 h verarbeiteten Füllgewicht.

Es bedeutet die Linie A—A den Wirkungsgrad der mit Einzelgeneratoren, die Linie B—B den der mit Fremdgas beheizten Öfen bei trockenem Betrieb.

Der Wirkungsgrad der mit Einzelgeneratoren betriebenen Öfen kann erheblich gesteigert werden, wenn die Wärme der heißen Abgase zur Dampferzeugung benützt wird. Die sich hieraus errechnenden und

durch den praktischen Betrieb bewiesenen Wirkungsgrade sind durch die Linie $C-C$ dargestellt. (Die erzielbare Dampfmenge kann aus Abb. 29 bzw. Tafel IV entnommen werden.) Der Schnittpunkt der Linie $B-B$ mit der Linie $C-C$ zeigt die Grenzen der feuerungstechnisch wirksamsten Beheizungsart. Bis zu einem Füllgewicht von 9000 kg je Kammer in 24 h scheint die Beheizung durch Einzelgenerator mit Dampferzeugung wärmetechnisch richtiger zu sein, bei höherem Füllgewicht der Zentralgeneratorgasbetrieb. Diese Grenze ist jedoch nicht maßgebend für den wirtschaftlichsten Betrieb der Öfen, denn die Linien der wärmetechnischen Wirkungsgrade sind nicht identisch mit jenen der wirtschaftlichsten Kosten für die Gaserzeugung. Um diese zu finden, sind die Wärmeverbrauchsziiffern je kg Rohkohle mit den Wärmepreisen zu multiplizieren und hiervon der Wert des erzeugten Dampfes abzuziehen. Da die Preise für Koks und Dampf örtlich sehr verschieden sind, so lassen sich allgemein gültige Linien nicht angeben.

C. Der Großraum-Schräggkammerofen von Dr. C. Otto & Comp., Bochum.

Die Firma hat in Reichenbach in Böhmen zwei Öfen mit je drei Kammern (zu je 6,2 t) errichtet. Sie werden wahlweise mit Zentralgeneratorgas oder Stadtgas beheizt und besitzen Rekuperatoren für die Vorwärmung von Luft und Generatorgas.

Der Ofenbau unterscheidet sich — abgesehen von der gleichbleibenden Größe der Brenner in der Zwischenzunge der Heizzüge — wenig von der bisher beschriebenen Bauart. Es kann also hinsichtlich der baulichen und betrieblichen Einzelheiten auf die diesbezüglichen Ausführungen hingewiesen werden.

Die Abb. 40 dieses Ofens ist nachstehend beschrieben: Bei Generatorgasbeheizung tritt das Gas bei 1 in die Rekuperatorkanäle 2 ein und strömt dann durch den Gaskanal 3 zu den Brennern 4 (an der Entladeseite des Ofens) und den Heizzügen 8, wo es zusammen mit der aus dem Rekuperator kommenden Luft verbrennt. Die Abgase gehen bei 9 aus dem Ofen ab, durchströmen die Rekuperatorkanäle 10, erwärmen dabei Luft und Gas und gehen durch den Rauchkanal 11 zum Schornstein.

Bei Stadtgasbeheizung wird das Stadtgas an der Stelle 1 a zugeführt, worauf die Verbrennung mit Luft, wie bei der Generatorgasbeheizung des Ofens geschildert, vor sich geht. Der zur Vorwärmung des Gases dienende Teil des Rekuperators wird dabei ausgeschaltet.

Bei Betrieb der Ofenanlage mit 33-stündiger Entgasungszeit der Kammern werden von der Firma (für je 100 kg Rohkohle) folgende

Betriebsergebnisse angegeben:

14,57 kg Trockenkoks
41,50 Nm³ Gas oder
44,54 m³ Gas 15°C/760 mm
4760 Kcal/Nm³ Heizwert
1976 Kcal/kg Wertzahl.

Während des letzten Abschnittes der Gaserzeugung wurde Wasserdampf in die Kammern eingeführt.

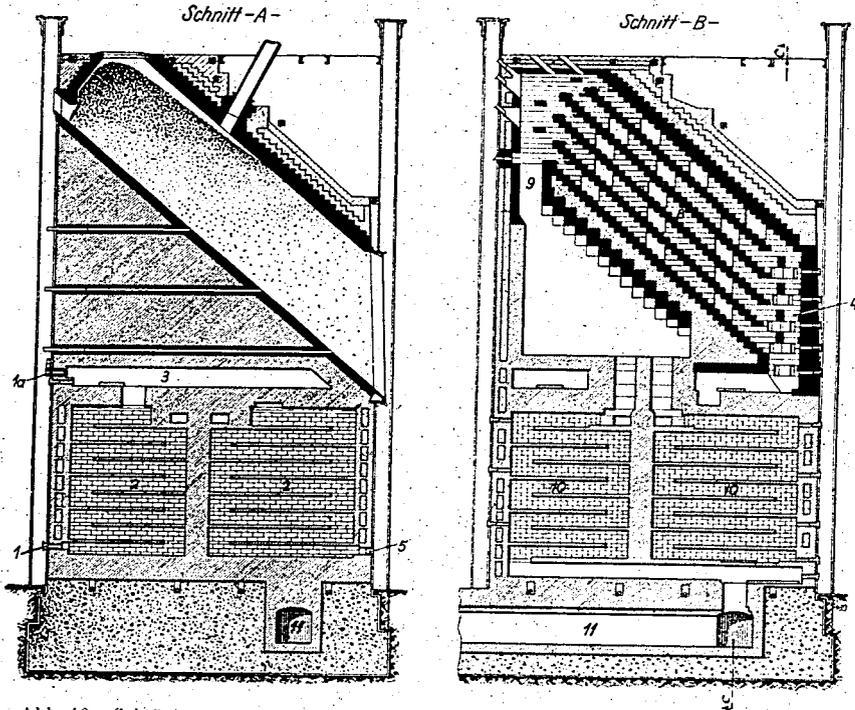


Abb. 40. Schrägkammerofen Dr. Otto & Comp., Bochum, Anlage Reichenbach i. Böhmen.

D. Der Klein-Schrägkammerofen Bauart „Didier A. G.“.

1. Die Lösung der technischen Aufgabe.

Die kleine Schrägkammer läßt sich rascher füllen und entleeren als die horizontale und auch die schräge Retorte, außerdem wird durch die Vollfüllung der Kammer ein dünnflüssiger Teer erzeugt. Diese betrieblichen Vorteile haben dazu geführt, in bestehenden Ofenhäusern

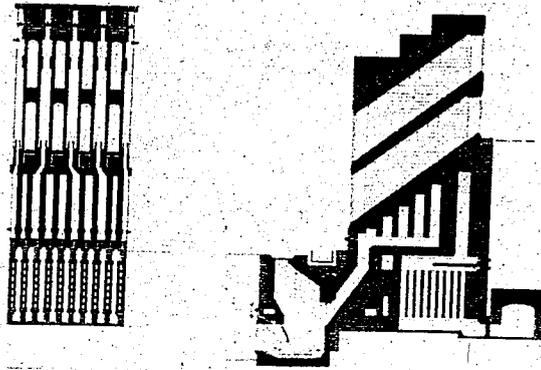


Abb. 41. Klein-Schräggkammerofen mit 8 Kammern, vorne liegendem Generator, Rekuperator und Dampfüberhitzer.

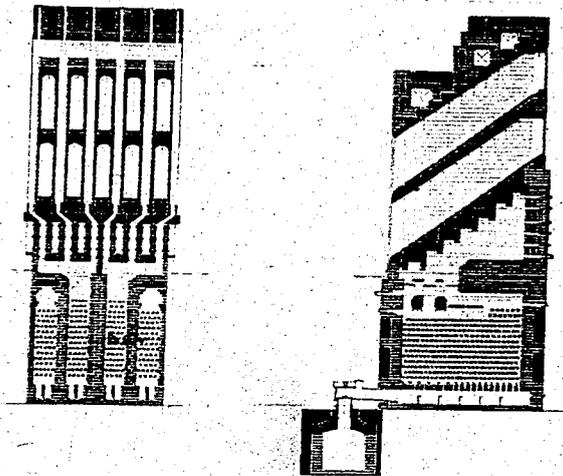


Abb. 42. Klein-Schräggkammerofen mit 10 Kammern und Regeneratoren

die Horizontal- oder Schrägretortenöfen durch Klein-Schräggkammeröfen zu ersetzen.

Diese kleinen Kammern werden meist in zwei Reihen übereinander angeordnet; sie entstehen durch eine schräglauende Aufteilung einer höheren Kammer mittels eines Zwischenbodens. In anderen Fällen ist

jedoch nur eine einzige von unten bis oben durchgehende Kammer ausgeführt worden. 8 bis 10 der in zwei Reihen übereinander liegenden oder 4 bis 6 der durchgehenden Kleinkammern werden zu einem Ofen vereinigt. Die Entgasungszeit beträgt in der Regel 12 h, sie wird durch Verschmälerung der Kammern auch auf 8 h herabgesetzt.

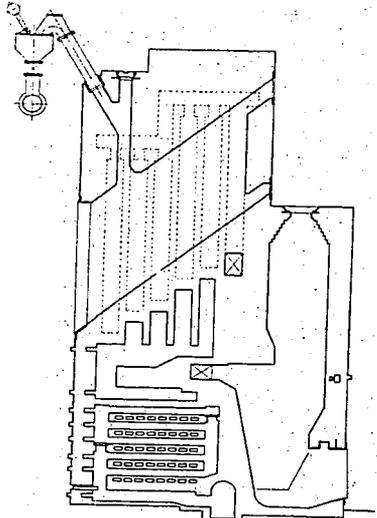


Abb. 43. Klein-Schräkkammerofen mit hohen Kammern.

Durch die Wiederverwendung der vorhandenen Ofenhäuser und der damit gegebenen Baumaße wird der Unterbau jenem der vorher vorhandenen gewesenen Öfen sehr ähnlich. Der Generator liegt wie beim Horizontalretortenofen vorne an der Entladeseite der Kammer, dahinter ist die Rekuperation und im Fundament der Rauchkanal untergebracht.

Zwischen den Tragpfeilern liegt die Rekuperation oder die Regeneration. Die Heizwände sind auf einem schräg ansteigenden Boden errichtet. Dieser und die Kammerdecke dienen zur Längsversteifung des Ofens und des Ofenblocks.

Die unter einem Winkel von 39 bis 41° geneigten Kammern haben folgende Ausmaße:

Länge horizontal gemessen	4,0 bis 5,2 m
Höhe vertikal gemessen	0,95 » 1,0 m
Breite bei 12stündiger Entgasung etwa	33/29 cm,
bei 10stündiger Entgasung etwa	29/25 cm,
bei 8stündiger Entgasung etwa	26/22 cm.

2. Die Beheizung des Ofens.

Die Beheizung der Kammern erfolgt wie beim Schrägretortenofen durch in Absätzen schräg ansteigende Brenner im Kammerunterbau. Die Heizzüge sind vertikal angeordnet und münden in horizontale in der Kammerdecke untergebrachte Kanäle. Der letzte Heizzug des Ofens (an der Füllseite) dient dazu, die Rauchgase durch die Heizwand abwärts zur Rekuperation zu führen.

Die Regelung der Verbrennung erfolgt von der Ofenrückseite oder von der Ofendecke her durch Drosselung der Mündungen der Heizzüge in den gemeinschaftlichen Sammelkanal. Die Wände und Decke des Ofens sind gegen Wärmeabgabe isoliert.

Klein-Schräggkammeröfen werden sowohl mit Röhrenrekuperatoren als auch bei Fremdgasbeheizung mit Regeneratoren ausgestattet. Die Regeneratoren sind meist zu zweimal zwei Gruppen zusammengefaßt und kreuzweise angeordnet. Bei den regenerativ geheizten Öfen liegen alle Umstellvorrichtungen und Ventile an der Entladeseite des Ofens. Diese Anordnung ist durch die kreuzweise Schaltung der Regeneratoren möglich geworden; es wird hierdurch an Raum gespart und eine gute Übersichtlichkeit und leichte Bedienung der Umstelleinrichtungen erzielt.

Der Unterfeuerungsverbrauch wird zu 12 kg Reinkoks/100 kg Rohkohle angegeben.

3. Die Ausrüstung des Ofens.

Die Entladetüre des Ofens besitzt zwei nachstellbare Exzenterverschlüsse. Oben an jedem Entladetürrahmen ist der Gasabgang angebracht. An der Füllseite der Kammer sind zwei kleinere Öffnungen angeordnet, eine in Flucht des Bodens zum Nachhelfen, wenn der Koks-kuchen nicht von selbst herausrutschen sollte, und eine oben in Flucht der Decke zum Füllen der Kammer. Beide Öffnungen sind durch Türen, welche Exzenterverschlüsse besitzen, verschließbar.

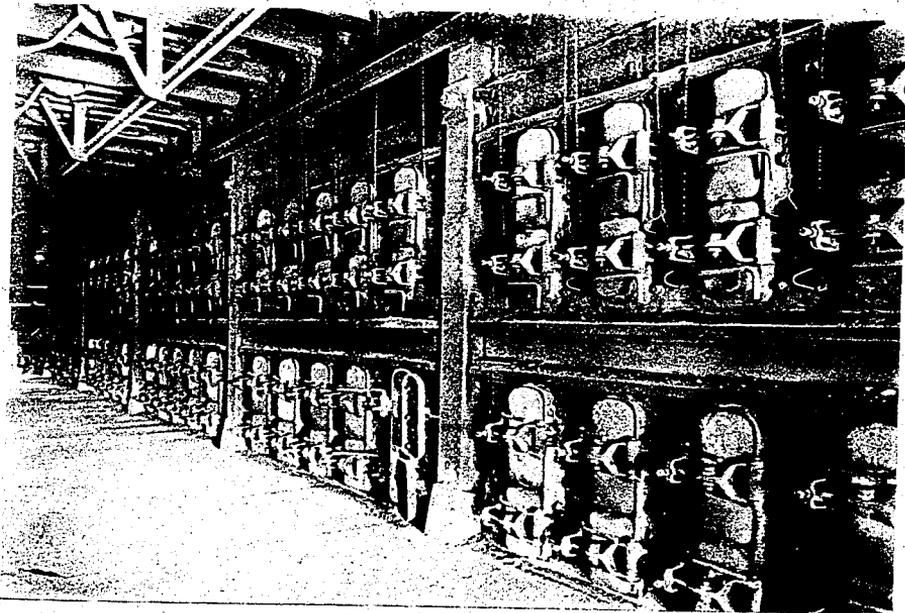


Abb. 44. Entleerungsbühne der Klein-Schräggkammerofenanlage des Gaswerks Wien-Simmering.

Die Steigeröhre der Entladetüren führen zu einer gemeinschaftlichen Reihenvorlage, die mit Tauchungseinrichtung versehen ist.

Die Ofenverankerung ist so ausgeführt, daß die Entlade- und Stoßtüren an das Mauerwerk angepreßt werden; im übrigen ist sie ähnlich gebaut wie die Verankerung des Schrägretortenofens.



Abb. 45. Füllbühne der Klein-Schräggkammerofenanlage des Gaswerks Ratibor.

Die Öfen haben zwei Hauptbedienungs Bühnen, eine an der Entleerungsseite und eine an der Füllseite. Die Bühne an der Entleerungsseite liegt in Höhe der Koksabförderung; von hier aus kann gleichzeitig der Generator mit heißem Koks gefüllt werden. Die Bühne an der Füllseite ist bei Öfen mit zwei Reihen Kammern übereinander meist stufenförmig angeordnet, damit auch noch die obere Kammer bedient werden kann.

4. Die Füllung und Entleerung der Kammern.

Die Füllung der Kammern erfolgt mittels eines fahrbaren Behälters und Füllschurren durch die obere Öffnung an der Füllseite der Kammern.

Eine besondere Stoßmaschine ist nicht vorhanden, sondern es genügt erforderlichenfalls die Nachhilfe mit der Stocherstange.

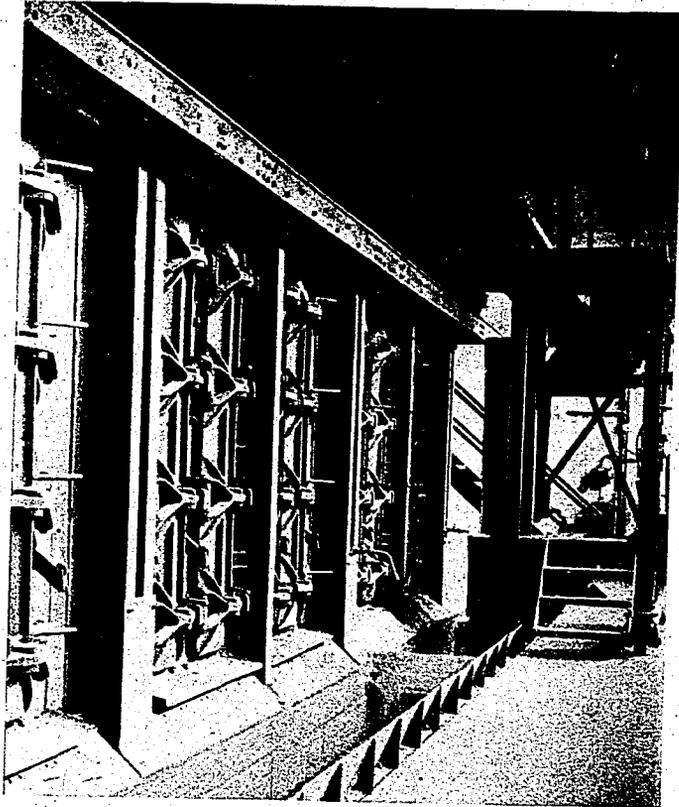


Abb. 46. Entleerungsbühne der Klein-Schräggkammerofenanlage
„Fredericia“, Dänemark.

Die Abförderung des Koks geschieht mit Hilfe einer Brouwer-Rinne, die vor dem Ofen auf der Entladeseite entlang läuft, oder durch handbediente Kokswagen.

Die Einstellung des Ofens und die Betriebsüberwachung vollzieht sich in ähnlicher Weise wie beim Großraum-Schräggkammerofen; es wird daher auf die diesbezüglichen Ausführungen hingewiesen.

5. Die Leistung des Klein-Schräggkammerofens.

Bei der Berechnung der Ofenleistung wurden folgende Annahmen gemacht:

1 m³ Kohle wiegt 750 kg.

100 kg Rohkohle geben 31,5 Nm³ Gas.

Höhe m	Länge m	Kammer		Kohlen- gewicht kg	Gas Nm ³	Ofenleistung					
		Breite cm	Nutz- inhalt m ³			8 Kammern		10 Kammern		12 Kammern	
						t	Nm ³	t	Nm ³	t	Nm ³
8-stündige Entgasung:											
0,95	4,0	27/23	0,705	523	165	12,6	3950	15,7	4940	18,83	5930
1,00	4,1	27/23	0,818	603	190	14,5	4560	18,1	5700	21,7	6840
12-stündige Entgasung											
0,95	5,2	33/29	1,2	900	284	14,4	4540	18,0	5670	21,6	6800
1,00	4,3	33/29	1,01	760	240	12,2	3830	15,2	4790	18,2	5750



Abb. 47. Füllvorrichtung der Klein-Schräggkammerofenanlage »Fredericia«, Dänemark.

E. Zusammenfassung.

Verglichen mit allen anderen Ofensystemen sind die Leistungen des Schräggkammerofens in jeder Hinsicht als zufriedenstellend und gleichwertig zu bezeichnen.

Man hört vielfach die Meinung, der Schrägkammerofen habe sich wirtschaftlich überlebt und habe insbesondere gegenüber dem Horizontalkammerofen keine Daseinsberechtigung mehr; außerdem müsse man die Gaswerke zur Erhöhung ihrer Wirtschaftlichkeit mit Hilfe der Horizontalkammeröfen zu Kokereien umbauen, wodurch sich ohnedies die Verwendung von Schrägkammeröfen erübrige.

Diese Anschauungen gehen von einer völligen Verkennung der tatsächlichen Verhältnisse aus.

Der Horizontalkammeröfen-Betrieb erfordert sorgfältigste Auswahl der Kohle. Er ist daher dort am Platze, wo die gleichmäßige Belieferung mit geeigneter Kokskohle dauernd sichergestellt ist, also insbesondere auf Kokereien mit Kohlenlieferung aus eigenen oder Konzern-Gruben.

Die Gaswerke sind hinsichtlich der Kohlenbelieferung auf die Syndikate angewiesen. Hoher Beschäftigungsgrad der Industrie vermindert den Anfall an verkäuflicher Kokskohle, Kriegsmaßnahmen stören die Zufuhr ausgewählter Sorten oder heben sie auf.

Schon in friedlichen Zeiten ist daher die Zufuhr der für den Horizontalkammerofen geeigneten Kohlen zu den Gaswerken nicht dauernd sichergestellt, in kriegerischen Zeiten völlig unsicher.

Die Gaswerke haben nicht in erster Linie die Aufgabe, Hüttenkoks zu erzeugen, sondern das Gasbedürfnis der Bevölkerung mit Sicherheit zu befriedigen. Sie müssen daher möglichsie Unabhängigkeit des Kohlenbezugs von den Erzeugern, ferner Unabhängigkeit von der Lieferungs-möglichkeit bestimmter Kohlsorten anstreben und im Bedarfsfalle in der Lage sein, auch andere Kohlsorten zu entgasen. Der Horizontalkammerofen ist in dieser Hinsicht außergewöhnlich empfindlich, und die Verwendung ungeeigneter Kohle gibt zu den schwersten Betriebsstörungen Anlaß.

Abgesehen von den horizontalen Retortenöfen gibt es kein Ofensystem für die Kohlenentgasung, das so unempfindlich gegen einen Wechsel der Kohlenbeschaffenheit ist, wie der Schrägkammerofen. Er verarbeitet neben Kokskohle auch Gaskohle, Braunkohle, ja sogar leicht treibende Kohle. Und selbst wenn einmal die Verarbeitung von stärker treibenden Kohlen im Notfalle erforderlich ist, so erleichtert die Schräglage der Kammern die Stocharbeit derart, daß sich diese Betriebserschwernisse viel leichter ertragen lassen, als bei irgendeinem anderen Kammerofensystem.

Die wirtschaftliche Bedeutung des Schrägkammerofens ergibt sich auch daraus, daß zur Zeit rund 2200 große und rund 450 kleine Kammern im Inlande, aber auch insbesondere im Auslande sich im Betriebe befinden.

Schrifttum.

1. H. Ries: Mitteilung über einen Kammerofen zur Gaszerzeugung. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung **46** (1903) S. 640.
2. H. Ries: Mitteilung über weitere Versuche mit dem Münchener Kammerofen. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung **47** (1904) S. 1018/19.
3. H. Ries: Münchener Kammerofen. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung **50** (1907) S. 717.
4. H. Bunte: Untersuchung des Münchener Kammerofens. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung **50** (1907) S. 723.
5. Prof. Dr. E. J. Constan und Dr. P. Schläpfer: Über Treiböle. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure **57** (1913) S. 1661.
6. B. Ludwig: Die Entwicklung der Entgasungsräume, ihr Einfluß auf die Erzeugnisse und die Wirtschaftlichkeit des Betriebs. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure **69** (1925) S. 530.
7. H. Müller: Die Stadtgasbeheizung in betrieblicher und wirtschaftlicher Hinsicht. Gas- und Wasserfach **73** (1930) S. 1177/80.
8. E. Selberg: Stadtgasbeheizung von Öfen mit Einzelgeneratoren im Gaswerk Grasbrook. Gas- und Wasserfach **76** (1933) S. 661.
9. Dr. K. Baum: Die Erzeugungsanlagen von Gas und Koks, Wechselwirkungen der Kokerei und Gasindustrie. Gas- und Wasserfach **77** (1935) S. 606.