

6. Teil

Kleinraumöfen

Von

Obering. Ludwig Rodde

Stettin

A. Geschichtliche Entwicklung der Kleinraumöfen einschließlich ihrer Beheizungseinrichtungen.

1. Retortenöfen.

Seit Jahrhunderten sah man in den Kohlen wertvolle Bodenschätze, und längst ehe der Apotheker und nachmalige Prof. Pickel in Würzburg im Jahre 1786 in seinem Glaskolben ein brennbares Gas destillierte und Murdoch 1792 in England seine erste gußeiserne Retorte ins Feuer hing, war es bekannt, daß man aus Kohle außer Gas auch Koks erzeugen kann. Allerdings geschah diese Koksherstellung noch recht primitiv in Kohlenmeilern, die den Holzkohlenmeilern nachgebildet waren und das sich entwickelnde Gas ungenutzt entweichen ließen. Immerhin war dies der Ursprung der späteren sog. Bienenkorböfen, wie sie vereinzelt im Ausland sogar heute noch für die Kokserzeugung im Gebrauch sind.

So findet man an der Wiege der Gasindustrie zwei Entwicklungen nebeneinander laufen: den Koksofen und den Gasofen, die Kokerei und das Gaswerk, die seitdem fast ein Jahrhundert zur gegenseitigen Konstruktions- und Zweckangleichung gebrauchten. Erst in unseren Tagen der genormten Gasbeschaffenheit spricht man von Koppelung und Verbundwirtschaft dieser beiden Erzeugungsstellen von Koks, von gasförmiger Energie und sonstigen Kohlewertstoffen.

Der Anfang der Gasindustrie weist nach England, da dort die erste praktische Auswertung der Gasgewinnungsidee durchgeführt wurde. Anfänglich diente sie nur Beleuchtungszwecken, eine Aufbereitung der übrigen anfallenden Kohlewertstoffe war noch unbekannt. Murdoch und sein Schüler Clegg müssen wohl tüchtige Ingenieure und Konstrukteure gewesen sein, die die Notwendigkeiten des Betriebes richtig erfaßten, denn deren grundlegende Konstruktionsgedanken leben vielfach noch heute in unseren Gaswerkseinrichtungen weiter. Der Kohlenmeiler/wie der Destilliersversuch im Laboratorium hatten den Weg der Wärmezufuhr gewiesen für die weitere Aufschließung der Kohle.

Wärmewirtschaftlich waren die Feuerungen der damaligen Zeit allerdings noch sehr einfach. Ein durch die Feuertüre beschickter Planrost mit darunterliegendem Aschenfall und ein an den Feuerraum anschließendes Rauchabzugsrohr waren die Beheizungseinrichtung. Dort hinein hing Murdoch zunächst seine unten geschlossene eiserne Röhre, die oben mit einem Deckel und seitlich mit dem Gasabzugsrohr versehen war. Das Herausholen der entgasten Kohle, des Koks, nach oben war recht

umständlich. So entstand ein topfartig erweitertes Gebilde, das am nach innen gewölbten Boden einen seitlichen Entleerungsstutzen und oben, neben dem Fülldeckel, das Gasabzugsrohr besaß.

Als Zwischenstufe tauchte dann eine Schrägretorte auf, die etwa 45° Neigung hatte, oben beschickt und unten entleert wurde. Sie bestand beiderseitig aus krümmerartigen Kopfstücken mit den Verschlüssen und dem geraden, beheizten Flanschenrohr als Mittelteil, während die beiden Enden aus dem Ofen herausragten (Abb. 1).

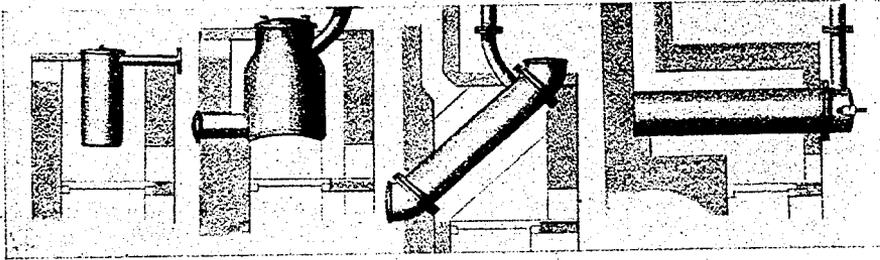


Abb. 1. Erste Gasretorten aus Eisen von Murdoch.

Diese Entwicklungsstufe stellt den Übergang vom Versuch zum Fabrikbetrieb dar. Die erste 1812 in London aufgestellte Anlage bestand aus 2 waagrecht nebeneinanderliegenden Retorten, die mit dem hinteren Ende auf dem Ofenmauerwerk auflagen und die Füllöffnung an der vorderen Ofenwand hatten. Hier befanden sich auch, ähnlich wie heute noch, die Gassteigerohre. Jede der Retorten hatte ihre eigene Feuerung, die von der Rückseite des Ofens aus bedient wurde.

Die weitere Entwicklung brachte dann eine erhöhte Ausnutzung der Feuerungsgase dadurch, daß man 2 zylindrische Retorten übereinanderlegte und so den Abgasweg verlängerte. Hierbei zeigte sich, daß die untere Retorte infolge Überhitzung bald zerstört, dagegen die obere Retorte nicht heiß genug wurde. Durch Einbau von muffelartigen Umkehrungen zwang man die Heizgase, abwechselnd die untere und obere Längsseite der unteren Retorte, dann ebenso der oberen Retorte zu bestreichen (sog. Zirkulationsheizung).

Diese Retorten waren mit angegossenen Längsrippen im Mauerwerk gelagert und besaßen besondere Isolierungen am Auflager in der vorderen Ofenwand. Man versuchte auch, 3 und 4 Retorten in dieser Weise in einem Ofen unterzubringen. Das ungünstige Verhältnis zwischen beheizter und unbeheizter Retortenfläche — hinten heiß, vorn kalt — und der große Abfall der Ofentemperaturen von unten nach oben ergaben ungünstige Destillationsverhältnisse und einen hohen Ausbesserungsstand neben hohen Unterfeuerungskosten. Nach Peckston

waren die Maße dieser Retorten: Länge 1,80 m, lichte Weite 0,30 m, Wandstärke 3 cm aus zweimal geschmolzenem Gußeisen, Eigengewicht 500 kg, Lebensdauer der Retorten 8 bis 10 Monate, Unterfeuerung 10 kg Heizmaterial auf 50 kg Kohlen.

Kurz darauf folgte die Unterbringung von 5 frei liegenden Retorten in einem geschlossenen gemeinschaftlichen Raum, der durch eine »Ofenhülse« begrenzt und überbrückt wurde. Hier konnten sich die Feuergase ohne Umleitungskanäle frei entfalten. Die unteren 3 Retorten lagen dabei auf eisernen Unterstützungsstegen, während die oberen 2 mit eisernen Hängebügeln an der Decke des Ofenblocks befestigt waren. Feuerungstechnisch brachte diese Ofenart erhöhte Gleichmäßigkeit in der Beheizung, die durch 3 darunterliegende Feuer geschah.

Im Jahre 1819 begegnet man dem ersten Ofen, dessen eiserne Retorten den noch jetzt gebräuchlichen elliptischen statt wie bisher einen runden Querschnitt besaßen.

Bald folgten aber auch Versuche mit rechteckigen und \square förmigen Retorten. Scharfe Ecken führen aber bekanntlich immer zu Gußspannungen. Sie wurden außerdem noch von der Feuerung stark angegriffen und von der Innenseite her durch das häufige Einbringen kalter Kohle abgekühlt. Eine Besserung dieser Verhältnisse ergab erst ein Kantenschutz, den man anfänglich aus Eisen, später aus feuerfesten Steinen und Platten schuf. Statt 3 Feuer findet man jetzt wieder nur mehr eines, das von einem kleinen Gewölbe überdeckt wird mit beiderseitigen Austrittsöffnungen für die Feuergase in den Ofenhülensraum, in dem sich die Retorten befinden. Von diesen 5 Retorten waren die 3 unteren an der Sohle durch Platten gegen Überhitzung geschützt, die beiden oberen ruhten auf Tragstegen. Die Bedienung sowohl des Ofens wie auch der Unterfeuerung geschah von der Vorderfront des Ofens aus.

Die Fortentwicklung brachte dann eine weitere wärmewirtschaftliche Verbesserung durch Fallzüge im Abgasweg, die in einen Fuchs mündeten.

2. Tonretorten.

Grafton verwendete erstmalig Retorten aus keramischem Material anstatt aus Gußeisen. Er setzte sie der Länge nach aus einzelnen Stücken zusammen und verband sie durch feuerfesten Mörtel. Erst viereckig, nahm die keramische Retorte bald \square förmigen Querschnitt an. Sie stellte eigentlich den ersten Kammerofen dar, denn ihre lichte Breite betrug 1,524 m, die Höhe 0,46 m, die Gesamtlänge 2,134 m, die Länge der Einzelteile 0,4 m. Der größere Querschnitt wurde anscheinend deshalb gewählt, weil man noch keine Erfahrungen mit dem keramischem Material besaß und für vorkommende Instandsetzungsfälle genügend Bewegungsfreiheit haben wollte. Das Kohlenfassungsvermögen betrug 350 kg je Retorte. Infolge der Wärmespeicherung war die Wärmevertei-

lung bei diesem Ofen gut, die Temperaturschwankungen beim Laden und Entladen waren gering, und die Gasausbeute war höher als bei den üblichen Retorten. Die Koksunterfeuerung betrug 22 bis 23 kg je 100 kg Kohle. Das Auftreten dieser keramischen Retorte wurde stark bekämpft.

Die vollkommene Dichtheit der gußeisernen Retorte war natürlich angenehmer als die dauernde Pflicht zur pfleglichen Behandlung einer mit Dichtfugen zusammengesetzten Tonretorte, und das Ausstoßen des Graphits erfordert bei der eisernen Retorte weniger Rücksichtnahme auf die Wandung als bei der keramischen Retorte. Die Ablehnung der keramischen Retorte wurde noch unterstützt durch den Umstand, daß am Anfang sowohl die Wahl des richtigen Rohstoffes als auch die Beherrschung des Brennprozesses noch zu wünschen übrigließ. Die ersten Retorten fielen zu mürbe und porös und wenig haltbar aus.

Die darauffolgende, aus einem Stück gebrannte Tonretorte wurde deshalb bald wieder abgelöst durch die aus einzelnen Steinen gemauerte Retorte mit kleinerem Querschnitt. Die gemauerten Retorten hatten immerhin eine Reihe von Vorzügen gegenüber den eisernen unter Beweis gestellt: sie waren billiger in der Beschaffung; schadhafte Stellen konnten ohne Betriebsunterbrechung durch Einsetzen neuer Steine ausgebessert werden; die Lebensdauer wurde damals schon mit 10 Jahren angegeben, und man brachte es im praktischen Betriebe fast auf das Doppelte, trotzdem die Entgasungstemperatur höher gehalten werden konnte als bei der eisernen Retorte. Dabei erhielt man nebenbei noch eine höhere Gasausbeute, was allerdings weniger geschätzt wurde, da man wegen der erwünschten Leuchtkraft des Gases auf einen möglichst hohen Anteil an schweren Kohlenwasserstoffen sah. Angenehm war besonders die Nachgiebigkeit beim Anheizen durch die dehnbaren Fugen der mit Nuten übereinandergreifenden Steine. Im Laufe der Zeit änderten sich die Retortenquerschnitte noch mehrmals. Im allgemeinen wurden die kleineren Querschnitte bevorzugt; auch das Steinmaterial erfuhr verschiedene Verbesserungen.

Clift war der erste, der die Retortenlänge verdoppelte, so daß die Öfen von beiden Seiten aus gleichzeitig bedient werden mußten. Diese Öfen haben in England, besonders in London, eine große Verbreitung gefunden. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß der Kampf zwischen eiserner und keramischer Retorte in England um die Hälfte des vorigen Jahrhunderts noch nicht eindeutig entschieden war, ja man baute sogar Öfen, die unten keramische und oben eiserne Retorten enthielten.

Wenn die Schilderung der Anfänge der Gasindustrie, die sich in England vollzogen, so ausführlich geschah, so deshalb, um den technischen Stand zu zeigen, den die deutsche Gasindustrie am Anfang ihrer Tätigkeit vorfand. Die Entwicklung der Gasindustrie in Deutschland war denn auch durch die englischen Vorbilder stark beeinflusst.

Die erste deutsche Übersetzung der bis dahin erschienenen englischen Gasliteratur rief in Deutschland eine ganze Reihe von Erfindern und Konstrukteuren auf den Plan. Bis Ende der vierziger Jahre verwendete man allerdings ebenfalls eiserne Retorten.

Man erkennt daraufhin zunächst zwei Richtungen in der deutschen Gasindustrie. In Mittel- und Norddeutschland entstanden nach englischem Vorbild Steinkohlengaswerke, die teilweise sogar durch englische Gasgesellschaften erbaut und betrieben wurden und deren Ablösung und Übergang in deutschen Besitz zum Teil erst im vergangenen Jahrzehnt erfolgte.

In Hessen und Süddeutschland, besonders im kohlenarmen, aber holzreichen Bayern entstanden seit 1845 durch die Zusammenarbeit zwischen Prof. Pettenkofer, München, und der Maschinenfabrik L. A. Riedinger in Augsburg zahlreiche Holzgasanstalten (ebenfalls mit eisernen Retorten). Die letzte Holzgasanstalt bestand bis 1899 in Bad Reichenhall.

Im In- und Ausland baute L. A. Riedinger in den Jahren 1854 bis 1871 allein 60 Gaswerke, in der gleichen Zeit noch etwa 10 kleinere Gaserzeugungsanlagen in industriellen Unternehmungen.

Interessant sind in diesem Zusammenhang die außer in einer internen Werksfestschrift sonst noch nicht veröffentlichten Angaben über die Holzgaserzeugung. Pettenkofer selbst teilt in seinem Korrespondenzbuch am 11. Juli 1849 (auszugsweise) folgendes mit:

»An Baron von Eichthal in Augsburg.

Ihre heute erhaltene Zuschrift gibt mir eine ohnehin gewünschte Gelegenheit, Ihnen einige Mitteilungen bezüglich der von mir und Eisenbahnbau-Oberingenieur Ruland neuerlich empfohlenen Leuchtgasbereitung zu machen.

Wir bereiten es aus sonst nicht verwertbarem Nadelholze oder Abfällen davon. Vorzüglich haben wir die Krummföhre, die unsere Moore Oberbayerns so häufig bedeckt (auch Latschen genannt), als Material ausersehen. Diese geben in ungetrocknetem Zustande — nach unserem Prinzip destilliert — per Ztr. 750—850 Cub' gereinigtes Leuchtgas. Nach einer photometrischen Untersuchung von Herrn Rektor Alexander zeigte ein einfacher Brenner, welcher 4 Cub' per Stunde verzehrt, die Leuchtkraft von 5 Wachskerzen (wovon 6 auf ein Pfund kommen). — Die Destillation geht in den gewöhnlichen Gasretorten auffallend rasch vor sich, so daß ein gleiches Gewicht Holz wenigstens in der Hälfte der Zeit vergast, als ein gleiches Gewicht Stein- oder Braunkohlen.«

Weiter geht Pettenkofer auf die Reinigung, die chemischen und brenntechnischen Eigenschaften des Holzgases ein und stellt dann Betrachtungen an über Menge und Beschaffenheit des zur Verfügung stehenden Entgasungsmaterials. Er schreibt weiter:

»Ich getraue mir zu behaupten, daß bei einiger methodischer Sammlung München, Augsburg und Nürnberg prächtvoll und billig mit Gas nur aus Tannenzapfen und Föhrenzapfen beleuchtet werden können, ohne dadurch im geringsten einen Schaden für die Forsten oder eine Holzteuerung hervorzurufen. Überhaupt alle erdenklichen Abfälle der Nadelhölzer, sogar die gebrauchte Gerberlohe (der Lohkäse), liefern nach unserem Prinzip behandelt vortreffliches Gas. Die mit Latschen bewachsenen Filzflächen nur in den Landgerichten Weilheim, Rosenheim und Wasserburg, und von diesen nur diejenigen gerechnet, welche nicht weiter als 15 Stunden von München entfernt sind, betragen 32000 Tagwerke. Nach Bestimmungen, die Ruland an den schlechtest bestockten Theilen gemacht, darf man mit voller Sicherheit auf 54 Ztr. Holz per Tagwerk rechnen, mithin in Summa 1728000 Ztr., woraus man 1382 Millionen Cubik' Gas erzeugen kann. Rechnen wir München und Augsburg zusammen, bedürfen jährlich 40000000 Cubik' Gas, so dauert der Vorrat in den bezeichneten Distrikten allein 34 Jahre, angenommen, daß nichts nachwächst und daß man die Krummföhre nicht im Haspel- und Dachauermoos eigens kultivierte.

Ein Maß von 100 Cubfuß (eine Schachtruthe) dieses Krummholzes (samt Zweigen und Nadeln aufeinander gelegt) haben durchschnittlich ein Gewicht von $9\frac{1}{4}$ Ztr. Zu 6 Millionen Cub' Gas brauchen Sie (angenommen, daß 1 Pfd. Holz 8 Cub' Gas) 810 Schachtruthen Latschen. — Bezüglich der Aufspeicherung darf Ihnen gar nicht bange sein. Ein bayer. Tagwerk hat 40000 Quadrat'. Belegen Sie dieses 10' hoch, so bringen Sie auf ein Tagwerk 4000 Schachtruthen — i. e. den Bedarf zu fast 30 Millionen Cubikfuß Gas. Den Kostenpunkt anlangend, so würde uns bereits von mehreren Seiten garantiert, daß die Schachtruthe Latschen aus 15 Stunden gebracht nicht theurer kommt, als 6 Gulden. Für 6 Millionen Cub' Gas brauchten Sie mithin um 4860 Gulden Holz. — Um das nämliche Quantum Gas aus Ihren Braunkohlen zu erzeugen, brauchen Sie etwa 15000 Ztr. à 40 xr. = 10000 fl. — aus Steinkohlen würden Sie etwa brauchen 12000 Ztr. à 1 fl. 30 xr. = 18000 fl.«

Im praktischen Betriebe ist es nicht bei der Entgasung von Holzabfällen geblieben. Es gab sogar Gaswerke mit eigenem Waldbestand und Holzfällerbetrieb.

Aber auch an anderen Stellen Deutschlands war man nicht untätig im Bau von Gaserzeugungsöfen und im Gaswerksbau.

In Magdeburg begann 1852 Unruh mit dem Gaswerksbau. Er gründete auch 1855 die Deutsche Continental-Gasgesellschaft in Dessau, die sich zu einem bekannten und bedeutenden Unternehmen entwickelt hat.

Als »Vater der deutschen Gasindustrie« gilt indessen der kgl. sächs. Kommissionsrat Rudolf Sigismund Blochmann, der nach einer im Jahre 1818 in Dresden durchgeführten Gasbeleuchtung des

Schlosses ohne jede englische Hilfe eine deutsche Gasindustrie ins Leben rief. Gleichzeitig sorgte er dafür, daß in Deutschland gastechnischer Nachwuchs entstand, der die Weiterentwicklung vorantrieb.

Sein Sohn G. M. S. Blochmann war der Miterbauer und nachmalige Direktor der ersten beiden Berliner Gaswerke.

In seinem 23. Lebensjahr trat der Ingenieur Wilhelm Kornhardt in die Dienste des Blochmann sen. Auch er war am Bau der Berliner Werke beteiligt und führte anschließend nach Blochmanns Plänen im Jahre 1848 den Bau des Stettiner Gaswerkes durch. Vom Rat der Stadt Stettin wurde er anschließend als Direktor des Werkes übernommen. Kornhardt hatte sich durch den Bau von 40 Gaswerken in 15 Jahren und durch seine umfangreiche Gutachtertätigkeit bald einen bedeutenden Ruf als Gasfachmann erworben.

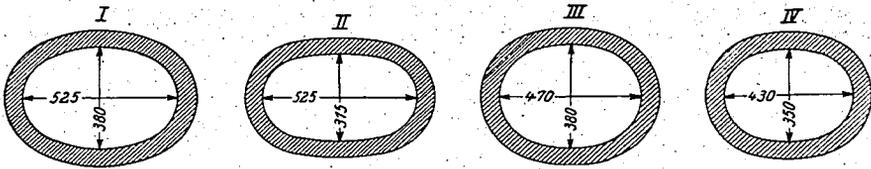
Um vom Ausland bezüglich der Lieferung feuerfester Steine zum Ofenbau unabhängig zu werden, verband sich Kornhardt mit dem damaligen Stettiner Ziegeleibesitzer Friedrich Ferdinand Didier. Dieser erbaute kurz darauf die Stettiner Schamottefabrik, aus der die heutigen Didier-Werke A.-G. hervorgingen.

Mit 20 Mann begann im Jahre 1865 dieses spätere Weltunternehmen, dessen Abnehmer bald die bedeutendsten Gaswerke des Kontinents werden sollten. Selbst englische Gaswerke auf deutschem Boden bevorzugten deutsches Didier-Steinmaterial. Heute gehören 21 Werke zu dem Konzern mit einer gesamten Lieferfähigkeit von 620000 t feuerfesten Materials im Jahre. Weitere deutsche Ofenbaufirmen waren: F. S. Oest's Ww. & Co., Berlin, Vygen & Co. in Duisburg, J. R. Geith in Coburg.

Hierzu kamen im Laufe der Zeit noch mehrere andere Firmen.

Das klassische Werk der gastechnischen Geschichtsschreibung von Dr. N. H. Schilling berichtet, daß im Jahre 1861 schon 293 deutsche Gaswerke mit 7337 Retorten (fast ausschließlich Tonretorten) in Betrieb waren. Man findet dort auch ausführliche Schilderungen über die Anfertigung der Tonretorten, deren Form und Größe.

Im Jahre 1859 wurde der Deutsche Verein von Gasfachmännern auf Betreiben von Schilling gegründet und hielt in Frankfurt seine erste Tagung ab. Er beschäftigte sich 1867 mit der Normalisierung von acht Retortenbaumustern, nachdem durch Umfrage festgestellt war, daß im Jahre 1861 bereits in 36 Gaswerken 30 verschiedene Retortenformen in Gebrauch waren. Am zweckmäßigsten hat sich später eine Retorte ellipthischen Querschnitts erwiesen mit den Maßen 52 cm Breite und 38 bis 39 cm Höhe. Dieses Retortenmaß hat sich im wesentlichen bis heute, also ein Dreivierteljahrhundert, erhalten (Abb. 2).



Länge und Gewichte der Retorten:

Länge	I.	II.	III.	IV.
2,450 m;	ca. 560 kg;	ca. 525 kg;	ca. 550 kg;	ca. 490 kg
2,600 m;	» 590 »;	» 550 »;	» 580 »;	» 515 »
2,750 m;	» 620 »;	» 580 »;	» 600 »;	» 540 »
3,000 m;	» 780 »;			

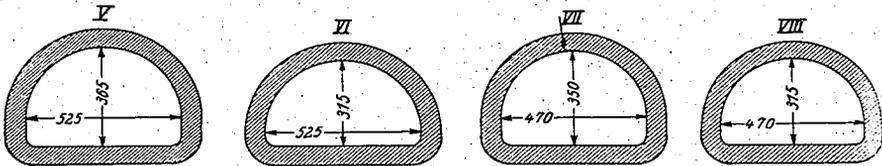


Abb. 2. Die gebräuchlichsten Retorten-Bauformen.

Länge	V.	VI.	VII.	VIII.
2,450 m;	ca. 510 kg;	ca. 490 kg;	ca. 490 kg;	ca. 475 kg
2,600 m;	» 535 »;	» 515 »;	» 515 »;	» 515 »
2,750 m;	» 565 »;	» 540 »;	» 540 »;	» 540 »

Die Wanddicke beträgt 60—65 mm, an der Mündung 100—110 mm.

Noch in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts unterschieden sich die deutschen Öfen mit der Rostfeuerung nur wenig von den englischen Vorbildern (Abb. 3).

Anfänglich war es das Material der eisernen Retorten, das die Anwendung höherer Wärmegrade als 1000° im Ofeninnern von selbst verbot. Mit der einfachen Rostfeuerung war es auch nicht möglich, eine höhere Verbrennungstemperatur zu erzielen.

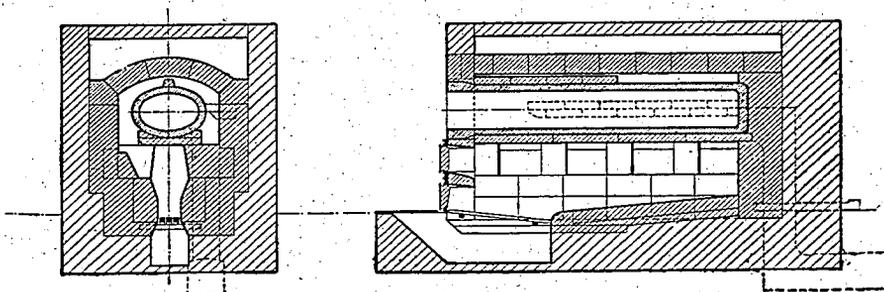


Abb. 3. Gaserzeugungsofen mit einer Retorte, Baujahr 1872.

Während man bei vollkommener Verbrennung reinen Kohlenstoffs einen höchsten Kohlendioxydgehalt der Rauchgase von 21 Volumenprozent erhält, erreichte man mit der Rostfeuerung wegen des angewandten Luftüberschusses nur 10% CO_2 im Rauchgas. Aber auch die Gasausbeute aus der Tonne Kohle betrug nur 130 bis höchstens 200 m^3 bei einem Unterfeuerungsverbrauch von 40 bis 50% der entgasten Kohle.

Die ersten Schamotterretorten bezog man noch aus England. Bald aber eroberten sich die deutschen Schamotterretorten aus den genannten vier Firmen den Markt. Am Anfang betrug die Baulänge 2,5 m. Wegen der geringen Durchbruchfestigkeit mußten sie auf ihrer ganzen Länge durch ein Auflager unterstützt werden. Mit zunehmenden Güteeigen-

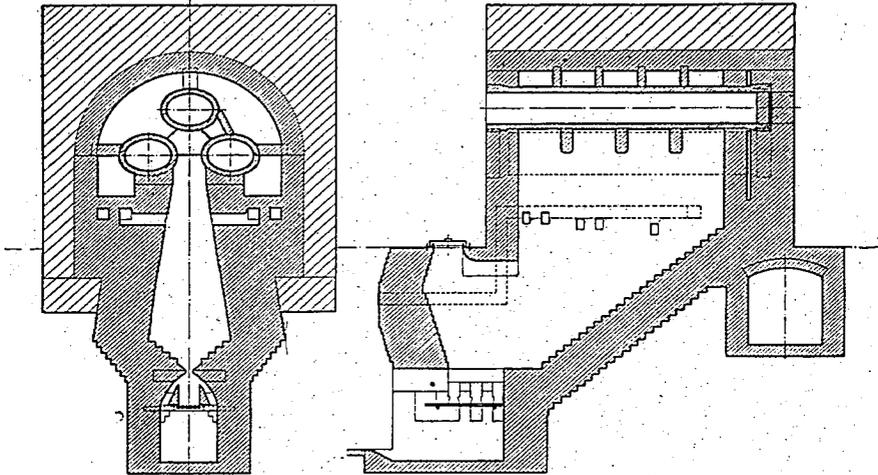


Abb. 4. Generatorofen nach Liegel mit 3 Retorten, Baujahr 1872.

schaften der Schamotterretorte konnte man auf diese Unterstützung schrittweise verzichten. Man ging dazu über, sie durch eine Anzahl von Tragsteinen zu ersetzen. Erst waren es 8, die später bis auf 4 Tragsteine verringert werden konnten. Gleichzeitig gewann man aber an wirksamer Retortenheizfläche, wodurch sich die Wärmewirtschaft des Gaserzeugungsofens verbesserte.

Kornhardt erkannte richtig, daß die Einführung der Gasabsaugung die zweckmäßigste Ergänzung des Betriebes mit Schamotterretorten war. Durch das drucklose Entweichen des Gases aus der Kohle wurde es vor zu langer Berührung mit hocherhitzten Retortenwänden (bei dem damaligen geringen Füllungsgrad) geschützt und so in der Güte verbessert, aber auch der Menge nach, da ein Entweichen nach der Feuerseite durch Undichtheiten vermieden wurde (Abb. 4).

Im Jahre 1861 besaßen von 293 deutschen Gaswerken nur 90 der größeren Werke zusammen 107 Gassauger. In dieser Zeit galten die deutschen Tonretorten schon als wettbewerbsfähig mit jedem Auslands-erzeugnis. Die erkennbaren Entwicklungsstufen sind etwa folgende:

Deutschland: Der einfache Rostofen mit 1 bis 7 Retorten.

Dessau: Der Oechelhäuser-Ofen: Dessauer Ofen.

Berlin: Der Ofen von Schnuhr und Hasse.

(England und Frankreich) Siemens-Feuerung (regenerativ).

Deutschland: Der Liegel-Ofen.

Frankreich: Der Ponsard- und Lencauchez-Ofen.

Deutschland: Der Didier-Hasse-Ofen.

München: Retortenofen von N. H. Schilling und H. Bunte.

Die vorgenannten Entwicklungen liefen zum Teil nebeneinander her.

Die hauptsächlichsten Merkmale der wichtigsten Öfen sollen nachfolgend geschildert werden (Abb. 5 u. 6).

In Deutschland hatte sich der Kornhardt-5-Retortenofen (1855 bis 1865) am meisten durchgesetzt, nach diesem der 7er Ofen. Heiztechnisch war es aber nicht leicht, die 7 Retorten mit der einfachen Rostfeuerung gleichmäßig zu beheizen.

Dies gelang aber nach den Vorschlägen Oechelhäusers, des Leiters der deutschen Continental-Gesellschaft in Dessau, nach dem Grundsatz der freien Flammenentfaltung. Oechelhäuser bildete die alte Rostfeuerung durch Vertiefung zum Generator aus. Die in hin und her gehenden Kanälen vorgewärmte Luft wurde dem erzeugten Kohlenoxydgas zur Verbrennung zugesetzt.

Sein 6er Ofen, der sog. »Dessauer Ofen«, leistete mit 6 Retorten etwa dasselbe wie der frühere 7er Ofen. Er wurde bald vorherrschend im deutschen Retortenofenbau. Die Gasausbeute konnte schon auf 200 bis 250 m³ Gas/t Kohle erhöht werden, und bei den Öfen mit mehr als 5 Retorten sank auch der Unterfeuerungsverbrauch auf 22 bis 25%, bei den kleinen Öfen war er aber noch recht beträchtlich; er betrug bei dem 3er Ofen etwa 30%, beim 2er Ofen 35% und beim 1er Ofen noch 40%.

Der Durchsatz durch eine Retorte betrug am Tag noch nicht mehr als 600 bis 700 kg Kohle.

Wenn der Gasofenbau rückblickend überschaut wird, erkennt man deutlich, daß der Rostofen mit dem 1871 erfolgten Tode des Blochmann-Schülers Kornhardt den Abschluß seiner Entwicklung gefunden hat. Seine Stärke bestand in der Billigkeit und der raschen speicherlosen Heizwirkung, seine Schwäche in dem hohen Koksverbrauch.

Eine umwälzende Neuerung setzt anschließend ein, nämlich die Beheizung der Öfen mit Gas unter Anwendung von Wärmespeichern und Generatorfeuerung. Die Wege, die dabei eingeschlagen wurden,

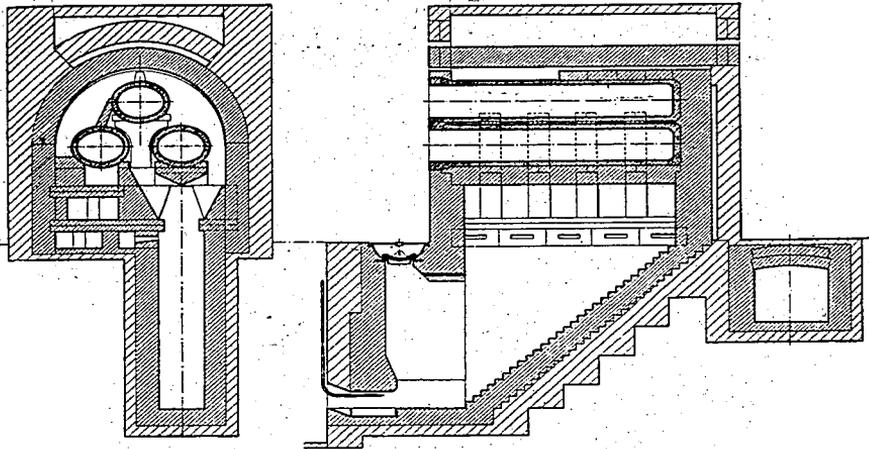


Abb. 5. Generatorofen mit 3 Retorten, Baujahr 1880.

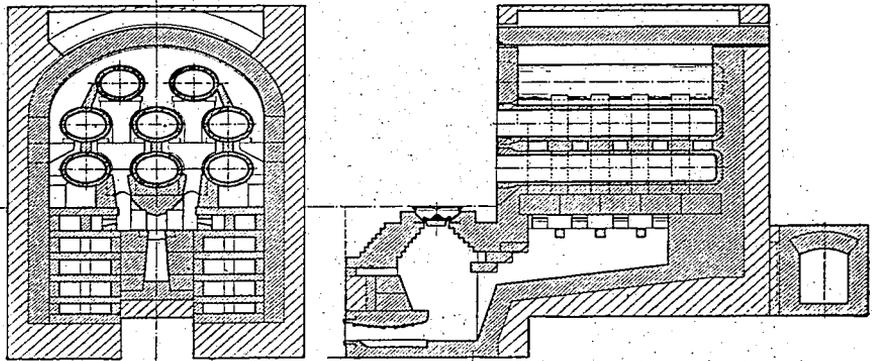


Abb. 6. Generatorofen mit 8 Retorten und Wärmeaustauscher.

sind verschieden. Es wurde die regenerative (Wechselzug-) Beheizung und die rekuperative (Gleichzug-) Beheizung ausgebildet. So wurden 1856 auf dem württembergischen Hüttenwerk Wasseralfingen die Retorten erstmalig mit Gichtgas von den Hochöfen beheizt. 1839 war schon Bergrat Bischof dazu übergegangen, Heizgas in eigenen Generatoren zu erzeugen.

Die Gebrüder Siemens verbanden in London die Generatoren mit sog. Regeneratoren. Dies waren Kanäle aus feuerfestem Baustoff, in denen sowohl die Heizgase als auch die Verbrennungsluft durch die abziehenden Ofenabgase vor ihrem Eintritt in den Ofen vorgewärmt wurden. Ein doppeltes Kammerpaar war umschaltbar eingerichtet, so

daß durch das heißere Paar Heizgas und Verbrennungsluft zur Wärmenentnahme hindurchgeschickt wurden, während das kältere Kammerpaar von den abziehenden Abgasen wieder aufgeheizt wurde. In bestimmten Zeitabschnitten wurde zwischen diesen Kammerpaaren durch Umschaltung gewechselt.

In Deutschland arbeitete Liegel erfolgreich an dem Problem der Gasbeheizung mit einem Generator, der zwar unter dem Ofen lag, dessen Füllschacht aber nach vorn vorgezogen war. Die Luft wurde in einem Rekupëratör vorgewärmt und dem unter absichtlichem Luftmangel erzeugten Kohlenoxydgas des Generators zur Verbrennung zugesetzt. Der Generator hatte einen ziemlichen Tiefgang. Er erweiterte sich in seiner ganzen Längsachse von oben nach unten und verengte sich dann wieder bis auf einen Längsschlitz.

Hier wurde die Wärmehöhe so hoch getrieben, daß die Koksasche zu Schlacke schmolz, auf einen untergebauten Rundstabrost fiel, dort eine Hilfsheizung (zur Flüssighaltung der Schlacke) bildete und von dort wieder beseitigt werden konnte (Abb. 2).

Liegel meisterte alle Schwierigkeiten, die sich aus der verschiedenen Schmelzbarkeit der verschiedenen Schlackenarten je nach der Kohlenherkunft ergaben. Bald mußte die Hilfsheizung den Schmelzfluß der Schlacke aufrechterhalten, wobei gleichzeitig eine künstliche Kühlung der stark beanspruchten seitlichen Schlitzbalken erforderlich war, bald konnte auf die Hilfsheizung ganz verzichtet werden. Westfälischer Koks ergab schwer schmelzbare Schlacke, während Saarbrückener und schlesischer Koks leichtflüssige Schlacke lieferten. Auch englischer, sächsischer und böhmischer Koks eigneten sich für den Liegel-Generator, der etwa alle 2 h beschickt wurde. Der Generatoreinwurfsdeckel war zur Vermeidung von Lufteinsaugung mit einer Wassertasse versehen. Bei aller Güte war dieser Ofen stark von der Zuverlässigkeit der Ofenhausarbeiter abhängig. Er wurde in verschiedenen Größen für die Beheizung von einer bis zu 11 Retorten gebaut.

In Frankreich versuchte man nach den Bauweisen von Ponsard und Lencauchez das Siemens-Prinzip durch rekuperativ wirkende Wärmespeicher aus Doppelhohlsteinen zu vereinfachen.

Hasse, Dresden, bediente je 2 Öfen von einem getrennt stehenden Vollgenerator aus, der mit Heißkoksbeschickung arbeitete. Der dazu gebrauchliche Kippwagen faßte eine ganze Retortenladung. Die Unterluft wurde durch 2 regulierbare Schlitzöffnungen zugeführt, die Oberluft trat an der Vorderseite des Ofens durch Regulierschieber in Zickzackkanäle ein. Unter der Längsachse des Verbrennungsraumes lag ein Mischraum. Von hier aus trat die zugeführte Oberluft auf den beiden Längsseiten mit je 5 Austrittsöffnungen in den Verbrennungsraum. Bei diesem Ofen, der als Didier-Hasse-Ofen bekannt wurde, war die Rekuperation der Oberluft gegenüber früheren Typen schon wesentlich verbessert.

Einen wärmewirtschaftlichen Fortschritt bedeutete der sog. Münchener Ofen, den Schilling mit seinen Mitarbeitern Bunte und Hollweck entwickelte. Die Retorten besaßen eine Länge von 2,8 m. Der Ofen hatte 8 Retorten in 3 Reihen: 2×3 und 1×2 . Die unterste Mittelretorte wies sowohl kleineren Querschnitt auf als auch einen besonderen Überhitzungsschutz, da unterhalb von ihr zu beiden Seiten die Generatorgasbrennerreihen mit je 12 Mischöffnungen für vorgewärmte Luft mit dem Oxydgas lagen. Auch der Einbau des Ofens bestand aus Formstücken. Da der Generator für sich vor dem Ofen stand, konnte der gesamte Unterbau des Ofens für die Luftvorwärmung durch die abziehenden Feuergase ausgenutzt werden. Die Zweitluft wurde an der Vorderseite des Ofens eingeführt.

Dieser freistehende, unter Flur liegende Generator erforderte einen tiefen Aushub und viel Grundfläche, da sowohl der Rost unten im Kellergeschoß mit der dazu nötigen Bewegungsfreiheit bedient, als auch die Generatorwände und die Ofenvorderwand auf Dichtheit dauernd kontrolliert werden mußten.

Das Neue an diesem Ofen war die sog. nasse Vergasung durch Einführung von Dampf unter den Rost. Bunte erreichte damit eine Herabsetzung der Temperatur am Rost, so daß die Asche nicht mehr zum Schmelzen kam, sondern nur mehr eine beim Entfernen leicht zerbröckelnde poröse Masse bildete. Eine weitere Verminderung der Wärmegrade in den unteren Schichten des Generators würde durch den großen Querschnitt des Rostes und die damit herabgesetzte Eintrittsgeschwindigkeit der Erstluft erreicht. Aber auch verbrennungstechnisch war diese Dampfeinführung bedeutsam und für die Zukunft wegweisend.

Der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern hatte Bunte mit der Bildung eines Generatörausschusses beauftragt, der unverzüglich seine Arbeiten der wissenschaftlichen Durchdringung der Vorgänge im Generator aufnahm und seine Arbeiten 1878 zum Abschluß brachte. Durch planmäßige Versuche und durch die Einführung der feuerungstechnischen Betriebsüberwachung bekam man bald klaren Einblick in die chemischen Vorgänge im Generator, über die günstigsten Schütthöhen des Kokes, über Gasmenge und deren chemische Zusammensetzung. Erstmalig erforderten Unterschiede in der Schmelzbarkeit der Koksaschen keine Sonderkonstruktion am Generator mehr, sondern nur eine Veränderung der Menge des Wasserdampfes, der mit der Unterluft eingeführt wurde. Der Dampfzusatz schwankte in den Grenzen von 0,3 bis 0,75 kg je kg Koks. Am wirtschaftlichsten fand man eine Dampfmenge von 0,3 bis 0,4 kg je kg Koks.

Bei seinem Eintritt in die heiße Kokszone führte der Dampf zur Bildung einer Wassergasbeimischung (Halbwassergas). Hierdurch ergab sich ein höherer Heizwert des Generatorgases. Allerdings entsprach diesem Heizwertzuwachs gegenüber der trockenen Vergasung ein Wärme-

verbrauch bei der Zersetzung des Wasserdampfes. Es laufen hier zwei Vorgänge nebeneinander her. Das Einleiten oder Durchsaugen von Luft in den Generator verbrennt den Kohlenstoff, es bildet sich Kohlendioxyd, das nachfolgend am glühenden Koks zu Kohlenoxyd reduziert wird. Hierbei wird Wärme frei, während umgekehrt das Einleiten von Wasserdampf zur wärmeverbrauchenden Wassergasbildung führt. Da die Abgasverluste gegenüber der trockenen Vergasung infolge des erhöhten Wasserdampfgehaltes und des damit abziehenden Wärmeinhaltes bei diesem Generator größer waren, lag es nahe, nach Mitteln und Wegen zu suchen, die Abgaswärme weitgehendst zurückzugewinnen. Dies geschah in einer gut ausgebildeten Rekuperation. Man nutzte die abziehenden Feuergase möglichst zur Vorwärmung der Zweitluft (Oberluft) im Gegenstrom aus. Die Menge der Zweitluft ist bei der nassen Vergasung je nach der Menge des zugesetzten Dampfes oder des verdampften Wassers größer als bei der trockenen. Raum zur Unterbringung von Wärmeaustauschkanälen war bei dem freistehenden Generator unter dem Ofen reichlich vorhanden. Die Rauchgase entwichen aber immer noch mit einer Temperatur von 600 bis 650° C in den Schornstein.

Eine Steigerung der Wärmerückgewinnung ließ sich erst erreichen, als man dazu übergang, auch die Unterluft (Erstluft) vorzuwärmen und den benötigten Dampf aus einem unter dem Rost eingebauten Wasserschiff im Generator zu gewinnen, dessen Boden von Rauchgaskanälen beheizt wurde, die das Wasser verdampften. Die Erstluft wurde auf 180 bis 200° vorgewärmt, während die Zweitluft mit etwa 1000° in den Ofen eintrat. Die Erstluft strich über das Wasserschiff, belud sich dabei mit Wasserdampf, ging anschließend nochmals durch einen Vorwärmerkanal und trat dann unter die gesamte Fläche des Rostes. So gelang es, 65 bis 75% mehr an Abgaswärme zurückzugewinnen.

So ist der auf Grund eingehender wissenschaftlicher Untersuchungen entstandene Münchener Schilling-Bunte-Ofen zum bahnbrechenden Vorbild für die künftige Gestaltung der Entgasungsöfen geworden. Man versuchte die neugewonnenen Erkenntnisse auch auf die bestehenden Ofenbauarten anzuwenden.

Die Firma Didier ging dazu über, eine neue Ofenform, den sog. Halbgeneratorofen, in verschiedenen Abwandlungen zu schaffen. Der freistehende Generator und die ausgedehnte Rekuperation unter dem Münchener Ofen erforderten einen Tiefbau, wie er sich nicht überall teils aus Gründen der Fundierung (Grundwasser), teils mangels vorhandener Mittel bei kleineren und mittleren Werken ausführen ließ. Der Generator wurde nun in flacher Form unter den Ofen gebaut mit niedrigerem Tiefbau. Dies konnte allerdings nur auf Kosten der Größe der zu beiden Seiten liegenden Rekuperation geschehen. Immerhin hatten sie aber noch einen Unterfeuerungsverbrauch von 28 bis 30% bei einer

Gasausbeute von 230 m³ Gas je t Kohle, und dieser Typ hat sich noch lange Zeit auf mittleren und kleineren Werken erhalten.

Demgegenüber hatte der Münchener Vollgeneratorofen eine Unterfeuerung von nur mehr 16 bis 18% bei einer Gasausbeute von 260 bis 290 m³ je t Kohle im Dauerbetrieb.

Beurteilte man bisher die Leistung der Öfen nur nach der Gasausbeute, so zog man jetzt immer mehr auch die Einkünfte aus der für den Verkauf freien Koksmenge in Betracht, die abhängig war vom geringeren Eigenverbrauch bei der Unterfeuerung. Durch diese Mehreinnahmen ließen sich die Mehrausgaben für den wärmeökonomisch durchdachten, Heizmaterial sparenden Münchener Vollgeneratorofen in kurzer Zeit wieder einbringen.

Den Vorsprung, den England zu Beginn der deutschen Gasindustrie innehatte, hat Deutschland im Laufe der Jahrzehnte bis zur Mitte der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts reichlich wettgemacht. Mit der Einführung der Generatorgasbeheizung und der Vorwärmung von Erst- und Zweitluft (Unter- und Oberluft) hatte die deutsche Gasindustrie die Führung übernommen.

Welche Bedeutung man auch im Ausland der deutschen Ofenentwicklung beimaß, kam deutlich zum Ausdruck auf einer Versammlung der englischen Gasfachleute 1884 in London, in der ein Redner betonte: Es verlange die Gerechtigkeit, besonders anzuerkennen, daß jeder Ofen, der gegenwärtig in England in Gebrauch stände, eine mehr oder weniger geänderte Nachbildung der einen oder anderen Bauart der in Deutschland gebräuchlichen Generatoröfen sei.

Aber nicht zufrieden mit dem Erreichten arbeitete man in Deutschland in den folgenden Jahren stetig weiter an dem Ausbau des Münchener Generatorofens. Man versuchte den Ofen wärmewirtschaftlich auf ein Höchstmaß zu bringen, die Wärmeverteilung möglichst gleichmäßig zu gestalten und durch Wärmerückgewinnung die Abgasverluste möglichst klein zu halten.

Der beim Münchener Ofen ursprünglich freistehende oder doch vorgebaute Generator wurde mit in den Ofenunterbau einbezogen. Der hierfür benötigte Raum mußte durch Verkürzung der Rekuperation geschaffen werden. Als Ausgleich für diese verringerte Leistungsfähigkeit vermehrte man die Abgas- und Luftkanäle. Die Strahlungswärme des Generators kam jetzt dem Ofen zugute, die Undichtigkeitsverluste verringerten sich.

Auch äußerlich erfuhr der Ofen insofern eine Änderung, als man dazu übergang, die Retortenlänge zu vergrößern. Damit erhöhte sich auch die Ausstehzeit auf 6 h (gegenüber bisher 4 h). Im Ofeneinbau wurden ebenfalls noch Änderungen getroffen, die eine gleichmäßige Verteilung von Gas und Luft über die ganze Ofentiefe bezweckten. Dies wurde durch Anordnung von Drosselschiebern erreicht. So gelangte der

Didier-Münchener-Ofen allmählich zu einer solchen zweckmäßigen Durchbildung, daß er im Dauerbetrieb nur mit 15% Unterfeuerung, auf entgaste Kohle bezogen, auskam und heute noch betrieben wird. Der Horizontalretortenofen war aber nicht etwa nur eine Bauart für kleine und mittlere Werke, sondern er gehörte ebensogut zum Großgaswerk, das mit zunehmender Gasabgabe ein Retortenhaus nach dem anderen mit diesen Öfen bauen mußte.

Mit der inneren Entwicklung des Ofens hielt auch die seiner Umgebung Schritt. Der Lade- und Entladebetrieb wurde mechanisiert, dadurch die anstrengende menschliche Arbeit verringert und auf von Hand oder mechanisch bewegte Hilfsgeräte übertragen. Geradezu umwälzend wirkte bei den Horizontalretorten der später noch näher zu beschreibende Durchstoßbetrieb, der auch die Wassergaserzeugung in der Retorte und die mühelose Entleerung der Retorte ermöglichte.

Auch die Bewegung, Stapelung und Entnahme von Kohle und Koks wurde vielfach und vielgestaltig durch Einrichtungen mit Kraftantrieb (s. Abschnitt G) bewältigt. Es ist selbstverständlich, daß damit auch das gesamte Ofenhaus eine weitgehende Veränderung erfuhr.

Schon glaubte man, der Gaserzeugungsofen sei am Ende seiner Entwicklung angelangt, da tauchte die Schrägretorte auf, deren Vorläufer wir zu Murdochs Zeiten bereits kennengelernt hatten. Aber auch andere Versuche im Gasfach führten zu neuen Ofenbauarten, hauptsächlich zur Entwicklung der Großraumöfen, wobei zum Teil vollständig neue Wege beschritten werden mußten.

Soweit man in Großstädten neue Gaswerke errichtete, bei deren Ausgestaltung man völlig freie Hand in der Grundrißlösung und Raumausnutzung hatte, ging man zur Vermeidung unnötiger Bedienungskosten von den bisherigen Horizontalretorten ab und zu mechanisch bedienten Großraumöfen über, um die Gasselbstkosten möglichst weit abzusenken. Alten Werken aber, die bei dem heutigen Wachstum der Städte vielfach ins Stadttinnere geraten sind, fehlt oft jede örtliche Ausdehnungsmöglichkeit. Sie sind meist im Grundriß so verbaut, daß sie auch bei Änderungen stark an das Vorhandene gebunden sind.

Trotzdem haben sich auch hier neue Entwicklungs- und Leistungssteigerungsmöglichkeiten finden lassen. Überall dort, wo bei den Horizontalretorten der Durchstoßbetrieb möglich gemacht werden kann, besteht die Möglichkeit zum Übergang zur Kleinkammer. Eine Reihe von Ofenbaufirmen hat sich dieses neuen Entwicklungszweiges der Gasindustrie angenommen und durchaus brauchbare Lösungen herausgebracht. Vielfach konnten die vorhandenen Einrichtungen, wie sie beim Durchstoßbetrieb vorhanden waren, mitbenutzt oder zweckmäßig abgeändert werden.

Die Aufgabe der Gaserzeugung war seit der Einführung des Glühstrumpfes durch Auer v. Welsbach nicht mehr die Herstellung eines

leuchtkräftigen Gases, sondern die eines heizkräftigen Stadtgases. Dies hatte zunächst keinen Einfluß auf den Ofenbau (abgesehen von der Steigerung der Wärmehöhe bei der Entgasung in den Großraumöfen), sondern war eine Sortenfrage bei der Wahl der Köhle. Mit einem Male konnten jetzt auch mittlere und kleinere Werke mehr und mehr von der teuren stückigen Gasförderkohle abgehen und dafür billigere Sorten der Fein- und Staubkohlen wählen, die sie früher wegen der an das »Leuchtgas« gestellten Forderungen nicht verarbeiten konnten. Waren die Zechen und Großgaswerke vielfach den Kleingaswerken noch mit ihrem großstückigen Koks überlegen, so hatte jetzt selbst das kleinste Werk auch die Möglichkeit, großstückigen Koks zu erzeugen bei entsprechender Kohlenwahl. Außer den koksbildenden Eigenschaften der Kohle war Voraussetzung ihre dichte Einlagerung im Entgasungsraum. Da die Zwischenräume, wie sie beim Einfüllen stückiger Kohle entstehen, bei der Feinkohle zum größten Teil ausgefüllt sind, läßt sich diese Bedingung auch beim Kleinraumofen einhalten. Bei den Großraumöfen kommt allerdings hinzu, daß bei der Gefügeumwandlung während des Erweichens der Kohle eine Verdichtung stattfindet infolge des Druckes durch die Lagerhöhe in der Kammer, wodurch der Koks sehr dicht und fest wird. Auch dies kann einigermaßen dadurch ausgeglichen werden, daß beim Kleinraumofen die Kohle möglichst nicht nur eingefüllt, sondern auch eingepreßt wird, was sich durch die neuen Beschickungseinrichtungen unschwer erreichen läßt, wie in den nachfolgenden Abschnitten noch erörtert wird.

3. Horizontal-Kleinkammeröfen.

Die Großraumöfen hatten im Betrieb gezeigt, wie leicht große Lademengen maschinell bewältigt werden können. Es lag der Gedanke nahe, bei den mit mechanischer Beschickung und hinterem Ausstoß versehenen Retorten die Lademengen unter Verwendung der vorhandenen mechanischen Einrichtungen ebenfalls zu vergrößern, zumal dies unter Zusammenfassung zweier übereinanderliegender Retorten geschehen konnte, ohne daß an der Ofenhülse irgendwelche Änderungen vorgenommen werden mußten. Die Vorteile, die die Entgasung größerer Lademengen boten, konnten mit unerheblichem Mehraufwand an Mitteln erreicht werden. Die Gasausbeuten erhöhten sich dadurch, daß die von Kohlen unberührte Fläche an der Decke des Entgasungsraumes, auf die durchgesetzte Kohlenmenge bezogen, sich nicht unbeträchtlich verringerte, d. h. der Füllungsgrad sich vermehrte. Gleichzeitig verminderte sich der Gehalt des Gases an Naphthalin und Zyanwasserstoff, während die Ammoniak- und Benzolausbeute anstieg.

Die genormten Retortenprofile wurden eingangs schon besprochen, die meist einen ovalen oder elliptischen oder einen diesen angenäherten

Querschnitt aufweisen. Selbst im Großkammerofenbau besitzen aber die Kammern nur solche Breiten, wie sie etwa der kleinen Achse der Retorten (und noch weniger) entsprechen, damit die Wärme in der gewünschten Ausstehzeit auch den Weg vom Rand des Entgasungsraumes bis zum Kern der Ladung restlos durchschreiten kann.

Es wäre sonach falsch gewesen, die größere Achse der Retorte als durchgehende Kammerbreite für zwei zur Kammer zu vereinigende, übereinanderliegende Retorten zu wählen, da damit die Beheizungsverhältnisse sich vollständig verändert hätten.

Die Firma Didier schuf deshalb zunächst eine Kleinkammer, bei der etwa ein normales Retortenprofil einfach nach unten in verjüngter Form verlängert wurde. Die Kleinkammer war aus Nut- und Federsteinen zusammengebaut, und trotz des erheblich größeren Ladevermögens dieses Querschnittes war der Weg der Wärme von allen beheizten Außenwänden bis zum Kern der Beschickung annähernd gleich lang, so daß an den gewohnten Ausstehzeiten nichts geändert wurde.

Schon diese als Übergang zu wertende behelfsmäßige Ausführungsform, war ein vollwertiger Ersatz der Normalretorten durch leistungsfähigere Kleinkammern, die den Vorzug hatten, billig zu sein und den Ofen am wenigsten zu verändern. Es bestand aber kein zwingender Grund, den Querschnitt der Horizontalkleinkammer von der früheren Retortenform abzuleiten wie bei dem eben besprochenen Baumuster. Didier wandte sich, wie auch die meisten anderen Ofenbaufirmen, bald dem rechteckigen Kleinkammerquerschnitt zu, wobei für den Einbau alle Erfahrungen ausgenutzt werden konnten, die man inzwischen beim Bau und Betrieb von Großkammeröfen gesammelt hatte und die nur auf die neuen Abmessungen entsprechend übertragen werden mußten.

Auch bei dem rechteckigen Querschnitt ging man zunächst davon aus, zwei übereinanderliegende Retorten durch eine Kammer zu ersetzen. Die Ofenpfeiler blieben stehen, manchmal sogar das Gewölbe. Diese Horizontalkleinkammern wurden zweireihig ausgeführt. Leistung und Sondereinrichtungen sollen nachfolgend noch besprochen werden.

Aber auch damit hatte die Horizontalkleinkammer noch nicht ihren Abschluß gefunden. Denkt man sich bei den vorgenannten zweireihigen Kammeröfen zwei übereinanderliegende Kammern wieder in der Weise zu einer einzigen zusammengefaßt, daß man von der unteren Kammer die Decke und von der oberen Kammer die Sohle herausnimmt, so erhält man eine Kammer doppelten Inhalts, die man zweckmäßig durch Einwurfföffnungen von oben füllte. Bei dem zweireihigen Kammerofen wäre dies nur bei der oberen Reihe möglich gewesen, während die untere Reihe nach Art der mechanisch beschickten Horizontalretorten hätte beschickt werden müssen. Da man an einem Ofen aber keine zwei verschiedenen Einrichtungen für denselben Zweck schaffen wird, füllte man die obere Kleinkammerreihe mittels derselben Einrichtung wie die untere.

Mit der Ausführungsform der Kammerfüllung von oben ist die Annäherung an die in den Kokereien längst üblichen Horizontalkammeröfen betrieblich und aufbaumäßig weitgehend erreicht, nur unterscheiden sich diese Horizontalkleinkammeröfen von jenen hauptsächlich durch ihre bescheidenen Ausmaße. Aber auch die Kokereiöfen haben bezüglich der gasdichten Türen und durch die Ausbildung als Verbundöfen für wahlweise Stark- oder Schwachgasbeheizung eine starke Annäherung an den Gaswerksofen erhalten.

Im Gasfach fing die Entwicklung in der Richtung nach größeren Entgasungsräumen mit ihren Nebenvorteilen erst am Anfang dieses Jahrhunderts an, während die Koksofenindustrie fast von Anbeginn an den Großraumofen bevorzugte. Die Normbestimmungen für das Gas und seine Zusammensetzung haben auch auf die Durchbildung der Ausrüstung des Koksofens rückgewirkt. Der Zustand ist heute überwunden, wie er während des ganzen vorigen Jahrhunderts, d. h. während der Dauer der bedeutendsten Entwicklungsabschnitte beider Richtungen bestand, daß der Koksofenbauer keinen Gaswerksofen und der Gasofenbauer keinen Koksofen baute. Die beiden Arbeitsgebiete überschneiden und verschmelzen sich immer mehr.

4. Außerdeutsche Entwicklung der Kleinraumöfen.

In Frankreich versuchte Le Bon, der Erfinder der »Thermolampe«, das Leuchtgas einzuführen. Unternehmend und aufopfernd setzte er sein gesamtes Vermögen zu. Da er zwar ein ausgezeichnete Theoretiker war, aber des praktischen Gefühls für die Verwirklichung seiner Ideen ermangelte, war es ihm bis zu seinem 1802 plötzlich erfolgten Tode nicht vergönnt, die Früchte seiner Arbeit zu ernten. Seine Arbeiten wurden von einem aus Znaim in Mähren stammenden J. A. Winzler (der sich später in England Winsor nannte) fortgesetzt. Dieser gründete 1814 eine Gesellschaft und errichtete 1819 das erste Gaswerk in Paris. Pauwels übernahm später dieses Werk und brachte es zu günstiger Entwicklung. Zum Unterschied von Deutschland, wo die Gaswerke zu einem erheblichen Teil im Besitz der Gemeinden waren und noch sind, befinden sich die französischen Gaswerke zum großen Teil in privaten Händen. Die Gasversorgung Frankreichs wurde größtenteils von Engländern eingerichtet.

In den Vereinigten Staaten von Amerika beleuchtete erstmalig Henfrey 1801 einen großen Saal in Baltimore mit Lignitgas und erbaute 1802 dort das erste Gaswerk auf amerikanischem Boden.

Infolge der Erdölvorkommen entwickelte sich in Amerika die Gasindustrie nach anderer Richtung als auf dem europäischen Festlande. Immer mehr trat die Erzeugung von karburiertem Wassergas und Ölgas in den Vordergrund. Heute spielt außerdem das Erdgas eine große

Rolle in Amerika, so daß man dort unterscheidet zwischen Erdgas und »hergestelltem Gas«.

5. Derzeitige Bedeutung der Kleinraumöfen.

Im Gaswerksbetrieb zeichnet sich deutlich die Entwicklung zu den großen Lade- und Leistungseinheiten ab, die so groß sind, daß sie nur maschinell bewältigt werden können. Kohle, Koks, Teer, Ammoniakwasser, Reinigermasse u. dgl. werden hierbei nur einmal hochgefördert. Durch ihr Eigengewicht legen sie den Weg zu den Verarbeitungsstätten zurück.

Die Horizontalretorte wandelte sich dabei zur Schrägretorte, diese zur Vertikalretorte, die Horizontalkammer zur Schrägkammer, diese zur Vertikalkammer. Die Lademengen je Entgasungsraum nahmen zu, die Ladearbeit nahm ab, ebenso nahmen die Zahl der Arbeiter und der Unterfeuerungsverbrauch ab. Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt eine Gegenüberstellung der Entwicklung des GaserzeugungsOfens in Deutschland und seine wirtschaftlichen Ergebnisse¹⁾.

Zahlentafel 1.
Entwicklung der Gaserzeugungsöfen.

Ofensystem	Jahr der Einführung der Bauart	Ladegew. je Entgas.-Raum	Anz. d. Ladg. je Entgas.-Raum 24 Std.	Kohlen-Durchsatz je Entg.-Raum 24 Std.	Gaserzeug. je Entgas.-Raum in 24 Std.	Unterfeueg. in Form von Reinkoks je 100 m ³ Gas	Arb.-Schicht 24 Std. für 100 000 m ³ Gas
	Jahr	kg	Ladg.	kg	cbm	kg	Arbeit
Rostöfen mit 6 St. 3 m lg. Retorten	1804	100	6	600	180	83	234
Generatoröfen m. 9 St. 3 m lg. Retorten	1878	150	6	900	270	60	175
Schräg-Retorten-Ofen m. 9 St. 5 m lg. Retorten	1884	350	3	1050	315	60	114
Dessauer Vert.-Ofen m. 12 St. 5 m lg. Retorten	1905	570	2	1140	429	35,5	24
Münchn. Schräg-Kammeröfen m. 3 K. je Ofen	1907	8 000	1	8000	2700	40	22
Horizontal-Kammeröfen	1909	10 000	1	10 000	3300	30,3	19
Vert.-Kammeröfen periodisch betr.	1919	5 000	1	5 000	1900	35,5	21
Vert.-Kammeröfen mit Wanderladung	1920	10 000	dauernd	10 000	4800	28	22

Fast könnte man nach dieser historischen Gegenüberstellung meinen, die Tage der Retorten- und sonstigen Kleinraumöfen seien unwiederbringlich zu Ende.

¹⁾ Deutsche Kommunal-Wirtschaft XIV (1924) S. 1050; Rodde: Die Mechanisierung des Gaswerksbetriebes.

Die Praxis zeigt aber weiter, daß die älteste Ofenart, der Horizontalretortenofen, trotz der geschilderten Entwicklung der anderen Ofenbauarten in Deutschland nicht nur immer noch vorhanden ist, also nicht nur von ihnen nicht verdrängt werden konnte, sondern daß er auch in der Nachkriegszeit bis heute in nahezu der gleichen Anzahl Jahr für Jahr erbaut wurde.

Die Mechanisierung bei den Großraumöfen blieb auch nicht ohne Einfluß auf den Kleinraumofen. Die hierbei bestehenden Möglichkeiten sollen anschließend auf S. 112 näher besprochen werden. Ferner wurde durch Einführung der vollgefüllten Retorte und der »nassen Entgasung« in den Kleinraumofen (s. S. 88) und die Fortentwicklung der Retorte zur Kleinkammer und der angewandten Abhitzeverwertung der Vorsprung der Großraumöfen fast restlos aufgeholt. Aus vorstehendem ist zu ersehen, daß der Kleinraumofen für kleine Werke heute keineswegs als veraltet angesehen werden kann. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß kurz nach dem Kriege viele Werke, bei denen die Öfen stark beansprucht worden waren, wegen unregelmäßiger, vielfach unsachgemäßer Bedienung während des Krieges und Beschickung mit ungeeignetem Entgasungs- und Heizungsmaterial auf den Retortenofen zurückgriffen, der auch unter den verschlechterten Kohlenverhältnissen einen noch brauchbaren stückigen Koks mit geringerem Grusanfall erhalten läßt.

In England war es ebenfalls das Kohlensortenproblem, das beispielsweise das größte Londoner Gaswerk Beckton zu interessanten Schlußfolgerungen nach dem Kriege kommen ließ. Man war im Zweifel, ob man stets die für Öfen mit Wanderladung nötigen Kohlensorten zur Verfügung haben würde. Aus diesen und anderen Gründen erfolgte die Wiederausrüstung eines der riesigen Ofenhäuser mit Horizontalretortenöfen. Es kamen 3 Blöcke von je 9 Stück Zehneröfen, also 27 Zehneröfen mit zusammen 270 Stück 7 m langen, D-förmigen durchgehenden Retorten, mit Steigrohren an beiden Enden, 900 bis 1000 kg Ladegewicht, besonders tiefen Einzelgeneratoren mit 1400° C Ofentemperatur zur Ausführung, die zweimal täglich bedient werden, und zwar von einer einzigen Lade- und Stoßmaschine mit Schleudertrommel und Gelenkstößel. Die Öfen liefern 360 m³/t Kohle mit einem oberen Heizwert von 5000 kcal/m³.

Der Kleinraumofen hat somit einen Verjüngungsprozeß durchgemacht, der ihm noch lange seine altbewährte Stellung innerhalb der deutschen und auch der ausländischen Gaserzeugungsöfen erhalten und in der Form der »kammermäßig betriebenen Retorte« und des Kleinkammerofens immer neue Freunde erwerben dürfte.

B. Aufbau der Kleinraumöfen.

1. Unterbau.

Wie bei jedem Bauwerk spielt auch beim Bau von Entgasungsöfen die Güte des Baugrundes eine ausschlaggebende Rolle. Gaswerke legt man immer an die tiefste Stelle des Versorgungsgebietes, da durch den Auftrieb das Gas von selbst in höher gelegene Ortsteile steigt, aber in tiefer gelegene nur mit Druck befördert werden kann.

So kommt es, daß man in diesen Niederungen beim Gasofenbau häufiger mit Grundwasser zu kämpfen hat als anderwärts. Viele Gaswerke nützen auch für ihre Kohlen die billigen Wasserfrachten aus und liegen direkt neben einem Umschlagsplatz am Wasser. Dies erfordert in besonderem Maße Vorsicht beim Unterbau des Gaserzeugungsofens. Im ersten Fall ist meist trotz des Grundwassers tragfähiger Boden vorhanden. Immerhin wird man den Grundwasserstand am geplanten Bauplatz oder in dessen Nähe jahrelang beobachten müssen, denn abgesehen von der Schädigung des Unterbaues durch die aufsteigende Feuchtigkeit im Mauerwerk bedeutet Grundwasser eine dauernde Abkühlung des Ofens und damit dauernden Wärmeverlust und erhöhten Unterfeuerungsverbrauch. Es sind ferner Fälle bekannt, in denen das Fundament nachgegeben hat, der Ofen Risse bekam und dauernd Gasverluste aufzuweisen hatte. Handelt es sich um moorigen oder Schlickboden, so ist das Eintreiben eines Pfahlrostes notwendig. Die Einzelpfähle müssen je nach Untergrund eine Länge bis zu 15 m und darüber haben. Sie werden zweckmäßig aus eisenbewehrtem Beton nach bekannten Verfahren hergestellt.

Verlangt der Ofenunterbau samt Generator eine größere Tiefe als bis zum Grundwasserspiegel, so empfiehlt sich auf die Dauer der Bauarbeiten eine Absenkung des Grundwasserspiegels mittels einer Wasserhaltung. Ist der Boden tragfähig, so kann eine eisenbewehrte Betonplatte ausgeführt werden, deren Stärke und Bewehrung sowohl der Belastung von oben als auch dem Wasserdruck von unten entsprechen muß. Vorsichtshalber wird man gegen das Aufsteigen von Grundwasser auf diese Betonplatte eine Walzbleisolation aufbringen, darüber ein Gitterwerk aus hartgebrannten Klinkersteinen, dann 1 bis 2 Schichten rotes Mauerwerk, darüber einen Wärmeschutz, beispielsweise aus Asbestplatten (die allerdings unter keinen Umständen mehr Nässe aufnehmen dürfen), hierauf eine Schicht Schamottesteine und darüber kann der eigentliche Ofenaufbau beginnen.

Eine andere Ausführungsart, die sich gut bewährt hat, besteht darin, daß man den zu erbauenden Ofen einfach in einen Eisenkasten setzt. Das Blech braucht nur etwa 3 mm stark zu sein und erhält innen und außen eine Schutzschicht von wasserdichtem Beton von einigen

Zentimetern Dicke. Der »Kasten« wird mit seiner Oberkante um etwa 20 bis 25 cm höher ausgeführt, als der höchste bisher beobachtete Grundwasserspiegel liegt.

Hat man jedoch bei einer Neuanlage vollkommen freie Hand in der Wahl aller Maße, dann wird zweckmäßig der gesamte Ofenbau so hoch über dem Fußboden aufgeführt, daß Schwierigkeiten durch das Grundwasser in Wegfall kommen. Nur wenn man bei einer Altanlage bezüglich der Fördermittel an bestimmte Flur- oder Gebäudemaße gebunden ist, sind die oben geschilderten Sicherheitsmaßnahmen notwendig.

2. Aufbau des Entgasungsofens.

a) *Ofenhülse.*

Die Ofenhülse bildet das umschließende Gehäuse für den Ofeneinbau, der aus Generator-, Luft- und Rauchkanälen, Fuchs und den Retorten oder Kammern besteht. Die Hülse bleibt auch dann unverändert bestehen, wenn der Ofeneinbau nach Ablauf seiner Lebenszeit ganz oder teilweise erneuert oder anders gestaltet wird. Der Schnitt durch einen Ofen zeigt bei dem heutigen Stand der Wärmetechnik ein keramisches Filigranwerk. Dieses alles erhält seinen aufbaumäßigen Halt durch die Ofenhülse. Sie besteht aus den Pfeilern und dem Gewölbe.

Die Hülsen werden mit Rücksicht auf spätere Erweiterungen des Ofenbetriebes meist größer ausgeführt, als sie der augenblicklichen anfänglichen Retortenzahl entsprechen würden. Dies erleichtert später den Einbau weiterer Retorten oder Kleinkammern ohne ofenbautechnische Umbauten.

b) *Gewölbe.*

Zwischen den Pfeilern spannen sich die Gewölbe, die aus Schamotte material hergestellt werden. Aus dem gleichen Material bestehen auch die Formsteine für das Widerlager. Über dem feuerfesten Gewölbe wird an der Vorder- und Rückseite ein Entlastungsbogen von 0,5 bis 0,8 m Breite oder auch ein durchgehender Entlastungsbogen eingespannt. Der Zwischenraum zwischen dem eigentlichen Gewölbe und dem Entlastungsbogen bleibt unausgefüllt und wirkt als Luftisolierung. Die Ofendecke über dem Entlastungsbogen wird mit Lehm, Sand oder Schlacke aufgefüllt und eingebnet. Darüber werden eine Rollschicht oder zwei Flachsichten angebracht.

Die Gewölbe werden als Halbkreisbogen, als Ellipsenbogen und als Korbogen ausgebildet. An den beiderseitigen Auflagern entstehen verhältnismäßig große tote Winkel, die bei der Auswechslung der Retorten durch Kleinkammern vielfach dadurch ausgenützt werden, daß man das Gewölbe höher setzt und es durch einen flacheren Stützbogen ersetzt, soweit man nicht ganz auf das Gewölbe verzichtet und eine

Tragdecke zwischen den Pfeilern einzieht nebst einer von Pfeiler zu Pfeiler reichenden Verankerung (Abb. 7a und b mit Zahlentafel 2).

Zahlentafel 2.

Abmessungen der Ofenhülsen für Retortenöfen.

Anzahl der Retorten	a			b		c	d	e
	Lichte Weite des Ofengewölbes bei Anwendung von Retorten			Tiefe des Gewölbes für				
	NPI 380×525 mm	D-Profil 400×600 mm	ovales Profil 400×650 mm	3 m lange Retorten	2,7 m lange Retorten	Tiefbau unter Flur	Höhe des Ofenmauer- werks über Flur	Lichte Scheitel- höhe des Gewölbes
2	1,25	1,25	1,25	3,4—3,5	3,1—3,2	0,5—2,0	3,00	2,30
3 ¹⁾	1,8—2,0	2,0	2,10	3,4—3,5	3,1—3,2	0,5—2,0	3,00	2,30
3 ²⁾	1,5	1,7	1,2	3,4—3,5	3,1—3,2	0,5—2,0	3,00	2,30
4 ¹⁾	2,0	2,2	2,25	3,4—3,5	3,1—3,2	0,5—2,0	3,00	2,30
4 ²⁾	1,8—2,0	2,0	2,3	3,4—3,5	3,1—3,2	0,5—2,0	3,00	2,30
5	2,3—2,6	2,6	2,7	3,4—3,5	3,1—3,2	0,5—2,0	3,00	2,30
6	2,3—2,6	2,6	2,7	3,4—3,5	3,1—3,2	0,6—2,0	3,00	2,30
7	2,7—2,8	2,9	3,0	3,4—3,5	3,1—3,2	1,0—2,0	3,30	2,60
8	2,7—2,8	3,1	3,2	3,4—3,5	3,1—3,2	1,0—2,0	3,30	2,60
9	2,8—2,8	3,1	3,2	3,4—3,5	3,1—3,2	2,0	3,30	2,60

1) Symmetrisch angeordnet.

2) Unsymmetrisch angeordnet.

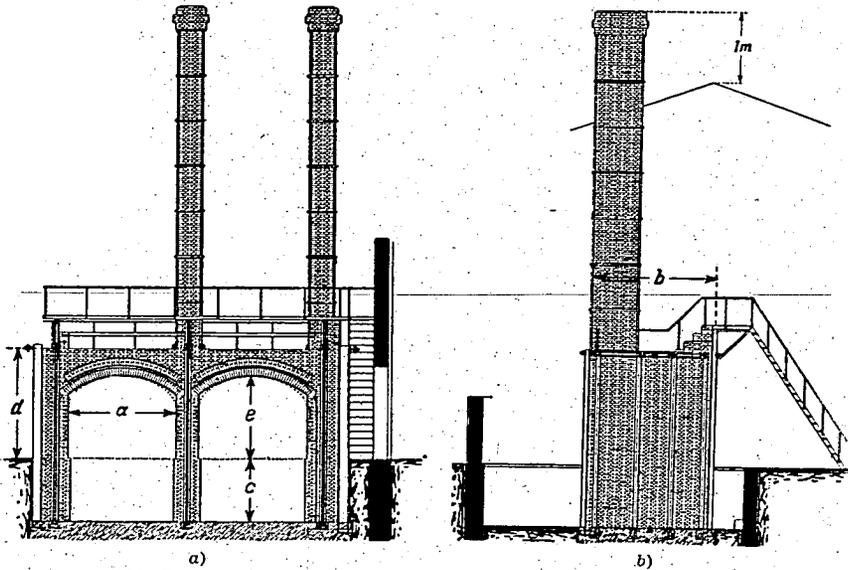


Abb. 7. a) Anordnung der Hülsen, Schornsteine und Verankerung.
b) Seitenansicht.

c) Pfeiler.

Die Pfeiler haben den Zweck, Träger der Ofenverankerung zu werden, das Widerlager für das Gewölbe zu bilden und den seitlichen Wärmeabfluß nach den benachbarten Öfen zu verhindern. Hieraus ergibt sich der Aufbau: Tragendes Mauerwerk, Isolierung als Zwischenschicht und je nach Lage des Pfeilers noch Kanäle für die Zuganker. Da die Isolierung keine Tragfähigkeit aufweist, müssen nach einigen Schichten immer wieder Überbrückungen eingeschaltet werden, die die Last des darüberliegenden Mauerwerkes mit übertragen. Die Isoliersteine bestehen aus Kieselgur oder aus Sterchamolsteinen.

Man unterscheidet zwischen Mittelpfeilern und Endpfeilern. Ein Mittelpfeiler soll zweckmäßig mit nicht unter 63 cm Stärke ausgeführt werden, während die Endpfeiler eine größere Dicke erhalten. Vielfach werden auch die Endpfeiler nach Art von Tonnengewölben zwischen den Verankerungsträgern gemauert. An der Außenwandung kann natürlich Verblendmauerwerk an Stelle von Schamottesteinen verwendet werden.

Heute besteht auch kein Hinderungsgrund mehr, die Endpfeiler nicht mit einer Vorsatzplatte aus eisenbewehrtem Beton zu versehen, wodurch erheblich an den Walzeisenträgern der Verankerung gespart werden könnte. Die Pfeiler stehen unmittelbar auf dem Fundament. Für ihre wie für die Aufmauerung des gesamten Ofenbaues ist größte Sorgfalt zu verwenden.

Der Verfasser hat an einem Ofenblock von 6 Öfen eine Längenausdehnung an der Vorderfront dieser Öfen von 5 cm festgestellt als Unterschied zwischen dem kalten und dem warmen Ofenblock, d. h. daß praktisch im Betriebszustand kein Stein mehr genau dort war, wo er sich in kaltem Zustand befand. Diesen besonderen Umständen ist in allen Teilen des Ofenbaues sogar bei den Ofenhausbühnen, bei aufliegenden Förderanlagen oder Ofenhausbindern und vor allem auch bei der Verankerung Rechnung zu tragen. Deshalb empfiehlt es sich beispielsweise auch nicht, bei dem Aufbau roten Mauerwerks einen Mörtel in den Fugen zu verwenden, der härter wird als der Stein selbst, da sonst beim »Wachsen des Mauerwerks« die Fuge unverändert festhält, während der Stein rissig wird und abreißt.

Die Pfeiler bilden ferner das Auflager für das Gewölbe. Es ist meist bei älteren Öfen halbkreisförmig, bei späteren Öfen korbbogenartig, oder es besteht nur noch aus einem Flachbogen. Bei Horizontalkleinkammern mit Füllung von oben ist kein sich von Pfeiler zu Pfeiler spannendes Ofengewölbe mehr vorhanden, sondern jede Kleinkammer hat ein kleines Deckengewölbe. Die Ofendecke ist bei Retorten- und Kleinkammeröfen tragend ausgeführt zum Begehen evtl. auch zur Aufnahme von Lasten (Armaturen, Gleise usw.)¹⁾.

¹⁾ Wertvolle Hinweise über die Auswahl geeigneten Steinmaterials; seine Beklopfung, Befechtung, Bestreichung mit Mörtel, Versetzen im entsprechenden Verband und Kontrolle auf maßhaltigen Sitz bringt Schäfer A.; Einrichtung und Betrieb eines Gaswerks, 4. Aufl., München.

Da die Ofenhülse einen mehrmaligen Einbauwechsel zu überdauern hat, ist auf ihre Ausführung in allen Teilen besondere Sorgfalt zu verwenden. Für den Fall, daß der Einbau eines zwischen zwei in Betrieb befindlichen oder zwischen einem kalten und einem warmen Ofen liegenden Ofens ausgebrochen und nicht sofort wieder erneuert wird, empfiehlt es sich, durch Wiedezumauern der beiden Ofenstirnseiten zur Vermeidung von Wärmeverlusten die Abstrahlflächen zu verringern.

3. Einbauten.

a) Beheizung.

α) Rostfeuerung.

Der Vorläufer des Generators war die Rostfeuerung, wie sie auf Abb. 3 ersichtlich ist. Sie kommt heute nur noch für kleinste Gaswerke in Frage, die auf Billigkeit der Anlagekosten sehen müssen.

Der glühende Koks liegt auf einem Flachrost, meist aus 50-mm-Quadrasteisen, aufgeschüttet. Die gesamte Verbrennungsluft streicht mit Hilfe des Schornsteinzuges von unten durch den Rost. Der Sauerstoff der Luft verbrennt den Kohlenstoff des Kokses nach der Gleichung



zu Kohlendioxyd.

Ist die Retortenfüllung entgast, so weist der Koks eine Temperatur von etwa 1000° auf. Da die Wärmezufuhr durch die Retortenwandung hindurch geschieht, muß auf der Feuerseite eine noch höhere Temperatur vorhanden sein, damit ein Wärmegefälle zur Verfügung steht. Beim einfachen Rostofen ist dementsprechend der Abgasverlust sehr hoch, besonders dann, wenn bei einer zu hohen Koksschicht über dem Rost unvollkommene Verbrennung nach der Gleichung



entsteht.

Die Verbrennungsstoffe umspülen die Retorten und ziehen dann in den Schornstein ab. Unter dem Rost befindet sich der Aschensammelraum. Die Bauhöhe dieser Feuerung ist gering, so daß auch nur ein geringer Aushub erforderlich ist.

Die Rostflächen betragen durchschnittlich

für Einer- und Zweieröfen	..	900 × 200 mm	=	0,18 m ²
»		Dreieröfen	..	900 × 250 mm = 0,225 »
»		Viereröfen	..	1000 × 280 mm = 0,280 »

β) Einbaugenerator und dessen Bedienung.

Mit der Fortentwicklung der Rostfeuerung zum Generator nahm dessen Bauhöhe an Tiefenausdehnung zu (s. Abb. 4, 5 und 6), zumal aus

Gründen der bequemen Beschickung die Retorten nicht beliebig hoch über Flur gelegt werden konnten. Besonders tiefen Aushub verlangt der Vollgenerator (2 bis $3\frac{1}{2}$ m). Da er sich bei schwierigen Gründungsverhältnissen nur mit hohen, den Ofen stark belastenden Kosten herstellen läßt, schuf man noch den Flachgenerator mit einem Tiefbau von 0,6 bis 1 m und den Halbgenerator mit einem Tiefbau von 1 m bis 1,50 m, bei denen allerdings nur auf Kosten der Unterfeuerung und der Gasbeschaffenheit an Bauhöhe gespart werden konnte.

Der eingebaute Generator liegt ganz unter dem Ofen. Die Züge des Rekuperators sind meist zu beiden Seiten des Generators angeordnet (beim Dreier- usw. Ofen evtl. auch einseitig). Die Einwurfföffnung des Generators ist vielfach so weit vor die vordere Ofenwand vorgezogen, daß die Überführung von Koks in glühendem Zustand aus den Retorten direkt geschehen kann. Bei Retorten mit Durchstoßbetrieb (s. S. 114) wird auch die Einwurfföffnung hinter dem Ofen angeordnet. Es gibt ferner Sonderausführungen, bei denen je eine Füllöffnung vor und hinter dem Ofen angebracht ist (s. Abb. 28 und 29). Bei Vollgeneratoren liegt der ganze Füllschacht vor oder hinter dem Ofen (Abb. 8).

H. Bunte ordnete erstmals unter dem Flachrost des Generators ein Wasserschiff an zur Hitzeminderung in der Rostebene durch die sog. nasse Vergasung. Zur Erhöhung der Dampferzeugung baute man später (1894) beim verbesserten Rostofen System Hasse-Vacherot zwei übereinanderliegende Wasserschiffe ein, von denen das untere von den abziehenden Rauchgasen beheizt wurde (Abb. 9).

Später wandelte sich der Flachrost zum sog. Treppenrost. Der moderne Didier-Neuner-Ofen (Abb. 50) verwendet zur Vergrößerung der wirksamen Rostfläche eine Hintereinanderschaltung von Treppenrost und Flachrost.

Der Treppenrost wurde weiterentwickelt zum sog. Steilrost und dieser zum wassergekühlten Rohrsteilrost.

Das Entschlacken der Generatoren ist eine der unangenehmsten-Gaswerksarbeiten überhaupt. Sowie die Schlackendecke durchbrochen wird, ist der Arbeiter der Hitze des bis auf Weißglut gebrachten Kokes ausgesetzt, der er sich nicht entziehen kann, da er immer bis auf die Reichweite seiner Schürgeräte an die zu reinigende Fläche heran muß. Wird die Arbeit zu sehr beschleunigt, dann wird zu viel Brennbare mit der Schlacke entfernt, und es muß wieder viel Koks nachgefüllt werden; geht das Schlacken zu langsam vor sich, dann fällt der Generator zu sehr in seiner Leistung ab.

Der Generatorabraum wird mit gelochten Schaufeln aus dem Generatorsumpf entfernt. Meist lagert der Arbeiter den Abraum zunächst einmal neben oder hinter sich ab. Ist das Schlacken der Generatoren beendet, wird, wenn nötig, die Schlacke nochmals nachgelöscht und in Kipploren abgefahren.

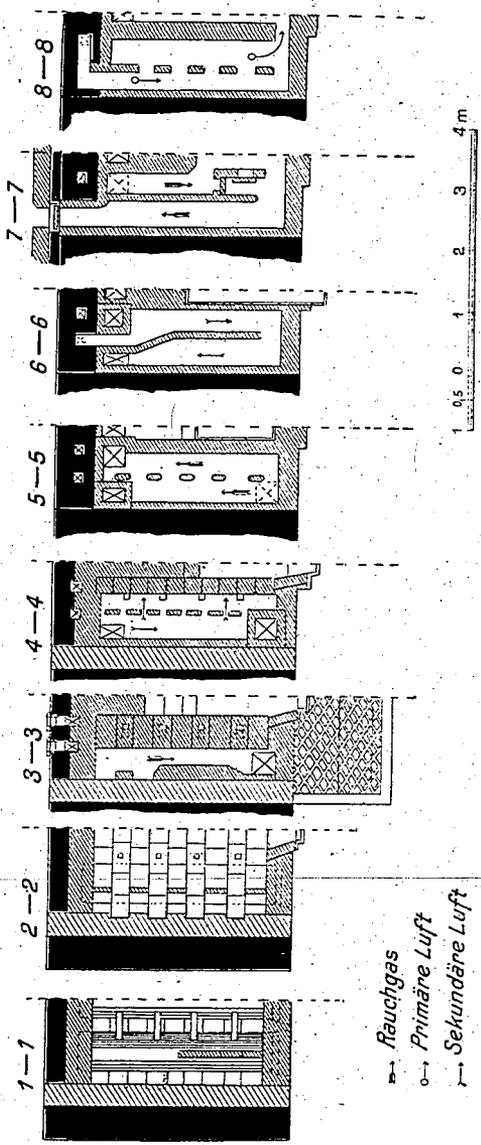
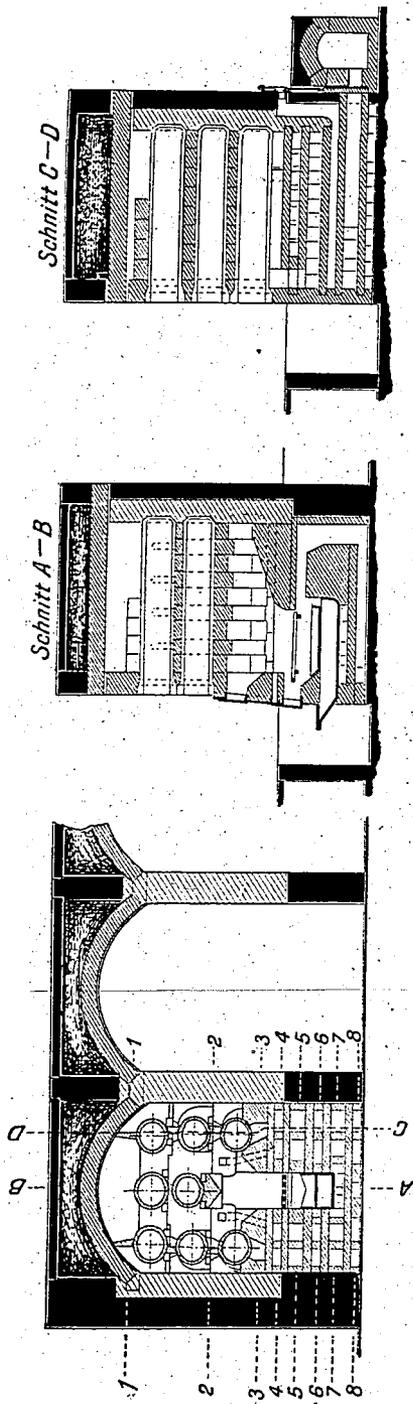
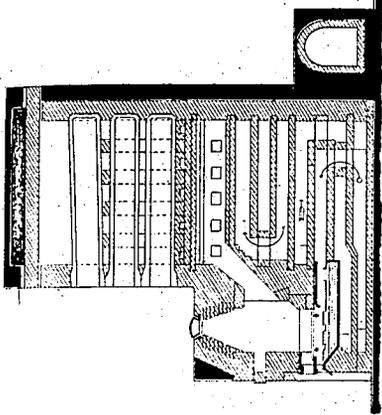
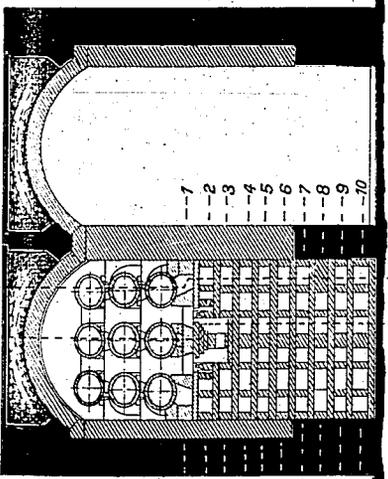
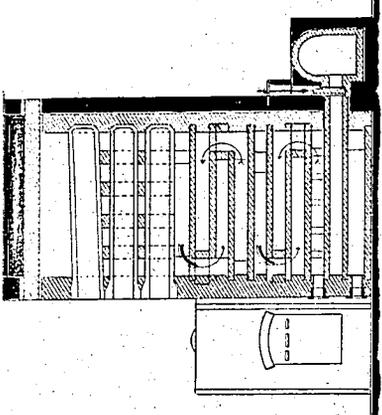


Abb. 8. Vollgenerator mit vorgebautem Schacht, Bauart Didler.

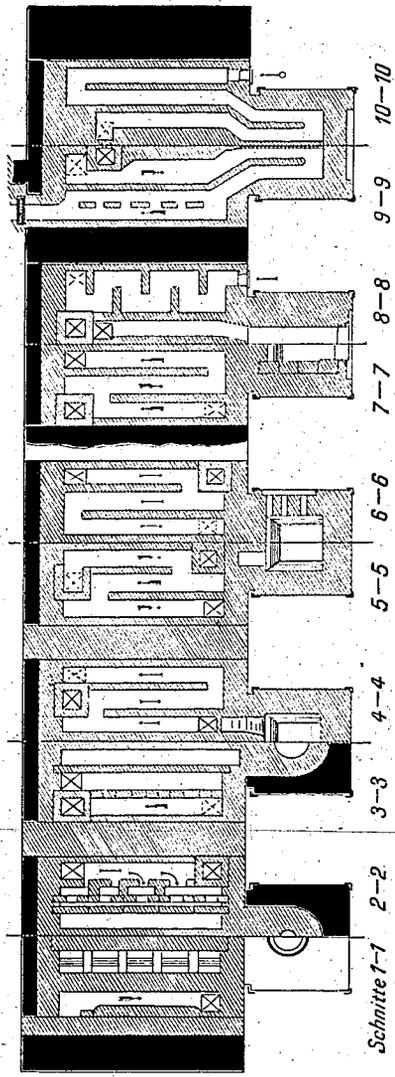
Schnitt C-D



Schnitt A-B



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10



Schnitte 1-1 2-2 3-3 4-4 5-5 6-6 7-7 8-8 9-9 10-10

- Rauchgas
- Primäre Luft
- Sekundäre Luft



Abb. 9. Haibgenerator, Bauart. Hasse-Vacherot-Didler.

Vielfach wird zur Erleichterung der Schlackearbeit die Kokssäule im Generatorschacht durch einen sog. Notrost abgefangen, der in dafür vorgesehene Büchsen oder Rasten über dem Treppenrost eingeschlagen wird, und der mit der Spitze auf der gegenüberliegenden Generatorenwand aufliegt. Der Verschleiß an diesen Hilfsrosten ist sehr hoch wegen der hohen Kokstemperatur. Aus diesem Grunde werden stellenweise sogar wassergekühlte Notroste verwendet.

Das Einschlagen und Wiederausziehen der Notroststäbe kostet Zeit und Mühe. Deshalb wird vielfach versucht, ohne Notrost auszukommen. Dabei kann es sich ereignen, daß die Koksüberbrückungen über dem Rost im Generatorschacht einbrechen und der heiße Koks an der von Schlacke befreiten Stelle wie aus einer Bunkeröffnung dauernd nachdrückt und herausquillt. Durch die modernen vorgenannten Rostkonstruktionen werden diese Vorkommnisse unmöglich gemacht oder doch stark eingedämmt.

War es früher notwendig, den Generator zwei- bis dreimal am Tage zu entschlacken, so geschieht dies bei modernen Rosten nur mehr ein- bis zweimal in der Woche. In der Zwischenzeit wird nur gestochert, d. h. es werden die Eintrittswege für die Erstluft wieder freigelegt, während eine Entfernung der Schlacke erst in größeren Zeitabschnitten stattfindet.

Die Einzelheiten der Rostkonstruktionen finden sich in dem Abschnitt »Armaturen« auf S. 66 und 67.

Der Abraum aus den Generatoren enthält noch ziemlich viel Koks. Auf größeren Werken war es üblich, daß dieser »Schlackenkoks« von Hand ausgelesen wurde. Später ging man dazu über, den Koks nach dem Schwimmverfahren von der schwereren Schlacke zu trennen. Solche Anlagen einfachster Art können von Hand betrieben werden. Die Großanlagen arbeiten mit motorischem Antrieb. Dabei findet eine ständige Hebung und Senkung des Wasserspiegels durch einen Verdrängerkolben statt. Koks und Schlacke verlassen auf getrennten Wegen die Maschine. Der Koks schwappt, auf dem Wasser schwimmend, bei der Hebung des Wasserspiegels über, während die Schlacke absinkt. Trotz des Waschprozesses hängen dem zurückgewonnenen Koks noch Schlacken- und Aschenteilchen an, die seinen Brennwert ebenso herabsetzen wie der hohe Wassergehalt, der durch Lagerung jedoch wieder zurückgeht.

Ein anderes Scheideverfahren beruht darauf, daß Schlacke in bestimmtem Grade magnetisch wird, während es der Koks bei den angewandten Feldstärken nicht ist. Die luftgetrocknete Schlacke läuft dabei über eine Walze, deren Mittelfeld oder mehrere Ringfelder, unter Strom gesetzt, als Magnete wirken und die Schlacke anziehen. Nach einem bestimmten Drehwinkel der Walze wird die Schlacke durch einen Räumler abgestreift. Der zurückgewonnene Koks ist im allgemeinen

trockener als beim Tauch- oder Schwimmverfahren, das magnetische Verfahren erfordert aber höhere Betriebskosten.

γ) Wärmewirtschaft der Einzelgeneratorenbeheizung.

Nach K. Bunte¹⁾ ist die Unterfeuerungszahl in erster Linie abhängig von dem Verhältnis der wärmeübertragenden Innenflächen der Entgasungsräume zu den abkühlenden Außenflächen des Ofens, in zweiter Linie von der Temperatur der Heizflammen, d. h. von der Güte des Generatorgases sowie von der Vorwärmtemperatur von Heizgas und Luft.

Die Beschaffenheit des Generatorgases ist abhängig von der Geräumigkeit des Generators und der Schütthöhe. Aus diesem Grunde ergibt der Vollgenerator im allgemeinen ein besseres Gas als der Halbgenerator.

Die schon von H. Bunte ermittelte günstigste Schütthöhe von 75 cm wurde neuerdings durch die eingehenden Versuche von Terres²⁾ bestätigt und dahin gehend erweitert, daß die Anwendung von größeren Schütthöhen eine Verschlechterung des Endgases verursacht. Wichtig ist ferner die richtige Lage des Gasabganges aus dem Generator (70 bis 90 cm über dem Rost). Außerdem ist der Unterfeuerungsverbrauch abhängig von der Ofenbauart, und zwar von dem Verhältnis der Heizfläche zum Kohleninhalt des Entgasungsraumes. Schmale Entgasungsräume (Kammern) gestatten rasche Ausgasung. Silikamaterial ermöglicht die Anwendung einer höheren Temperatur als Schamotte-material bzw. eine raschere Entgasung.

Auch der Einfluß des Dampfzusatzes auf die Schlackenbildung usw. wurde von H. Bunte richtig erkannt. Die Schmelzbarkeit der Rückstände hängt nach seinen Versuchen von dem Verhältnis der feuerbeständigen und sauren Bestandteile (SiO_2 und Al_2O_3) zu der Menge der Basen und Flußmittel (Fe_2O_3 , CaO , MgO) ab.

Der erforderliche Dampfzusatz in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Rückstände verschiedener Koksarten wurde von K. Bunte zu folgenden Werten ermittelt:

Kohlenart	Böhmische	Westfälische	Saar	Englische	O.-Schles.	Sächsische
SiO_2 } A	51,43	50,82	51,90	48,00	38,47	33,62
Al_2O_3 }	32,91	28,09	25,27	24,82	20,86	18,24
Fe_2O_3 }	11,57	15,81	12,33	19,24	11,22	25,62
CaO } B	2,67	2,11	3,60	10,87	18,41	20,10
MgO }	0,95	—	2,66	—	9,07	2,43
A	84,34	79,91	77,17	72,82	59,33	51,86
B	15,19	17,92	18,59	30,11	39,09	48,15
A : B	5,55	4,46	4,16	2,42	1,52	1,08
kg Dampf	0,49	0,53	(0,70)	(0,71)	(0,71)	(0,79)
kg C	—	—	0,90	0,90	0,90	1,00

¹⁾ Gas- und Wasserfach 67 (1924), S. 101.

²⁾ Gas- und Wasserfach 67 (1924), S. 257, 279, 296, 311, 325.

Der Generatorgaserzeugung ist eine Grenze gesetzt dadurch, daß nur bzw. vorwiegend Kohlendioxyd entsteht, wenn die Gasgeschwindigkeit in der Koksschicht über ein gewisses Maß gesteigert wird. Hierdurch tritt eine Verschlechterung des Endgases ein. Die Leistung kann also nur solange gesteigert werden, als diese Verschlechterung des Endgases in erträglichen Grenzen bleibt. Hieraus ergeben sich für die Generatorbeschickung mit Koks verschiedener Herkunft (s. vorstehende Zahlentafel) verschiedene Durchsatzmengen in der Stunde auf den m^2 Generatorschachtquerschnitt und daraus verschiedene Höchstleistungen in m^3 Generatorgas je m^2 Schachtquerschnitt.

Z. B. bei Saar- und böhmischem Koks:

Für den Rostgenerator Höchstleistung	550 m^3 Gas/ m^2 Schachtquerschnitt/l. = 56 kg C/ m^2	»
Für den Schlitzgenerator mit flüssiger Abführung der Schlacke Höchstleistung .	900 m^3 Gas/ m^2 = 132 kg C/ m^2	»

(Ähnliche Leistungen weist auch der Drehrostgenerator auf.)

Bei unter Druck betriebenen Generatoren liegen die Leistungen noch etwas höher.

Die Versuche von Terres (s. o.) zeigen noch den Einfluß der Bildung von Randgasen. Dies führt zu der Ableitung, daß der Schachtquerschnitt des Generators in dem Teil der Verbrennungszone, in dem noch Kohlenstoff zu Kohlendioxyd verbrennt, nicht größer sein soll als die Gesamtrostfläche, weil sonst eine erhebliche Verschlechterung des Endgases eintritt.

Die Erstluftmenge, die durch den Rost gesaugt wird, ist abhängig von dem Verhältnis der freien Rostfläche zur gesamten; auf den Nutzeffekt des Generators hat dieses Verhältnis keinen Einfluß, wohl aber ein möglichst großes Verhältnis von Gesamtrostfläche zum Schachtquerschnitt.

Die Gaserzeugung im Generator ist abgesehen von dessen Bauart abhängig von der Koksschütthöhe und der Koksqualität, vom Grad der Verschlackung des Generators, von der Einstellung der Luftschieber der Erst- und Zweitluft und vom Kaminzug. Wie sich die vorgenannten Umstände gegenseitig beeinflussen, soll in der nachfolgenden Zahlentafel 3 über den Betrieb des Heizgaserzeugers (Generator) für untergebauete, vorgezogene oder einzeln stehende Generatoren gezeigt werden.

Zahlentafel 3. Der Betrieb des Heizgaserzeugers (Einzelgenerator).

Veränderung				Auswirkung
Koks	Schlacke	Erstluft	Zweitluft	
			gleichbleibend	Bestverhältnisse bei der Heizgasbildung.
		Veränderung von Erstluft, Zweitluft und Kaminzug im gleichen Verhältnis		Brauchbare Verhältnisse bei der Heizgasbildung.
Brennstoff-schicht ver-schieden		Schieberstellung für Erst- und Zweitluft unverändert		Menge der Erstluft in der Zeiteinheit je nach Abbrand oder Auffüllung der Generatorschüttung verschieden, gleichbedeutend mit verschiedener Heizgasmenge.
	frisch ge-schlackht.			Heizgaserzeugung nach Menge und Güte am besten, kurz nach dem Schlacken Neigung zu Oxydtüberschuß.
	zunehmende Verschlackung des Generators	Schieberstellung für Erst- und Zweitluft unverändert	Kaminzug gleichbleibend	Ständig wachsender Rostwiderstand, möglicherweise auch Querschnittsverengung in der Reaktionszone, dazu noch Verschlechterung der Oxydgaserzeugung nach Menge und Güte.
			zu-nehmender Kaminzug	Bei zunehmender Verschlackung saugt gleichbleibender Kaminzug weniger Erstluft, dafür mehr Zweitluft. Zunehmender Luftüberschuß im Heizgas erzeugt Abkühlung bis zum nächsten Schlacken und steigenden Kohlendioxidgehalt des Heizgases, hierdurch ein Absinken der Ofenleistung bis zum Schlacken.
			Kaminzug abnehmend	Zunehmender Kaminzug saugt sowohl mehr Erstluft als auch Zweitluft. Zunehmende Erstluft bringt unerwünschten Mehrkoksabbrand und Zunahme der Generatorleistung. Zunehmende Zweitluft verursacht erhöhte Temperatur in den Heizzügen des Ofens und Beschädigungsgefahr, ferner Betriebsschwierigkeiten (Verstopfungen durch Flugasche).
Beim Vorhandensein von nur 1 Generator je Ofen: dauernd wechselnde Verhältnisse, d. h. nie fortgesetzt gleichmäßige Verbrennung.				Generatorleistung nimmt ab; Ofentemperatur und Ofenleistung fällt ab.

Vorstehende Verhältnisse können wesentlich dadurch verbessert werden, daß 1. man die Kaminzugverhältnisse oder ihren Einfluß auf die Erst- und Zweitluft selbsttätig gleichbleibend regelt, 2. man dem Gaserzeugungssofen Heizgas aus zwei benachbarten Generatoren zuführt, bei denen die Schlackzeiten gegeneinander versetzt werden.

* *

Die auf der vorstehenden Zahlentafel 3 zusammengestellten gegenseitigen Beeinflussungen der Erst- und Zweitluft durch den augenblicklichen Zustand des Generators (und umgekehrt) kann man als Druckunterschied, d. h. als das

Verhältnis von $\frac{\text{Erstluftzugverlust}}{\text{Zweitluftzugverlust}}$ auf einen Schaubildstreifen aufzeichnen lassen (Abb. 10)¹⁾.

In Abb. 10 sind zwei solcher Wochenschaubilder wiedergegeben, und zwar beziehen sie sich auf einen Fünfer-Planrost- und einen Siebener-Retortenofen mit gemischtem Rost. Die Schwankungen sind bei kleineren Generatoren erheblicher als bei großen; bei den letzteren handelt es sich aber trotz der kleineren Schwankungen wegen der größeren Verbrennungsmengen auch um größere Wärmeverluste. Die »Hydro«-Apparatebauanstalt, Düsseldorf, hat aus diesem Unterschiedsdruckanzeiger einen Verbrennungsregler entwickelt, bei dem die Abweichung von der Nulllinie dazu verwendet wird, Kräfte auszulösen, durch welche die Erstluftregelorgane entsprechend verstellt werden.

Die Abb. 10a zeigt den selbstschreibenden Verbrennungsregler in einer Übersichtsdarstellung. In der Abb. 10b u. c ist der Erfolg dieses Reglers dargestellt. Die Schwankungen sind verschwunden. Als Vorteile dieses Gerätes ergeben sich:

1. gleichbleibendes Luftverhältnis evtl. beträchtliche Brennstoffersparnis,
2. fortlaufende Aufzeichnung des Ofengangs (Luftverhältnis und Generatorbedienung),
3. zuverlässige, rasche Überprüfung des Ofenganges,
4. gleichbleibende Ofentemperaturen,
5. geringerer Ofenzug.

Sind mehrere Öfen zusammen an nur einen Schornstein angeschlossen, so ist es einfacher, nicht die Verhältnisse erst an den Vorkammern der Erst- und Zweitluftschieber zu regeln, sondern am Schornstein selbst.

Man schafft an geeigneter Stelle eine Beiluftöffnung, deren Querschnitt selbsttätig so geregelt wird, daß jeweils soviel Falschlufteingelassen oder abgedrosselt wird, daß gleichbleibende Kaminzugverhältnisse in gewünschter Höhe gehalten werden können. Solche Regler sind in verschiedenen Ausführungen handelsüblich; z. B. der Hera-Zugregler, der mit Klappe und gewichtsbelastetem Hebel arbeitet, oder der Aeolo-Regler, bei dem zwei Ventilteller sich leicht auf jede Zugunregelmäßigkeit einspielen und sie ausgleichen.

Theoretisch verlaufen im Generatorgasprozeß nachstehende fünf Reaktionen, die in der Arbeit von Terres und Schierenbeck²⁾ für eine Schütthöhe von 70 cm bestätigt wurden:

¹⁾ Gas- und Wasserfach 76 (1933), S. 723.

²⁾ Gas- und Wasserfach 67 (1924), S. 296 und 313.

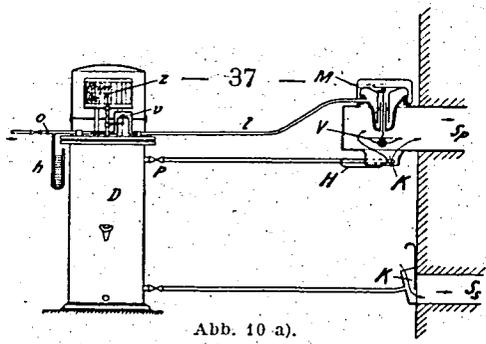
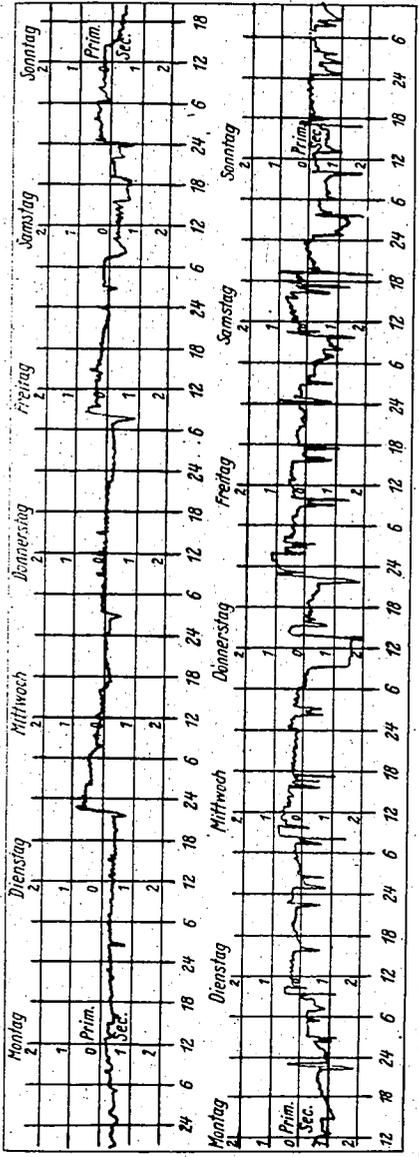
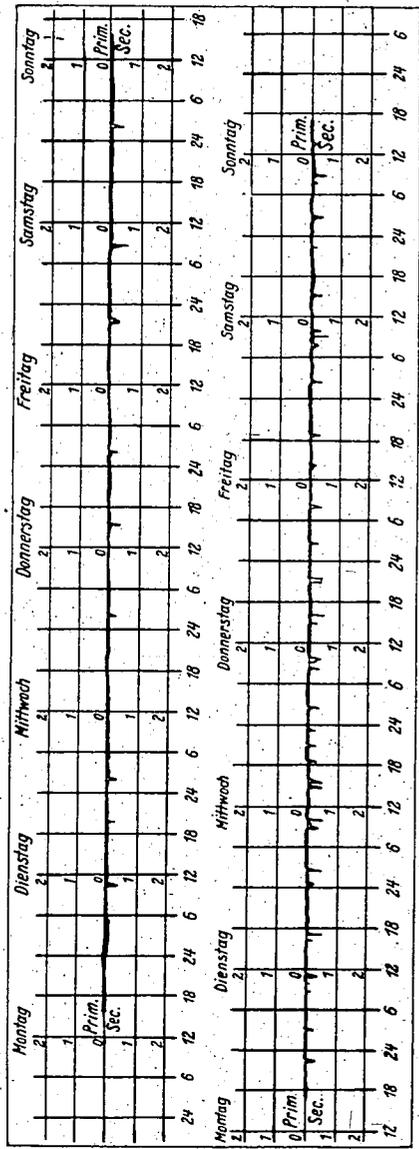


Abb. 10 a).



(Abb. 10. a) Selbstschreibender Verbrennungsluftregler für Generatoren. b) oben: Generatorgas-Schaulinie, ungerregelt; unten: Schwankende Luftverhältnisse. c) Gerregelte gleichbleibende Luftverhältnisse.



c)

1. $C + O_2 = CO_2 + 97000 \text{ kcal}$,
2. $CO_2 + C \rightleftharpoons 2 CO - 38400 \text{ kcal}$,
3. $H_2O + C \rightleftharpoons CO + H_2$ (— 39050 kcal, bez. auf flüss. Wass.),
(— 28290 » » » Dampf),
4. $2 H_2O + C \rightleftharpoons CO_2 + 2 H_2$ (— 39700 kcal, bez. auf flüss.
Wasser),
(— 18180 » » » Dampf),
5. $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2 + 10110 \text{ kcal}$ (Wassergasgleichgew.)

Die angegebenen Wärmetönungen gelten für gleichbleibenden Druck und 15° C.

Die Aufstellung läßt erkennen, daß die Wassergasreaktion in den Reaktionsvorgängen im Generator eine geringere Rolle spielt, als man zu vermuten geneigt ist. Der nasse Generatorenbetrieb erzielt nach Terres also keine Erhöhung des Heizwertes, sondern nur eine Vergrößerung der je kg Brennstoff erzeugten Gasmenge, abgesehen vom Gewinn an fühlbarer Wärme infolge geringerer Leitungsverluste. Terres weist ferner darauf hin, daß bis zu einem Dampfzusatz von 0,5 kg/kg C die Verschlechterung des Heizgases noch so gering ist, daß sie praktisch vernachlässigt werden kann.

Wie bereits gezeigt wurde, beeinflussen die Baumaße des Generators ausschlaggebend die Beschaffenheit des zu erzeugenden Generatorgases. Die Firma Dr. Otto & Co. gibt beispielsweise der Reaktionszone im Generator ihrer Kleinraumöfen eine solche Größe, daß als Durchschnitt ein Gas folgender Zusammensetzung entsteht:

CO_2	6 bis 7%,
CO	27 » 28%,
H_2	10,5 » 11,5%,
CH_4	0,2 » 0,4%,
N_2	54 » 56%,
H_0	1220 » 1250 kcal/m ³ ,
H_u	1160 » 1180 kcal/m ³ .

Nachfolgend¹⁾ sollen an einem Münchener Retortenofen mit Generatorfeuerung die Volumen-, Temperatur- und Wärmeverhältnisse in der Gasfeuerung aufgezeigt werden, wie sie der vor einigen Jahren verstorbene Gasfachmann Dr. Geipert in einer ausgezeichnet durchgeführten Berechnung klarlegt, und zwar sowohl für die Gasbildung im Generator selbst, als auch bei der Vorwärmung im Rekuperator und bei der Verbrennung im Ofen.

¹⁾ Geipert, Journ. f. Ggsbel. 49 (1906) S. 444; thermodynamische Zahlenwerte nach Brückner, H. Handbuch der Gasindustrie Band VI/1, Technische Gase und deren Eigenschaften.

Zusammensetzung des im Gaserzeuger vergastem Koksés:

C	=	88,1%
H	=	0,8%
O + N	=	1,8%
S	=	1,8%
Wasser	=	1,0%
Asche	=	6,5%
		100,0%

Wasserstoff-, Feuchtigkeits- und Schwefelgehalt werden bei der Berechnung vernachlässigt.

1 kg Koks gibt $\frac{0,881}{0,536} = 1,64 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$, wobei $1,64 \times 4337 = 7113 \text{ kcal}$ entwickelt werden.

Verbrauch an Koks in 24 h: 920 kg,

Verbrauch an Wasser in 24 h: 860 kg.

Mittlere Zusammensetzung der Gase in Raumanteilen vom Hundertsatz:

Heizgas:	Rauchgas:
$\text{CO}_2 = 11,9\%$, entspr. 11,9 O_2	$\text{CO}_2 = 19,4\%$, entspr. 19,4 O_2
$\text{CO} = 20,0\%$, » 10,0 O_2	$\text{O}_2 = 1,6\%$, » 1,6 O_2
<u>21,9 O_2</u>	<u>21,0 O_2</u>
$\text{H}_2 = 16,3\%$, entspr. 8,15 O_2	entsprechend 79,0% N_2 .
$\text{N}_2 = 51,8\%$, » 13,75 O_2	
aus der Luft entsprechend	
$13,75 \cdot \frac{79}{21} = 51,7 \text{ N}_2$.	

Ermittelte Temperaturen:

Erstluft beim Eintritt in den Ofen	0° C,
Erstluft mit Dampf unter dem Rost	200° C,
Wasser beim Einlauf	0° C,
Heizgase beim Austritt aus dem Gaserzeuger bzw. beim Eintritt in den Ofen	800° C,
Zweitluft beim Eintritt	0° C,
Zweitluft im obersten Winderhitzerzug	900° C,
Rauchgas aus dem Ofenraum abziehend	1000° C,
Rauchgas beim Eintritt in den Kamin	250° C.

Rauminhalt der entstehenden Gase.

1 m³ Heizgas enthält (0,119 + 0,200) · 0,536 = 0,171 kg C.

1 kg Koks liefert $\frac{0,881}{0,171} = 5,15$ m³ Heizgas, und zwar:

$$0,119 \cdot 5,15 = 0,61 \text{ m}^3 \text{ CO}_2,$$

$$0,200 \cdot 5,15 = 1,03 \text{ » CO},$$

$$0,163 \cdot 5,15 = 0,84 \text{ » H}_2,$$

$$0,518 \cdot 5,15 = \underline{2,67} \text{ » N}_2,$$

$$5,15 \text{ m}^3.$$

1 m³ Rauchgas enthält 0,194 · 0,536 = 0,104 kg C.

1 kg Koks liefert $\frac{0,881}{0,104} = 8,47$ m³ Rauchgas, und zwar:

$$0,194 \cdot 8,47 = 1,64 \text{ m}^3 \text{ CO}_2,$$

$$0,016 \cdot 8,47 = 0,14 \text{ » O}_2,$$

$$0,790 \cdot 8,47 = \underline{6,69} \text{ » N}_2,$$

$$8,47 \text{ m}^3.$$

Erstluft für 1 kg Koks.

$$\text{Für } 0,61 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 = 0,61 \text{ O}_2 \cdot \frac{100}{21} = 2,9 \text{ m}^3 \text{ Luft}$$

$$\text{» } 1,03 \text{ » CO} = 0,515 \text{ O}_2 \cdot \frac{100}{21} = 2,45 \text{ » »}$$

abzüglich des Sauerstoffs aus dem

$$\text{zersetzten Wasserdampf für } 0,84 \text{ m}^3 \text{ H}_2 = 0,42 \text{ O}_2 \cdot \frac{100}{21}$$

$$= - 2,0 \text{ m}^3 \text{ m Luft}$$

$$\text{Erstluft} = \underline{3,35 \text{ m}^3 \text{ » »}}$$

Zweitluft für 1 kg Koks.

$$\text{Für } 1,03 \text{ m}^3 \text{ CO} = 0,515 \text{ O}_2 \cdot \frac{100}{21} = 2,45 \text{ m}^3 \text{ Luft}$$

$$\text{» } 0,84 \text{ » H}_2 = 0,42 \text{ O}_2 \cdot \frac{100}{21} = 2,00 \text{ » »}$$

$$\text{» rechnerisch benötigte Zweitluft} = \underline{4,45 \text{ m}^3}.$$

$$\text{Der Luftüberschuß des Rauchgases beträgt } 0,14 \text{ O}_2 \cdot \frac{100}{21} = 0,67 \text{ m}^3$$

$$\text{Zugeführte Zweitluft} \dots \dots \dots = \underline{5,12 \text{ m}^3}$$

Zersetztes Wasser für 1 kg Koks.

Das Heizgas enthält je 1 kg Koks 0,84 m³ H₂,
entsprechend 0,84 m³ H₂O-Dampf.

Verdampft wurden für 1 kg Koks $\frac{860}{920} = 0,935$ kg Wasser,
 entsprechend $\frac{0,935}{0,804} = 1,16$ m³ H₂O-Dampf,
 davon wurden zersetzt. 0,84 m³ = 72,4%,
 blieben unzersetz. 0,32 » = 27,6%,
1,16 m³ = 100,0%.

Wärmevorgänge.

A. Im Gaserzeuger.

Bildungswärme für CO ₂ 0,61 m ³ · 4331 =	2642 kcal
» » CO 1,03 » · 1310 =	1349 »
	<u>3991 kcal</u>
Zersetzungswärme für H ₂ O-Dampf 0,84 m ³ · 2570	2158 »
Es bleiben übrig	= 1833 kcal
Die Erstluft von 200° führt dem Gaserzeuger zu	
3,35 m ³ · 200 · 0,313 =	208 kcal,
und der Wasserdampf	
1,16 m ³ · 0,362 · 200 =	84 kcal
	<u>292 kcal</u>
	2125 kcal

Beim Austritt aus dem Gaserzeuger ist der Wärmeinhalt des Heizgases bei 800° und unter Zugrundelegung der mittleren spez. Wärme bei konstantem Druck

0,61 m ³ CO ₂ · 0,512 =	0,312
1,03 » CO · 0,331 =	0,341
0,84 » H ₂ · 0,313 =	0,263
2,67 » N ₂ · 0,327 =	0,873
	<u>1,789 · 800 = 1431 kcal</u>
0,32 m ³ H ₂ O · 0,396 =	0,127 · 800 = 102 »
	<u>1533 kcal</u>
Danach Verlust im Gaserzeuger	592 kcal

B. Im Ofen.

Verbrennungswärme des Heizgases (5,15 m ³)	
für CO 1,03 · 3020 =	3110 kcal
» H ₂ 0,84 · 2570 =	2159 »
	<u>5269 kcal</u>
dazu der Wärmeinhalt der Heizgase	1533 »
	<u>6802 kcal</u>
Insgesamt	

Die Rauchgase verlassen den Ofen mit 1000° entsprechend

1,64 m ³ CO ₂ · 0,530 · 1000 = 869	
0,14 » O ₂ · 0,350 · 1000 = 490	
6,69 » N ₂ · 0,333 · 1000 = 2228	
8,47 m ³	
1,16 m ³ H ₂ O · 0,409 · 1000 = 474	4061 kcal
Der Wärmegewinn beträgt	2741 kcal
und wird durch die Vorwärmung der Zweitluft in der Winderhitzung auf 900° vermehrt um 5,12 · 0,333 · 900 =	1534 kcal
Die an den Ofenraum abgegebene Wärme stellt sich auf	4275 kcal
Das sind vom Heizwert des Koks (7113 kcal)	60,1%.

Berechnete Temperaturen.

A. Im Gaserzeuger.

Die dem Gaserzeuger zugeführten Wärmemengen sind folgende:

Wärmeinhalt der Luft und des Wasserdampfes	292 kcal
Freierwerdende Wärme bei der Vergasung des Koks-kohlenstoffs	1833 „
	2125 kcal

Die Grenztemperatur tg beträgt

$$tg = \frac{2125}{0,540 \cdot 0,61 + 0,341 \cdot 1,03 + 0,318 \cdot 0,84 + 0,337 \cdot 2,67} = \frac{2125}{1,847} = 1150^\circ.$$

Die Temperatur im Gaserzeuger beträgt also 1150°.

B. Im Ofen.

Das Heizgas tritt mit 800° ein.

Seine Wärmekapazität wurde soeben ermittelt zu 1,789 kcal

Die Zweitluft tritt mit 900° ein,

Ihre Wärmekapazität ist 5,12 · 0,333 = 1,70

Der Temperatenausgleich zwischen Heizgas und Zweitluft ergibt sich aus dem Verhältnis 1,70 : 1,789

Daraus berechnet sich die mittlere Temperatur zu rund 850°.

Die Grenztemperatur tg beträgt nach der Näherungsformel¹⁾:

$$tg = \frac{Hu + Q + 120V_{CO_2} + 120V_{H_2O} + 40V_{N_2}}{0,639 \cdot V_{CO_2} + 0,519 \cdot V_{H_2O} + 0,373V_{N_2}}$$

$$= \frac{5269 + 1533 + 120 \cdot 1,64 + 120 \cdot 1,16 + 40 \cdot 6,69}{0,639 \cdot 1,64 + 0,519 \cdot 1,16 + 0,373 \cdot 6,69} = \frac{7405,60}{4,15} = 1785^\circ.$$

¹⁾ Band VI/1 des Handbuchs der Gasindustrie S. 111 Formel 5.

Die Beheizung des Generatorofens stellt sonach eine (Fern-)Gasheizung dar. Das im Generator erzeugte Gas wird mit ca. 800° den Brennern zugeleitet, wo es mit vorgewärmter Verbrennungsluft gemischt und verbrannt wird. An der blauen Farbe der Flamme erkennt der Betriebsfachmann schon die Güte der Verbrennung bzw. die richtige Gasluftmischung. Außer von den in der Zahlentafel 3 S. 35 genannten Einflüssen ist die Güte der Generatorgasbeheizung in hohem Maße abhängig von der Güte des Kokes, der meist eigener Erzeugung entstammt. Schon wiederholt mußte beispielsweise bei der Inbetriebnahme neuer Ofenbatterien durch die Erbauerfirmen Fremdkoks zum Anheizen beschafft werden, da mit der vorhandenen anfallenden Koksart die Ofentemperaturen bzw. die Gewährleistungszahlen nicht zu erreichen waren.

Soweit die Ofenbauart oder der Einwurfschacht für den Generator dies zuläßt, wird man den heißen Koks ungelöscht in den Generator überführen. Der glühende Koks verläßt die Retorte oder die Kammer mit ca. 900 bis 1000° C. 1 kg Koks enthält bei einer spez. Wärme von 0,37 und 900° C noch 333 kcal fühlbare Wärme.

Man spart durch Überführung von Heißkoks sonach etwa 5% des Koksheizwertes; außerdem entlastet man um die Menge der Unterfeuerung nicht nur die Löschanlagen, sondern auch zweimal die Förderanlagen (zum und vom Lager). Außerdem spart man die sonst aufzubringende Wärme zur Verdampfung des Löschwassers und zur Erhöhung der Kokstemperatur auf Reaktionstemperatur.

Bei Horizontalretorten und -kleinkammern, die keinen sog. »Vorfüllkoks« verwenden (wie die Vertikalöfen und teilweise Schrägöfen), gelangt wenig Kleinkoks (nur im Ausmaß des Anfalls bei Rohkoksverwendung) mit in den Generator. Bei großer Preisspanne zwischen Kleinkoks und Grobkoks kann es aber auch wirtschaftlich erscheinen, eine anteilmäßige Beimengung von Kleinkoks zur Generatorheizung zu verwenden¹⁾. So zeigen die Abb. 11 a den Kohlendioxydgehalt bei der Vergasung von Kleinkoks in eingebauten Generatoren während drei Schlackabschnitten von je 8 h bei einer Koksmischung von

1) E. Dubois, Gas- und Wasserfach 75 (1932), S. 921/926.

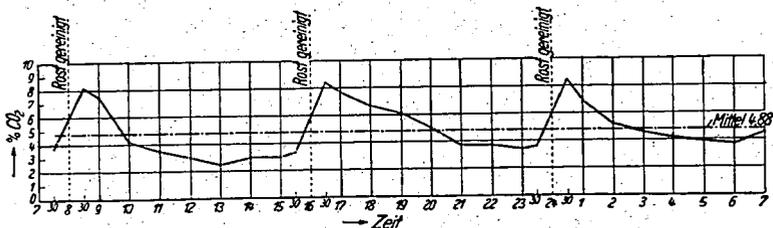


Abb. 11 a. Kohlendioxydgehalt des Generatorgases.

18% Körnung 5/15 mm,
82% » 15/25 mm,

und die Abb. 11b den oberen Heizwert des Generatorgases während dieser Zeitabschnitte.

Zentralgeneratoren ermöglichen sogar die Verwendung billiger Abfallbrennstoffe (Kleinkoks, Braunkohlenbriketts usw.). Hierdurch wird Stückkoks für den Verkauf frei. Auch die Gasbeschaffenheit ist bei Zentralgeneratoren gleichmäßiger als bei Einzelgeneratoren.

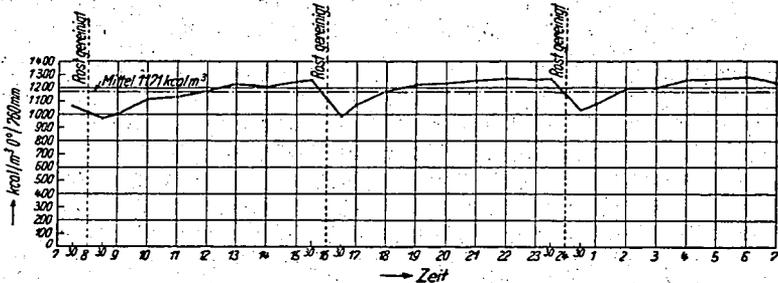


Abb. 11b. Oberer Heizwert des Generatorgases.

Es soll auch nicht unerwähnt bleiben, daß die Unterfeuerung stark beeinflußt wird von der Ofenbelastung, und zwar ist hierbei der Strahlungsverlust ausschlaggebend für die Erhöhung der anteilmäßig auf den 100-Satz treffenden Unterfeuerung bei Unterbelastung des Gaserzeugungsofens. Hierüber hat Dubois¹⁾ eingehend berichtet, der die Strahlungsoberflächen verschiedener Ofentypen zu folgenden Werten angegeben hat (Zahlentafel 4).

Die Abhandlung zeigt ausführlich, daß die Unterfeuerung bei Unterbelastung des Ofens in geringerem Maße zurückgeht als die Ofenleistung und die Ofentemperatur, d. h. daß sie mit abnehmender Ofenleistung allmählich ansteigt. Es wird daher der Begriff der »Strahlungskennziffer« eingeführt; diese ist der Wärmeverlust von 1 m² Strahlungsoberfläche je t Tagesdurchsatz. Es ergeben sich etwa 1600 kcal/t Kohle oder 0,02 kg Reinkoks je 100 kg Kohle bei einer Abnahme der Verkokungswärme von 50° C in den Entgasungsräumen und eine Verringerung des Strahlungsverlustes je m²/h von etwa 50 kcal.

Andere Generatorbetriebsweisen. Außer mit reiner Koksfüllung kann der Einzelgenerator auch mit Leucht- und Rauchgaszumischung zum Generatorgas arbeiten. Diese Überlegungen sollen in Abschnitt E noch näher mit den zugehörigen Einrichtungen erörtert werden.

¹⁾ Gas- u. Wasserfach 77 (1934), S. 556.

b) Sonstige Einbauten und Zubehörteile.

α) Einbau der Retorten und Kleinkammern.

Aus dem Oberbau ergibt sich die eigentliche Zweckbestimmung des Ofens. Er enthält die Entgasungsräume, Retorten oder Kammern.

Beim Einbau von Retorten ist es wichtig, daß eine möglichst gute und gleichmäßige Wärmeübertragung der Heizgase auf die Retortenwandung stattfindet. Die ursprünglichen Feuerzüge machten mit der Zeit einer freien Entfaltung der Flamme Platz.

Ferner müssen die Retorten durch zweckentsprechende Unterstützungen gegen ein Durchbiegen geschützt werden. Die Festigkeitseigenschaften eines erhitzten Steines sind naturgemäß gegenüber dem kalten Stein herabgesetzt. Die Unterstützungen dürfen andererseits durch ihre Auflagerfläche nicht zu viel von der wirksamen Heizfläche der Retorte beanspruchen, sonst entstehen bei der auf Entgasungstemperatur stehenden Retorte im Innern an diesen Stellen Dunkelflecke, die ein vermindertes Ausgaren der dort lagernden Kohle zur Folge haben. Außerdem muß aber die Retorte auch gegen seitliches Ausweichen gesichert werden; dies erfolgt zumeist konsolartig von den Haupt- und Zwischenpfeilern aus. Wichtig ist, daß keine Retorte eine zusätzliche Belastung durch eine darüberliegende erhält. Wandstärken, Normallängen und Gewichte der Normalretorten gehen aus der Abb. 2 hervor.

Ursprünglich besaßen die Retorten auf ihrer ganzen Länge gleichen lichten Querschnitt, sie waren hinten mit einem Boden verschlossen und in der Wandstärke am vorderen Kopfende verstärkt, um die Schrauben aufnehmen zu können, mit denen die gußeisernen Mundstücke mit dem Morton-Verschluß und den Gasabgängen befestigt wurden (Abb. 16).

Seit der Einführung des sog. Durchstoßbetriebes erhalten die Retorten einen nach hinten erweiterten Querschnitt. Die Erweiterung beträgt auf die ganze Länge etwa 40 bis 50 mm und erleichtert das maschinelle Ausstoßen, da sich die Wandreibung dabei vermindert. Immerhin können aber auch gut erhaltene Retorten durch Entfernung des Bodens und Ansetzen eines Kopfes mit dem hinteren Mundstück für den Durchstoßbetrieb mit oder ohne Verlängerung der Retorte ohne Schädigung verwendet werden. Bemerkenswert ist die Festigkeit der Retorten, insbesondere bei modernen, aus Einzelsteinen mit Nut und Feder an allen Seitenkanten ineinandergefügten Silika- oder Schamotterretorten.

Die neueren Entgasungsverfahren mit den »kammermäßig betriebenen Retorten«, bei denen die Entgasungsräume bis auf einen verhältnismäßig kleinen Gasabzugskanal an der höchsten Stelle der Retorte angefüllt, ja sogar vollgepreßt sind, ermöglichen Leistungssteigerungen um 65% (s. Zahlentafel 8 S. 118). Als die Retorte kaum zur Hälfte gefüllt war, konnte sich selbst treibende Kohle in der Retorte genügend ausdehnen, während bei dem heutigen Füllungsgrad die Drücke auf die Re-

tortenwandung übertragen werden. Die betrieblichen und gastechnischer Vorteile der vollgefüllten Retorte werden an anderer Stelle besprochen.

Die Auswechslung der Retorten durch ein- oder mehrreihige Horizontalkammeröfen brachte im Aufbau auch wieder neue Aufgaben. Hat man früher die Gewölbe zu beiden Seiten zur Auffangung des Seitendruckes auf Stützpfählern aufliegen lassen, so verloren diese Stützpfähler beim Einbau der Kleinkammern an Bedeutung. Der besseren Raumnutzung wegen verzichtete man vielfach ganz auf die Gewölbe und führte die zwischen den Retorten, jetzt Kammern, liegenden Mittelstege hoch bis an die Ofendecke, die dort mit kurzen Spannweiten aufgelagert werden kann und so den Druck auf das Ofenfundament überträgt, ohne auf die seitlichen Stützpfähler zu drücken. Eine Verankerung von Pfeiler zu Pfeiler gewährleistet einen besseren konstruktiven Zusammenhalt. Als Aufbaustoffe treten beim Kammerofen die Plattensteine in Erscheinung. Die gleichmäßige Beheizung einer ebenen Wandfläche größeren Ausmaßes hat wieder ganz andere Voraussetzungen wie die einer elliptischen Retorte. Im allgemeinen ist das hochgestellte rechteckige Profil der Kleinkammer heizungstechnisch günstiger als das der Retorte. Immerhin muß auch hier die Wärmeverteilung außerordentlich gleichmäßig sein, um auf die ganze Kammerlänge und Kammerhöhe gleichbleibende Wärmehöhe zu erhalten. Während vergleichsweise bei der Vertikalretorte und -kammer die Wärmegrade und Querschnitte wegen der Verjüngung verschieden sind, im unteren Teil etwa 1100°C , am Kopfende nur 900°C , also ein Unterschied von ca. 200° , erfährt die Horizontalkammer nur nach dem hinteren Ende zu eine Erweiterung von etwa 50 mm gegenüber der vorderen Kammerbreite und erhält deshalb auch Heiztemperaturen, die sich am hinteren Ende kaum von denen an der Stirnseite unterscheiden. Eine Horizontalkammer liefert deshalb auch den am gleichmäßigsten durchgegarten Koks. Die Ausstezeit ist nur abhängig von der Kammerbreite, nicht aber von der Kammerlänge und Kammerhöhe. Schmale Kammerbreiten ergeben kurze Ausstezeiten und hohe Durchsatzzahlen je m^2 Bodenfläche. Bei 12stündigem Betrieb liegen die Normalbreiten bei 320 bis 350 mm, während man für 24stündigen Betrieb 450 mm Kammerbreite und darüber wählt.

Die Plattensteine der Kammerwände dürfen sich an keiner Stelle der Kammer verziehen oder ausbeulen. Ist dies der Fall, so deutet dies darauf hin, daß auf der Feuerseite die Stützweite der Zwischenverstärkungspfähler zu weit gewählt wurde. Je größer eine Fläche ist, desto schwerer ist es, sie gasdicht für Druck und Saugung zu halten. Dies bezieht sich sowohl auf die Dichtflächen der Kammertürverschlüsse als auch der Türrahmen gegen die Ofenwand. Durch eine quergelegte Ofenverankerung und eine entsprechende Anzahl von Druckschrauben geschieht vielfach eine Erhöhung des Anpreßdruckes der Armaturen gegen den Ofen.

Die Berechnung der Heizung des Gaserzeugungssofens geht von der zu beheizenden Quadratmeterzahl der Retorten- oder Kammerwandfläche aus unter der Annahme, daß je m^2 und h etwa 4000 kcal übertragen werden können. Hieraus ergeben sich mit den entsprechenden Zuschlägen die vorzusehenden Rekuperatorflächen und der Generatordurchsatz (Schachtquerschnitt und Rostfläche). Bei der Berechnung des Oberbaues ist zu berücksichtigen, daß hohe Wärmegrade nicht durch hohe Gasgeschwindigkeiten an der Abstrahlung an den Entgasungsraum, also an schlechte Wärmeleiter, verhindert werden dürfen, zum Unterschied z. B. von Dampfkesseln, bei denen die Güte der Wärmeübertragung auf gutleitende Bleche und die gleichmäßige Wärmeverteilung mit steigender Heizgasgeschwindigkeit zunimmt.

β) Schornstein.

Man sagt, »der Schornstein ist der Motor der Feuerung«. Ihm obliegt die Ansaugung der notwendigen Verbrennungsluft und die Abbeförderung der gasförmigen Verbrennungsstoffe. Bei dem einfachen Rostofen, bei dem es sich nur um einfache Verbrennung des Heizmittels handelt, geht die gesamte Luftzufuhr unter dem Rost hindurch in das Brennstoffbett. Die Verbrennungsprodukte umspülen die Entgasungsräume und ziehen in den Schornstein ab. Je $1 m^2$ Rostfläche wählt man $0,5 m^2$ Schornsteinquerschnitt, Einzelschornsteine $0,06$ bis $0,2 m^2$, Höhe $1 m$ über Dachfirst. Der Rauchkanal soll $1 m$ Breite und $1 m$ Höhe betragen.

Es ist darauf zu achten, daß die Schornsteinausmündung von keinem überragenden Gebäudeteil (Förderturm, Dachfirst, Baum, Hügel usw.) strömungstechnisch benachteiligt wird durch Wirbel, Fallwind usw., und daß sie nicht in einem Gebiet statischen Überdrucks liegt (in einer Gebäudeecke, vor einem Wald usw.), sondern in frei strömender Luft. Außer den üblichen baupolizeilichen Vorschriften sind neuerdings gegebenenfalls auch die Flugsicherungen zu beachten. (Rotes Licht bei Nacht in der Nähe der oberen Ausmündung.) Gaserzeugungsöfen mit Rostfeuerungen, also ohne Generator und Luftvorwärmung, kommen nur selten mehr zur Anwendung. Bei den Generatoröfen hat der Schornstein die doppelte Aufgabe der Beschaffung der Erst- und Zweitluft, außerdem muß er die Widerstände der Heizzüge, der Wärmespeicher und der Abhitzeverwertung überwinden.

Die Größe des Schornsteinzuges ist von einer Reihe von Einflüssen abhängig, von denen die Schornsteinhöhe und die Abgastemperatur die wichtigsten sind. In der nebenstehenden Abb. 12 ist der Schornsteinzug aus der dabei angegebenen Formel errechnet und in Abhängigkeit von der Abgastemperatur und der Schornsteinhöhe graphisch aufgetragen. Stehen mehrere Gaserzeugungsöfen nebeneinander, so gibt es

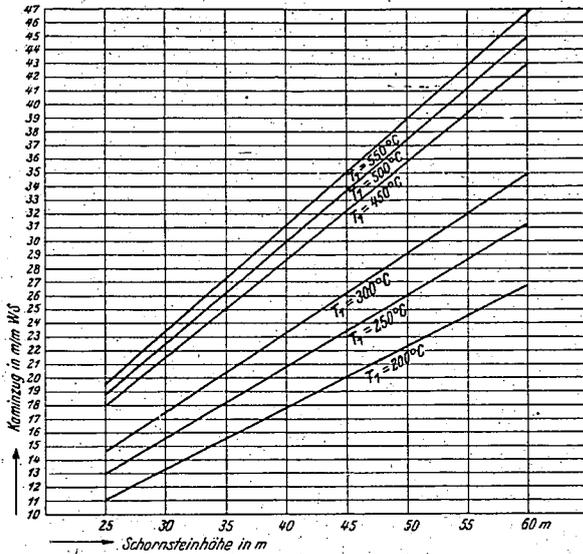


Abb. 12. Schornsteinzug in mm WS.

$$z = Hr \left(1,293 \cdot \frac{273}{273 + T_0} - 1,35 \cdot \frac{273}{273 + T_1} \right)$$

Hr = Schornsteinhöhe über Erdoberfläche

1,293 = Dichte der Luft bei 0° C

1,35 = Dichte der Rauchgase bei 10% CO₂ bei 0° C

$\frac{1}{273}$ = Wärme-Ausdehnungszahl der Gase

T_0 = Temperatur der Außenluft bei +15° C

T_1 = Temperatur der Rauchgase in Schornsteinfußhöhe.

für die Lösung der Schornsteinfrage verschiedene Wege. Man kann mehrere Öfen an einen Zentralschornstein anschließen durch einen Sammelfuchs. Dies erscheint bautechnisch am einfachsten, ist aber betrieblich nicht so vorteilhaft wie Einzelschornsteine. (Umgekehrt liegen allerdings die Verhältnisse im Hinblick auf eine einzubauende Abhitze-
 verwertung. Siehe S. 51.) Die Zugstärke der an einen Schornstein gleichzeitig angeschlossenen Öfen ist verschieden je nach der Entfernung vom Schornstein und der Bauart (Widerstände) dieser Öfen. Nach dem Gesetz des geringsten Widerstandes sucht der Schornsteinzug an den nächstgelegenen Öfen seinen Ausgleich, während weiter entfernt liegende Öfen einen geringeren Zug aufweisen würden. Um an allen Öfen gleichen oder den notwendigen Zug zu haben, müssen die Rauchschieber der einzelnen Öfen beim Anschluß an einen Zentralschornstein verschieden eingestellt werden.

Wird ein Ofen aus der Reihe abgeschaltet, dann muß meist auch eine Neueinregelung der übrigen Öfen erfolgen. Im Abschnitt 3 a-γ wurde gezeigt, welchen Einfluß unregelmäßiger Kaminzug auf den Ofengang hat, und wie man versucht, ihn gleichmäßig zu gestalten. Es ist deshalb betrieblich (ohne zusammengefaßte Abhitzeverwertung) am angenehmsten, wenn jeder Ofen seinen Einzelschornstein erhält. Sind die Entgasungsräume frisch geladen, so zeigt der Einzelschornstein durch Rauch eindeutig an, wenn an einem Ofen sich Undichtigkeiten an den geladenen Retorten oder Kammern befinden, so daß sie mit Leichtigkeit aufgesucht und beseitigt werden können. Einzelschornsteine können niedriger ausgeführt werden und kommen auch nicht teurer im Aufbau als ein größerer Zentralschornstein. Es sind auch Ausführungen bekannt geworden, bei denen je Ofen beiderseitig zwei sog. Halbschornsteine angeordnet wurden, die auf den Ofenmittelpfeilern aufsaßen und bis zum Dach führten. Dort mündeten sie in eine am Dachbinder festsitzende muffenartige Erweiterung, von der die Ausdehnung des Schornsteinmauerwerks aufgenommen wurde. Über Dach gingen die Schornsteinhülsen aus Beton weiter, die mit Schamotte ausgefüttert waren. Bei den Halbschornsteinen mündeten also die zu beiden Seiten eines Mittelpfeilers gelegenen Ofenabgänge in einen gemeinsamen Schornstein. In diesem Fall beträgt die Anzahl der Einzelschornsteine $n + 1$, wenn n die Anzahl der Öfen bedeutet (Abb. 13).

Im allgemeinen stehen die Schornsteine hinter den Öfen auf einer eigenen Grundplatte, abgesehen evtl. von Einzelschornsteinen einschließl. der Halbschornsteine, deren Abgang auch oben auf dem Ofen sitzen kann. Die auf den Hülsenpfeilern stehenden Einzelschornsteine weisen meist eine Wandstärke von einem Stein auf und werden mit einer $\frac{1}{2}$ -Stein starken Schamotteschicht innen ausgekleidet. Bei frei stehenden Einzelschornsteinen wählt man wegen der Standfestigkeit eine Wandstärke von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Steinen und zieht die Ausfütterung bis zum Ofenausgang bzw. bis zur Gründung herunter. Die Schornsteinverankerung geschieht durch Winkeleisen, die durch Rund- und Flacheisenstäbe zusammengehalten bzw. -geschraubt werden, bei Schornsteinen mit rundem Querschnitt durch Flacheisenringe.

Bei dem Übergang vom Handbetrieb zum Durchstoßbetrieb wird der Raum hinter dem Ofen für die Koksabförderung benötigt, die schlecht den vorgebauten Schornsteinen ausweichen kann. In solchen Fällen verlegt man nachträglich den Ofenabzug in den Ofenpfeiler oder schafft sonst (z. B. auf Kosten der Rekuperation) eine Möglichkeit, den bis zur Ofenhaussohle führenden Schornstein an dieser Stelle zum Verschwinden zu bringen. Dies kann mitunter auch dadurch geschehen, daß statt der bisherigen Einzelschornsteine ein Sammelfuchs (Rauchkanal) angelegt wird mit einem Zentralschornstein, der außerhalb des Fahrraumbedarfs für das Koksfördermittel errichtet wird. Im allge-

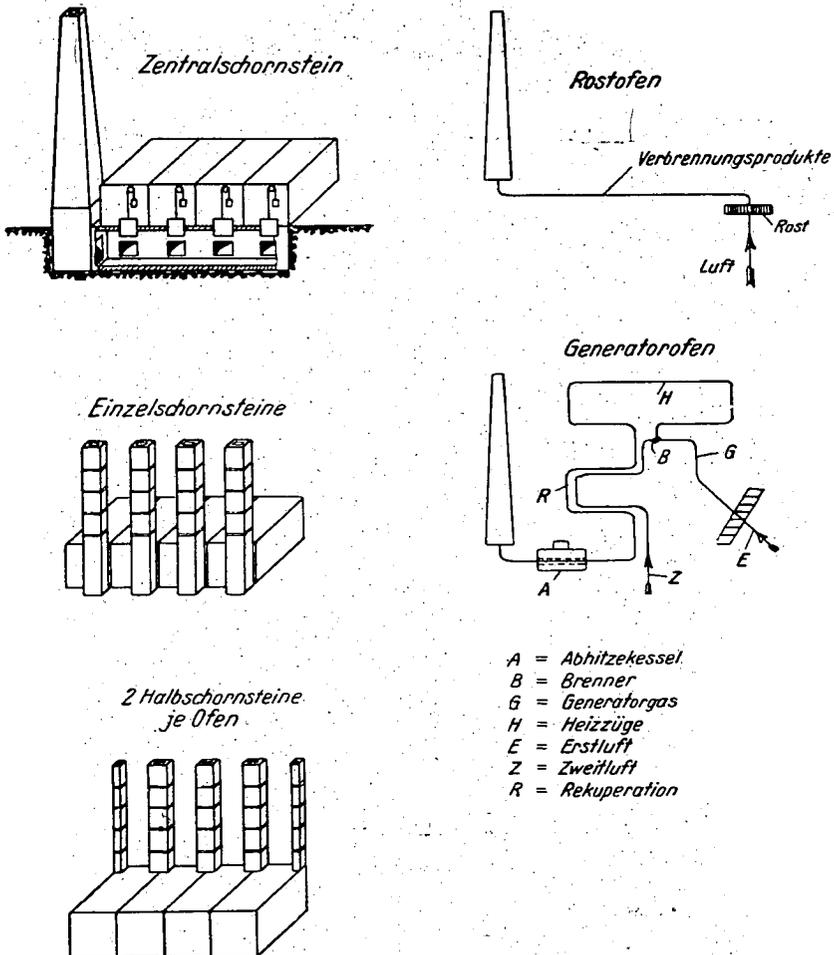


Abb. 13. Anordnung und Aufgabe des Schornsteins bei Gaserzeugungsöfen.

meinen wird man sich zu der billigeren Lösung entschließen. Eiserne Schornsteine sind wegen der starken Abkühlung und leichten Zerstörbarkeit durch chemische Einflüsse zu vermeiden. Gewarnt werden muß auch noch vor einer zu starken Unterkühlung der Abgase in der Abhitzeesselanlage — auch bei gemauerten Schornsteinen — wegen der dadurch bedingten Schwitzwasser- und Durchsottungsgefahr.

Der Fuchs soll nicht übermäßig lang sein, da dies Wärme- und somit Zugverlust bedeutet. Seine Lage richtet sich somit in erster

Linie nach der des Schornsteins. Im allgemeinen liegt der Fuchs hinter (evtl. auch vor) den Öfen; er kann aber auch unter den Öfen liegen, besonders dann, wenn der Schornstein an der Ofenschmalseite steht. Diese Lage des Fuchses hat den Vorteil des geringsten Wärmestrahlungsverlustes, aber den Nachteil der behinderten Zugänglichkeit. Entsprechend den auftretenden Wärmegraden wird der Fuchs wie der Schornstein mit feuerfestem Baustoff ausgekleidet. Über Abgastemperaturen siehe noch den Abschnitt: Abhitzeverwertung auf S. 106.

Auf die Ausführung der Rauchschieber im Fuchs ist besondere Sorgfalt zu verwenden; sie können aus Blech oder auch aus Gußeisen bestehen. Beide neigen aber ebenso wie ihre Führungsrahmen bei den in Frage kommenden Größen und Wärmegraden zu Verziehungen, so daß sie sich oftmals schwer oder gar nicht mehr bewegen lassen. Man wählt deshalb auch Schamotteplatten als Rauchschieber, die gegebenenfalls mittelst eingestemmter Winkelrahmen versteift werden. In jedem Falle ist die obere Schlitzführung zur Vermeidung der Einsaugung von Falschlufte gut abzudecken, besser noch mit Schamottemörtel zu verschmieren.

γ) Rekuperation und Regeneration.

Um Wiederholungen zu vermeiden, kann bezüglich der Zweckbestimmung vorgenannter Wärmetauscher auf die Ausführungen auf S. 13 verwiesen werden.

Für den Rekuperator steht meist weniger Platz zur Verfügung als für den Regenerator, bei dem der Unterbau durch den abseits stehenden Zentralgenerator nicht in Anspruch genommen wird. Bei dem Ofen mit eingebautem Generator kann nur der Rekuperator Anwendung finden, während Öfen mit Zentralgeneratoren sowohl rekuperativ als auch regenerativ beheizt werden können. Der Rekuperator kann auch kleiner gewählt werden als der Regenerator, da bei dem eingebauten Generator das Gas heiß in den Ofen eintritt und nur noch die Luft erhitzt zu werden braucht, während bei der regenerativen Beheizung sowohl die Luft als auch das Fremdgas erwärmt werden muß. Beim Rekuperator erfolgt die Erhitzung der Luft im Gleichzug durch die Wandungen des Rekuperators hindurch, während beim Regenerator die Innenwand der Kanäle etwa in halbstündigem Wechsel als Wärmespeicher durch die heißen Abgase aufgeheizt oder als Wärmetauscher durch das kalte Fremdgas bzw. die Luft nach der Umschaltung (Wechselzug) gekühlt wird. Beim Rekuperator spielt daher der Wärmedurchgang die Hauptrolle, während es beim Regenerator auf die Wärmespeicherfähigkeit, allerdings auch auf die Wärmeentziehbarkeit, also auf rasche Wärmerückwanderung ankommt.

Die Bauart von Rekuperator und Regenerator hat im Laufe der Zeit verschiedene Entwicklungsstufen durchgemacht. Wegen der grö-

ßeren Wärmedurchlässigkeit verwendet man neuerdings für den Rekuperator statt Schamotte- mehr und mehr Silikasteine. Die Form der Kanäle ist rechteckig oder quadratisch. Die Wandstärken sind gegen früher geringer geworden. Hatte man früher die Kanäle sorgfältig gemauert mit Platten und Steinen, die mit Nut und Federn versehen waren, so ging man in neuerer Zeit dazu über, sog. Röhrenrekuperatoren zu bauen. Der Rekuperator wird in den verfügbaren Raum zwischen den Hülswänden und dem Generator eingebaut. Man verwendet für eine Normalretorte von 3 m Länge an Rekuperatorfläche bei Öfen

mit vorgebautem Generator (Münchener)	etwa	3,2 m ²	je Retorte,
» » » (Hasse-Didier)	»	2,4	» » » »
» eingebautem » (Didier)	»	2,2	» » » »

Die Vierkantrohre verlaufen (s. Abb. 14a) meist gleichlaufend mit der Retorten- oder Kammerlängsachse. Rechtwinklig zu diesen Röhrensteinen sind mit Abständen Leistensteine gelegt, die die Führung für die vorzuwärmende Luft ergeben. Diese streicht also im Kreuzstrom zu den Heizgasen stets zwischen 2 Röhrensteinlagen hindurch und ge-

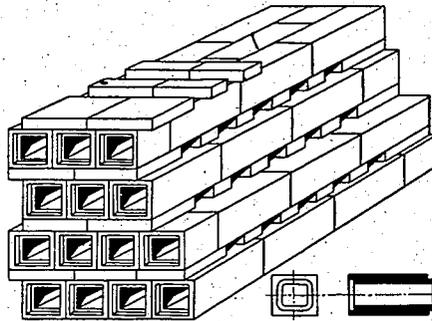


Abb. 14. Ausführungsformen für Rekuperationen. a) Liegender Pintsch-Rekuperator.

langt durch die an beiden Längsseiten der Rekuperation gelassene Verzahnung (durch Versetzen der Mittelebenen der Vierkantrohre) in die jeweils höher gelegene Schicht bis zu den Brennern. Die Firma Didier verwendet bei ihrer Kleinkammer- und Horizontalofenbeheizung eine senkrecht stehende Rekuperation, in der sich die Heizgase mit etwa gleichbleibender Geschwindigkeit von oben nach unten bewegen.

Mit zunehmender Abkühlung verändern sich Wärmegrade, Raumbedarf, spez. Gewicht und Geschwindigkeit der Abgase. Durch die dem Schornstein zustrebende, abwärts gerichtete Führung der Abgase werden die Verschiedenheiten nahezu wieder ausgeglichen.

Umgekehrt liegen die Verhältnisse bei der anzuwärmenden Luft, bei der mit fortschreitender Erwärmung das Gewicht leichter wird, da

Temperatur, Raumbedarf und damit die Geschwindigkeit zunehmen. Die Luft zieht im Zickzackweg von unten nach oben im Gegenstrom zu den Abgasen und kreuzt die Heizkanäle durch waagrecht gelagerte Züge dauernd. Die Luftkanäle sind ebenfalls aus Vierkantrohren hergestellt. Die Stoßfugen von Heiz- und Luftkanälen sind stets so versetzt, daß die Fugen von den Wandungen des anderen Kanals überdeckt werden, so daß eine grobe Undichtigkeit bei dieser Konstruktion

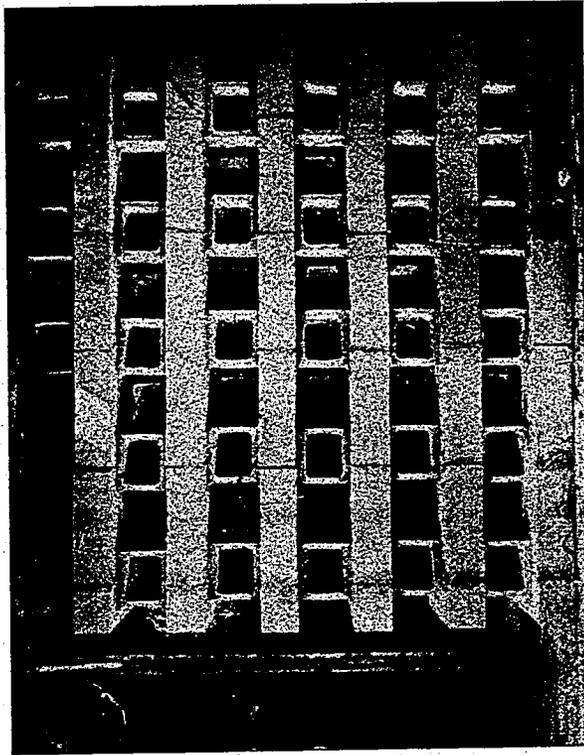


Abb. 14. b) Stehender Didier-Rekuperator.

kaum mehr möglich ist. Einen solchen senkrechten Röhrenrekuperator zeigt die Abb. 14b. Da also beim Rekuperator die Rauchkanäle wie die Luftkanäle ihre Zweckbestimmung nicht ändern, sondern dauernd in der gleichen Richtung von dem betreffenden Medium durchflossen werden, spricht man hier von Gleichzugwärmetauschern.

Die Regeneratoren hingegen, ähnlich im Aufbau, sind Wechselzugwärmespeicher, bei denen dem Ofen eine mechanisch bewegte Umschalt-

vorrichtung vorgebaut ist. Die Rekuperatoren sind durch Wegfall dieser Steuerorgane und ihrer Wartung einfacher im Betrieb, während der Regenerator meist größere Staubarmut und größere Gleichmäßigkeit des Heizgases für sich in Anspruch nehmen kann.

Es gilt allgemein, daß man nicht von der Überlegenheit des einen oder anderen Wärmerückgewinnungsverfahrens sprechen kann, zumal für die Wahl zwischen Rekuperator und Regenerator nicht nur wärme-wirtschaftliche Gesichtspunkte maßgebend sind, sondern in erster Linie die Brennstoffauswahl und die Gesamtwirtschaftlichkeit. Bei richtig gewählter Unterbringung ausreichender Wärmeaustauschflächen steht der Rekuperator dem Regenerator in der Wirkungsweise durchaus nicht nach.

Die regenerative Beheizung ist bisher im Horizontalretortenofenbau nicht eingeführt worden, wohl aber bei Schrägretortenöfen. Auch ist für den Horizontalretortenofen die Frage: Einzel- oder Zentralgenerator keine einschneidende. Von größerer Bedeutung ist sie für den Horizontalkleinkammerofen, aber auch hier kann sie nicht grundsätzlich entschieden werden, sondern muß in jedem Einzelfall eingehend betrieblich, wärmewirtschaftlich und geldlich geprüft werden. Der Zentralgenerator mit seiner selbsttätigen Entschlackung bedeutet arbeitsgesundheitslich und betrieblich einen großen Fortschritt (vgl. Abschnitt: Entschlacken des Generators auf S. 29). Auf seinen Aufbau wird in Bd. II näher eingegangen. Die Staubarmut im Heizgas und die daraus sich ergebende Schonung der Ofenheizzüge wurde bereits erwähnt, ebenso ist auf die Möglichkeit der Vergasung billiger Brennstoffe wie von Koksabfall, Braunkohle und Braunkohlenbriketts usw. hinzuweisen.

Neuzeitliche Gaserzeugungsöfen können nach dem Wunsche des Bestellers für jede Beheizungsart eingerichtet und erbaut werden.

4. Armaturen.

Unter Armaturen am Kleinraumofen sind alle Einrichtungen am Ofen zu verstehen, die nicht aus keramischem Baustoff bestehen, also alle Guß- oder Schmiedeeisenteile: die Verankerung, die Verschlüsse, Generatorausrüstung, die Steigerohre, die Vorlage und die sonstigen Kleinarmaturen.

a) Verankerung.

Auf die Ofenverankerung wurde schon in dem Abschnitt »Ofenhülse« auf S. 26 hingewiesen. Das Grundsätzliche der Ofenverankerung zeigt die Abb. 7 a u. b. Man erkennt dort sowohl die Längs- als auch die Querverankerung. Sie besteht meist aus senkrechten Walzisenprofilen, U-Eisen oder Doppel-T-Trägern, die durch Flacheisenlaschen

oder Querträger aus Walzeisen zusammengefaßt werden und dadurch die Druckübertragung oder -verteilung der waagerechten Zuganker übernehmen. Es ist üblich, die senkrechten Walzeisenträger an ihrem unteren Ende einzubetonieren, soweit schlechter Baugrund nicht noch weitere Sicherheitsmaßnahmen notwendig macht. Die Zuganker bestehen aus starken Rundeseisen und besitzen an den Enden Ankerplatten. Um beim Anheizen die Verankerung etwas lösen zu können, haben die Zugstangen an ihren Enden Gewindgänge mit Muttern. Bei längeren Ofenblöcken verwendet man sog. Spannschlösser zur Verbindung bzw. Verlängerung der einzelnen Zuganker. Um die Verankerung nachgiebig zu gestalten, hat man schon an einem oder auch an beiden Enden der Anker Pufferfedern zwischen gußeisernen Federtellern eingeschaltet. Sie haben sich jedoch nicht restlos bewährt, da sich gezeigt hat, daß Ermüdungserscheinungen an den Federn auftreten und sie bei Entlastung nicht wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren. Die Federn werden neuerdings durch Hartholzplatten ersetzt, in die sich die Muttern bei wachsendem Mauerwerk eindrücken.

Dabei ist noch folgendes zu beachten: Die Formbeständigkeit von tonerdehaltigen Erzeugnissen (Schamotte) ist eine andere als die quarzhaltiger Steine (Silika). Hat man beim Silikastein mit einem Nachwachsen zu rechnen, so beim Schamottestein mit einem Nachschwinden. Beim ersteren berücksichtigt man das Nachwachsen dadurch, daß an bestimmten Stellen Wellpappe oder Holzleisten eingefügt werden, die beim Hochheizen herausbrennen und ein möglichst spannungsloses Wachsen des Silikaeinbaues gestatten. Umgekehrt sucht man die Wirkungen des Nachsinterns des Schamottemauerwerks unwirksam zu machen durch Verwendung möglichst dünner Mörtelschichten.

Zweck der Verankerung ist es sonach, dafür zu sorgen, daß der Gaserzeugungssofen in jedem Abschnitt des Anheizens und Abkühlens sowie des Betriebes durch die Anker gleich fest, ohne Risse zu bilden, zusammengehalten wird. Dies wird ermöglicht durch Lockerung oder Anziehen der Ankermuttern.

b) Verschlüsse.

Die Verschlüsse der Gaserzeugungsöfen der einzelnen Ofenbaufirmen sind zwar nicht genormt; im Laufe der Zeit ist es aber zu einer weitgehenden Bauformnäherung gekommen.

Die Verschlüsse an den Gaserzeugungsöfen müssen sowohl das Eintreten von Luft als auch das Austreten von Gas verhindern. Bei dem verhältnismäßig rauhen Betrieb und den herrschenden Temperaturen verzichtet man auf die Anwendung von besonderen Dichtungsmitteln, sondern stellt die Dichtheit durch Anpressen blanker, teilweise zugeschärfter Kanten auf flache geschliffene Sitzflächen her.

Der Exzenter (Morton-Verschluß) beherrscht fast durchwegs das Feld, wo es sich um die Erzeugung von Anpreßdrücken handelt, bei kleineren Ausmaßen in einfacher, bei größeren in mehrfacher Anordnung.

Nebenstehende Abb. 15 a bis i lassen eine Reihe von Anwendungsbeispielen erkennen. Neben dem Exzenter spielt eine geringere Rolle die Selbstdichtung schräger, aufeinanderliegender Flächen, z. B. bei Generatoren, Einwurfdeckeln oder oberen Füllöffnungen von Horizontalkleinkammeröfen. Sowohl die Füllöffnungen als auch die Entleerungsöffnungen bei Retorten und Kleinkammern bezeichnet man als Mundstücke. Außer mit der Anpreßvorrichtung sind die Mundstücke auf

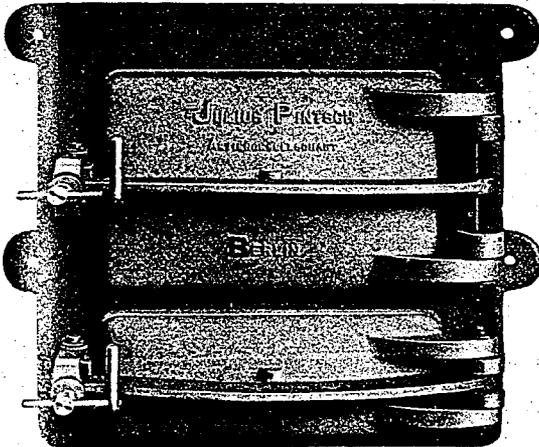


Abb. 15 a.

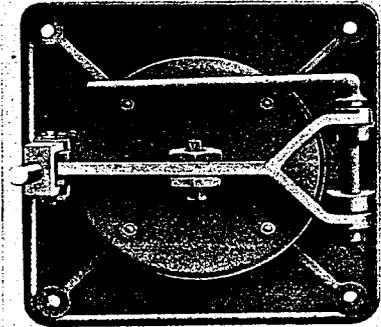


Abb. 15 b.

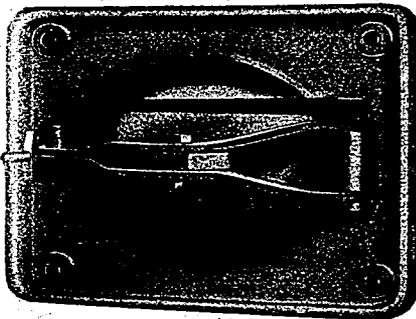


Abb. 15 c.

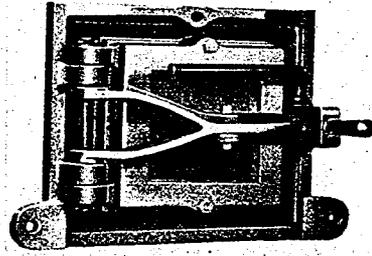


Abb. 15 d.

Abb. 15. Feuerungsarmaturen. a) Gußeiserne Schlacktür. b) Runde Feuerungstür für Vollgeneratoröfen. c) Ovale Feuerungstür für Vollgeneratoröfen. d) Feuerungstür für Halbgeneratoröfen.

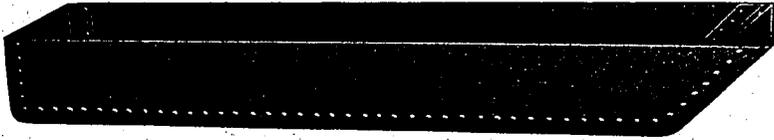


Abb. 15 e.

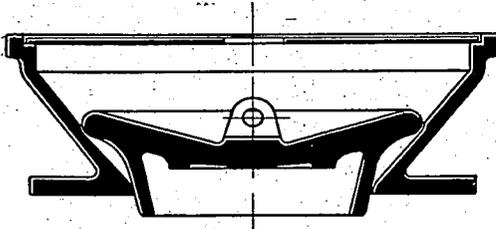


Abb. 15 f.

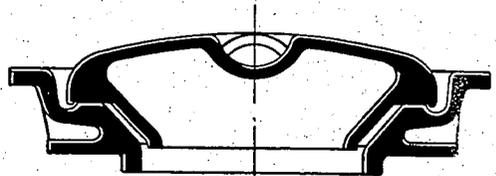


Abb. 15 g.

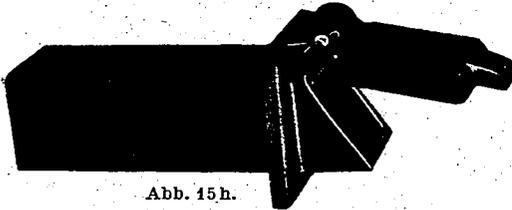


Abb. 15 h.



Abb. 15 i.

Abb. 15. Feuerungsarmaturen. e) Offenes Wasserschiff. f) Fülltrichter mit Verschußdeckel für Retortenöfen mit vorgebautem Generator. g) Fülltrichter mit Verschußdeckel für Retortenöfen mit vorgebautem Generator. h) Schauklappe. i) Gußeiserne Tropfwanne.

(mindestens) einer Ofenseite noch mit den Gasabgangsstützen versehen, deren Fortsetzung die zu den Vorlagen führenden Steigerohre bilden (Abb. 16). Die Freihaltung der Gasgänge wird zweckmäßig durch ein doppeltes Einsatzschild (Bauart König) erreicht, das in die Retorteeingesetzt wird und das auch Steigrohrverstopfungen weitgehend verhindert.

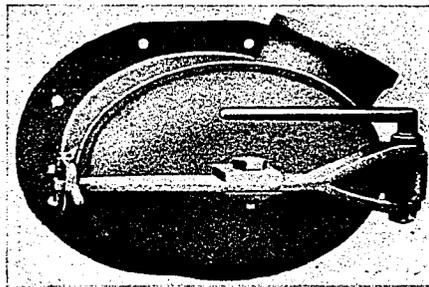


Abb. 16. Retorten-Mundstück mit schrägem Abgang.

Da die Entgasungsräume vielfach übereinanderliegen, müssen die Gasabgänge jeweils so gegeneinander versetzt werden, daß die Steigerohre den darüberliegenden Mundstücken und vorhandenen Steigerohren ausweichen können.

Für Kleinkammeröfen mit oberer Füllung hat (Abb. 17) Didier Fülldeckel entwickelt, die Schrägsitzdichtung und Dämmstoffausfütterung aufweisen und noch durch eine Zwischenlage von Asbest gegen zu große Wärmeaufnahme und -abstrahlung gesichert sind. Außerdem ist

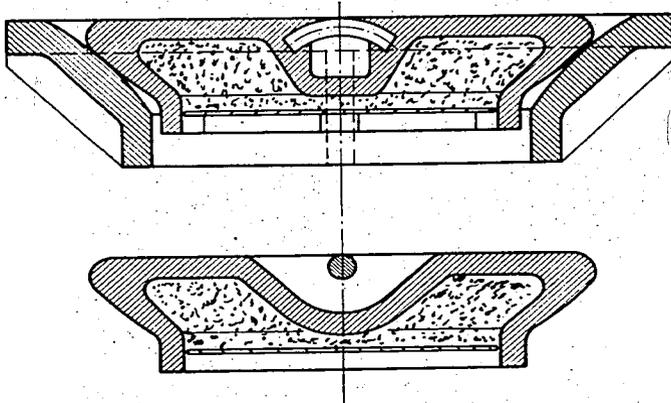


Abb. 17. Otto-Füllrohr mit Deckel.

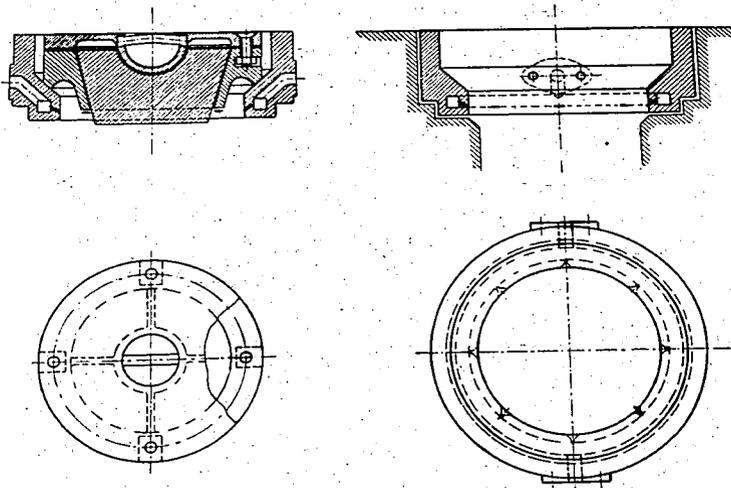


Abb. 18. Didier-Fülldeckel mit Dampfkranz.

der Deckelrahmen mit einem umlaufenden Dampfkrans versehen, der schräg nach unten gleichmäßig an etwa 8 Austrittsschlitzen Dampf austreten läßt und so die Bedienung vor auftretenden Stichflammen beim Öffnen des Deckels schützt, da solche im Keime erstickt werden. Selbstverständlich eignet sich diese Armatur auch für den Einwurfschacht etwa eines Vollgenerators (Abb. 18).

Die Steinausfütterung des Deckels bringt immerhin eine unerwünschte Gewichtsvermehrung mit sich. Vorteilhafter ist es, zunächst dafür zu sorgen, daß die Deckel der direkten Wärmeabstrahlung entzogen werden durch vorgebaute Wärmeprellsteine (Abb. 55a) oder durch Anordnung eines seitlichen Einrutschkanals bei Generatoren.

c) Steigerohre.

Die Steigerohre führen das Gas aus den Erzeugungsöfen ab. Sie sind fast durchwegs als Muffenrohre ausgebildet. Kurz vor der Vorlage wird vereinzelt noch eine eigene Ausdehnungsmuffe eingeschaltet. Firma Otto füttert die Steigerohre sogar mit Schamottesteinen aus. An der höchsten Stelle, d. h. bevor sie als Tauchrohr in die Vorlage abzweigen, haben die Steigerohre eine ebenfalls anpreßbare Putzöffnung, je nach der Linienführung der Steigerohre sogar mehrere.

Je nach dem Garungszustand der Kohle im Entgasungsraum ist die Temperatur im Steigerrohr eine verschiedene. Bei Retorten und Kleinkammern werden in den Steigerrohren mehrmals am Tage diejenigen Temperaturen überschritten, bei denen sich beispielsweise in der Teerdestillation der Pechrückstand von den öligen Bestandteilen des Teeres trennt. Wird auch diese Temperatur (ca. 400° C) noch weiter überschritten (der Verfasser hat — allerdings bei Vertikalretorten — zeitweise Temperaturen bis 600° C und darüber im Steigerrohr festgestellt), so findet eine Verkokung von Pechrückständen vermengt mit Kohlenstaub statt, und es bilden sich Pechkoksverkrustungen im Steigerrohr, die unangenehme Stocharbeit verursachen und auf eine Gaszersetzung im Steigerrohr hindeuten. Um die Steigerohre zu kühlen und den gasförmigen Teer vor Zersetzung zu schonen, ging man daher erfolgreich vielerorts dazu über, die Steigerohre mit Ammoniakwasser aus Zerstäubern zu berieseln und dadurch zu kühlen. Allerdings führt dies in der Vorlage und den Teergruben zu einer unerwünschten emulsionsartigen Schwimmteerbildung. Eine ähnliche Kühlwirkung wird erreicht ohne den Nachteil einer wesentlichen Schwimmteerbildung durch die Wassergaserzeugung im Entgasungsraum, so daß mit der Einführung der nassen Entgasung auch die unliebsamen Steigerrohrverstopfungen verschwinden.

d) Vorlage.

Der Zweck der Vorläge, meist Teervorlage (am Anfang der Gas-technik auch Hydraulik) genannt, ist ein mehrfacher. Zunächst bildet sie das Sammelstück für mehrere Retorten oder Kammern mit einem gemeinsamen Gasabgangsutzen zur Gassammelleitung. Dann besagt der Name Teervorlage, daß es sich um eine Vorabscheidung von Teer handelt. Die Hauptausscheidung erfolgt meist durch die Luft- und Röhrenwasserkühler vor dem Gassauger, die Restausscheidung schließlich durch den Teerscheider. Der Teer verläßt zunächst in dampfförmigem Zustand einschl. des Naphthalins und Ammoniakwassers, mitunter verunreinigt durch Flugstaub, den Entgasungsraum mit dem Rohgas. Das Gas muß allmählich von der Erzeugungstemperatur auf die günstigste Aufbereitungstemperatur von 15°C übergeführt, d. h. abgekühlt werden. Die Hauptkühlung geschieht in der sog. Kondensation, also in den vorerwähnten Luft- und Röhrenwasserkühlern, aber man kann ebenso die Rohgasleitung vom Ofen bis in diese Anlage als einen Teil der Kühlung betrachten (Abb. 19). Daraus ergibt sich folgendes:

Ist der Weg vom Ofenabgang kurz, ist z. B. die Kondensation nur durch die Ofenhauswand vom Ofenhaus getrennt, so muß die Vorlage als sog. Kühlvorlage ausgebildet werden: liegt jedoch die Kondensation für sich abseits und führt dahin eine längere Rohgasleitung, manchmal mit Absturz im Freien, vor dem Ofenhaus von der Höhe der Gassammelleitung über den Ofen bis zu dem Rohrkeller in der Kondensation, so können die Bemessungen der Vorlage wesentlich kleiner gewählt werden, beispielsweise bis zur Kleinstvorlage, der Einzylvorlage je Entgasungsraum, wie sie die Firma Didier bei den Kleinkammer- und Großkammeröfen bevorzugt (Abb. 20).

Der Zweck der Vorlage ist aber noch ein anderer. Von einer jährlichen Gasabgabe von etwa $200\,000\text{ m}^3$ an empfiehlt sich wirtschaftlich der Einbau eines Gassaugers, dessen Drehzahl selbsttätig so zu steuern ist, daß einerseits im Entgasungsraum kein Überdruck entsteht, das Gas also drucklos entweichen kann, andererseits aber auch der Unterdruck nicht so groß wird, daß etwa durch undichte Wände des Entgasungsraumes inerte, den Heizwert des Gases vermindernde Rauchgase eingesaugt werden. Die Wirkung des Gassaugers erstreckt sich sonach bis in den Entgasungsraum. Wird dieser entleert, d. h. werden Füll- und Entleerungstüren geöffnet, so bestünde jetzt eine direkte Verbindung der Außenluft mit der unter Unterdruck stehenden Gasleitung. Um dies zu verhindern, arbeiteten die ersten Vorlagen grundsätzlich mit Tauchung, d. h. jedes Abgangsrohr tauchte 1 oder mehrere cm in die Sperrflüssigkeit ein. Diese Widerstandshöhe mußte durch den Gasdruck aus den einzelnen Entgasungsräumen überwunden werden, bevor das Gas in den Gassammelraum über der Sperrflüssigkeit und von da

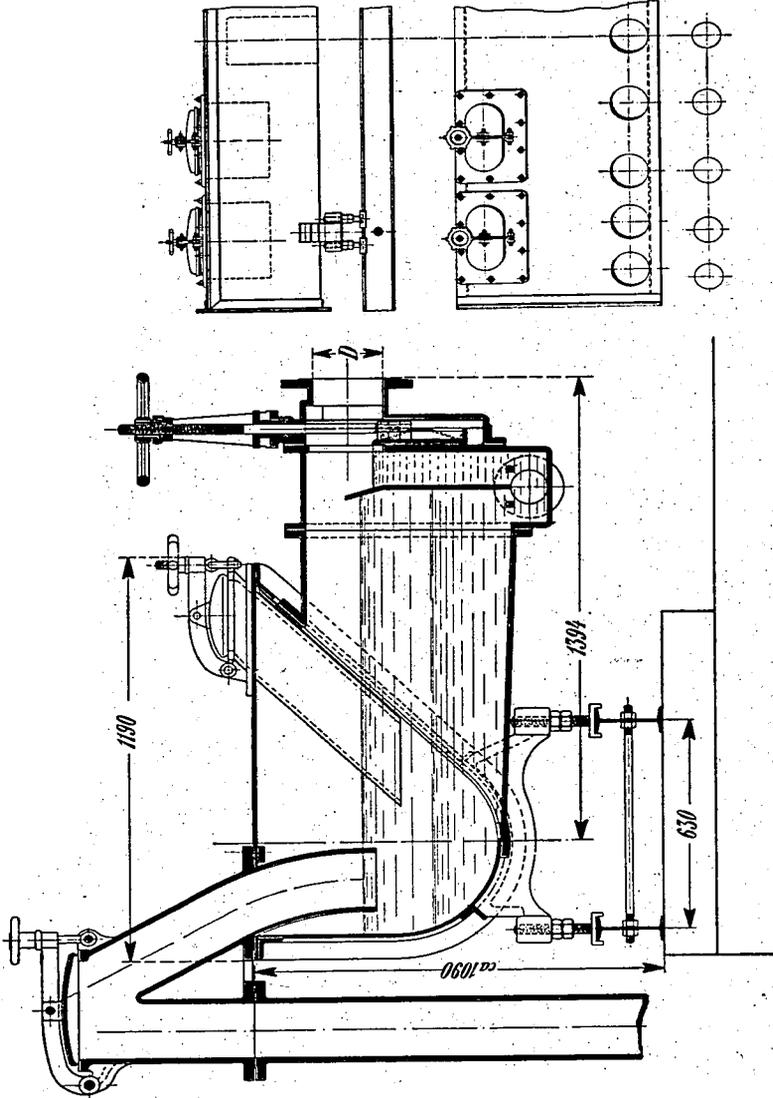


Abb. 19. Teervorlage mit Steige- und Tauchrohr, Reinigungsöffnung und gemeinsamem Gas- und Teerabgang, Bauart Drory.

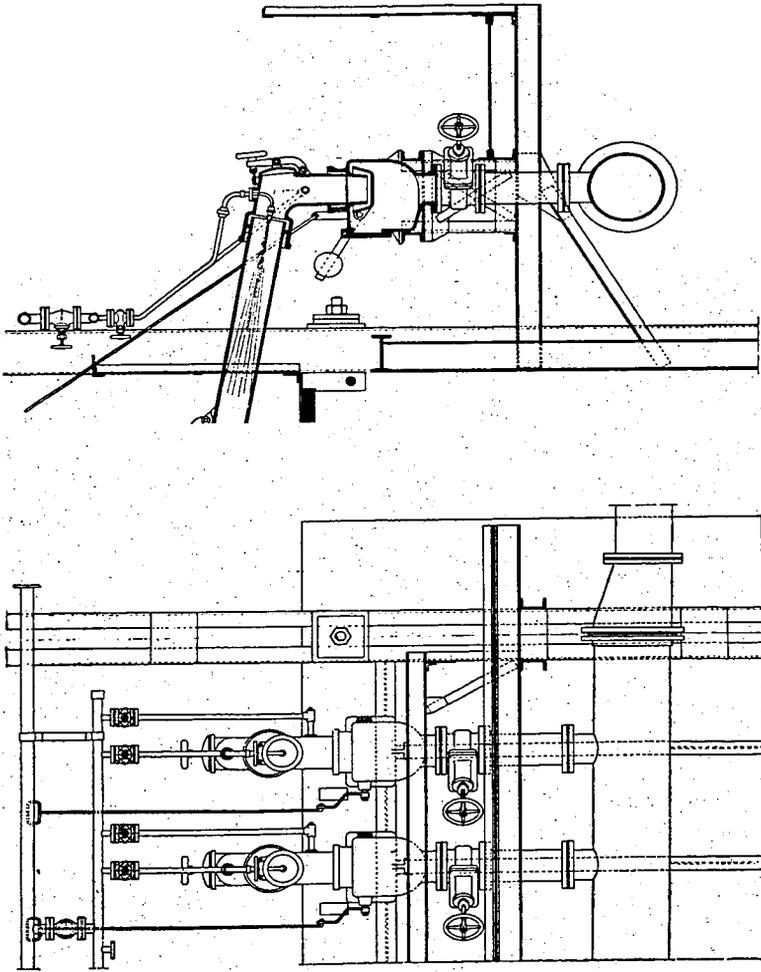


Abb. 20. Didler-Einzelvorlage mit zeitweiser Tauchung.

aus durch den gemeinsamen Abgang in die Gassammelleitung gelangen konnte. Jede Vorlage hatte ihren Gasabsperrschieber, durch den alle einmündenden Entgasungsräume gleichzeitig von der Leitung abgetrennt wurden. Diese Betriebsweise führte besonders bei älteren Öfen zu Gasverlusten. Neuerdings arbeitet man daher grundsätzlich ohne Tauchung und stellt diese nur während des Ladens her.

Die Vorlagen sind deshalb mit Vorrichtungen versehen, wodurch man einzelne Öfen, die eben geladen werden, vorübergehend durch die sog. Tauchung vom Gassammelrohr abtrennen kann. Ursprünglich erreichte man die Tauchung durch Hebung des Sperrflüssigkeit durch Zulaufenlassen frischen Wassers oder Ammoniakwassers oder durch Eindrücken eines Verdrängerkolbens, durch Einfügen einer Gasdruckkammer oder ähnlich. Im praktischen Betriebe haben sich mehr und mehr sog. Schöpftassen oder ähnliche Vorrichtungen eingeführt, die am unteren Ende jedes Tauchrohrs angebracht sind und durch Gestänge vom Ladeflur aus betätigt werden können. Die Sammelvorlagen mit »Schöpftassen« können sowohl nasse Vorlagen sein als auch trockene Vorlagen, sog. »Kühlvorlagen« oder »Vorkühler«.

Bei letzteren ist der Ausdruck »Schöpftasse« allerdings nicht mehr ganz am Platze, da tatsächlich die Tasse nicht schöpft, sondern sich nur in angeklapptem Zustand durch die Steigerrohrberieselung füllt und so einen Flüssigkeitsabschluß (Tauchung) während des Ladens herstellt. Die letztgenannten Verhältnisse herrschen auch in der Einzelvorlage.

Die Vorlagen alter Bauart bestanden ganz aus Gußeisen. Sie waren mit regulierbarem Teerablauf einer großen Anzahl von Tauchrohren und mehreren Putztüren für die Herausnahme des »Vorlagenpechs« und sonstiger Verunreinigungen versehen. Die Geschränke der Putztüren reichten mit Tauchung ebenfalls bis in die Sperrflüssigkeit hinab. Später bestanden die Vorlagen teilweise aus Guß- und teilweise aus Schmiedeeisen. Mit dem Übergang zum Schmiedeeisen änderte sich auch die frühere etwa V-förmige Gestalt der Vorlage und näherte sich der runden Form, während die gußeisernen Einzelvorlagen ausgesprochene Topfform aufweisen. Hierbei verzichtet man auch auf den seitlichen Teerüberlauf und oberen Gasabgang, sondern wählt den Gasabgang (einschl. Kondensat- und Teerablauf) nach unten in die Gassammelleitung. Jeder einzelne Entgasungsraum kann so durch die Tauchklappe und außerdem durch einen Schieber von der Gasleitung getrennt werden, ohne andere Entgasungsräume dabei in Mitleidenschaft zu ziehen (wie bei der Sammelvorlage mit gemeinsamem Abgang). Durch die vorstehenden Abb. 19 u. 20 wird eine ältere und eine neuere Vorlage veranschaulicht.

e) Generatorarmaturen.

So verschieden wie die Generatoren sind auch ihre Armaturen. Schon der Rost, hervorgegangen aus glatten Vierkantstäben, nahm mit-

unter die Form von Kesselroststäben oder gar von dampfgekühlten Hohlrosten an. Es gibt feststehende und kippbare Roste, zusammengesetzte Roste aus Steil- und Flachrost, mit einem oder zwei übereinander angeordneten Wasserschiffen. Andere Bauarten (Treppenroste) verzichten ganz auf das eiserne Wasserschiff und betonieren die Generatorsole als Sumpf aus. Auch die Geschränke der Schlacktüren richten sich ganz nach der jeweiligen Generatorart. Sie sind klein bei Flachrosten und wachsen bis zu den doppeltürigen Geschränken bei Steil- und Treppenrosten.

Die Erstluftschieber sind vielfach an den Feuerungstüren angebracht, können aber auch seitlich als eigene Armatur im Mauerwerk sitzen. Gemeinsam ist ihnen und den Armaturen für die Zweitluft (Sekundärluft) ihre Verstellbarkeit durch Gewindespindeln oder Klemmschrauben (Abb. 21).

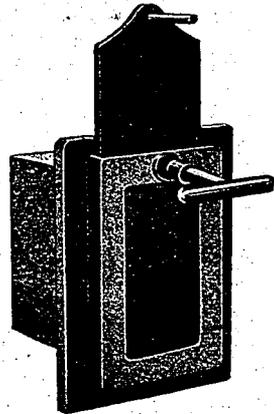


Abb. 21. Luftschieber für die Zuführung der Erst- und Zweitluft.

Die Treppenroste setzen sich, wie der Name sagt, aus einzelnen Treppenstufen zusammen, die von oben nach unten immer weiter in den Generatorschacht vorrücken. Unter dem natürlichen Böschungswinkel liegt der Generatorkoks auf den einzelnen Stufen des Rostes auf, so dem Zutritt der Erstluft eine große Eintrittsfläche bietend. Die Stufen selbst sind vielfach als Pfannenbleche mit Randwulstverstärkung ausgebildet, die in der Mitte etwas eingeknickt sind und so die Wasserberieselung kaskadenförmig nach unten von Stufe zu Stufe tropfen lassen. Da sie wegen der Handlichkeit beim Entschlacken in der Bauhöhe beschränkt sind, befinden sich innerhalb des Gußrahmens mitunter mehrere Auflagerwangen, die im Bedarfsfall auch einzeln ausgewechselt werden können. Mit großen Feuerzangen werden die einzelnen Pfannen aus- und eingehoben. Die weitere Entwicklung führte zu den sog. Steilrosten aus senkrechten Profilstäben, die gleichlaufend etwa in der gleichen Schräge wie die Treppenroste angeordnet wurden. Auch sie werden mit Wasser berieselt und ergeben im allgemeinen eine bessere Wasserverteilung und Rostkühlung, da die einzelnen Pfannen zu Verziehungen neigten und dadurch vielfach ein ungewolltes und unüberwachbares Gerinnsel entstand. Die Profilstäbe können auch durch wassergekühlte Rohre ersetzt werden.

Die Firma A. Otto & Co. hat eine Bauart herausgebracht, bei der eine Verbindung zwischen Treppen- und Steilrost durch Unterteilung der Stäbe erreicht wird. Hierbei werden die schädigenden Einflüsse von den einzelnen Pfannen in weitgehendem Maße abgehalten (Abb. 22).

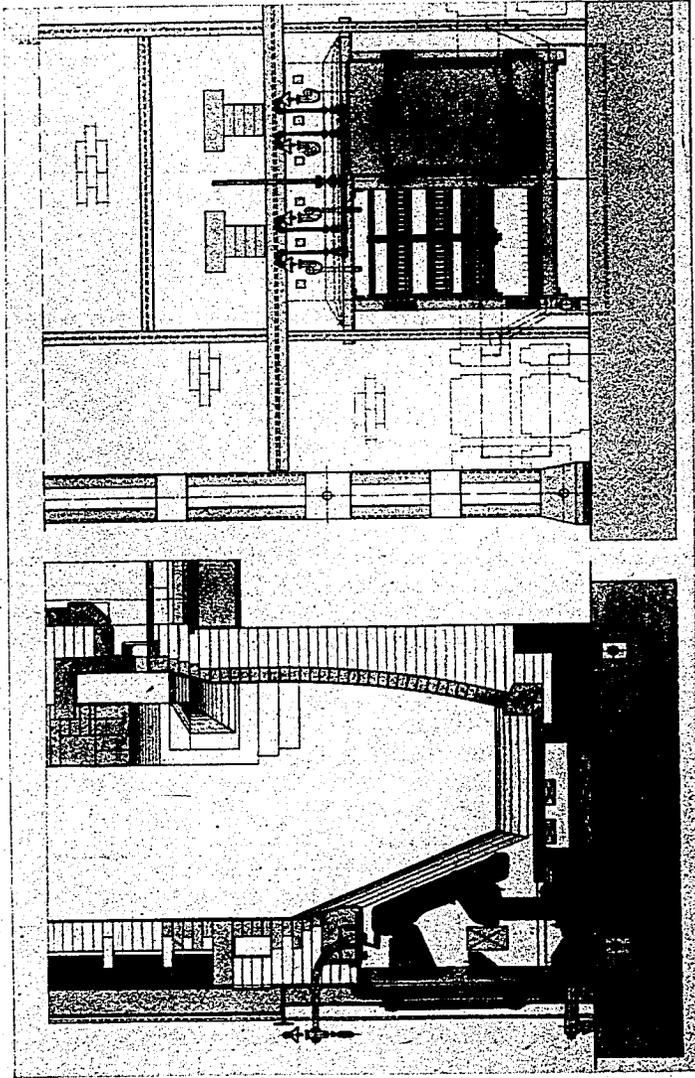


Abb. 23. | Dittler-Kleinkoks-generator für Entgasungsöfen.

Auch die Firma Didier baut moderne Generatorroste ähnlicher Ausführung (Abb. 23).

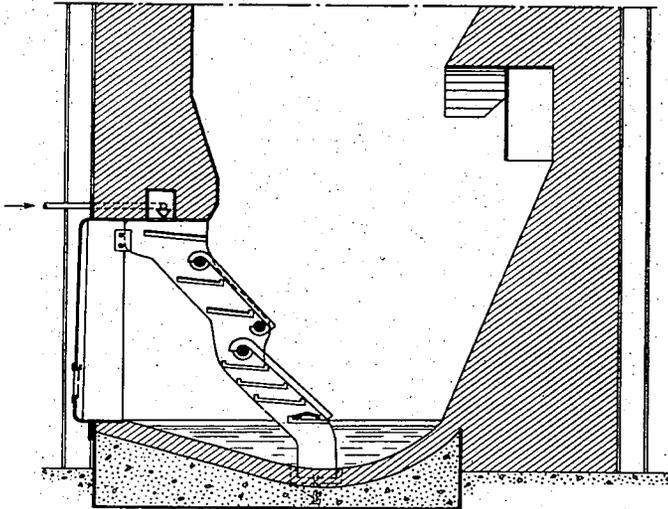
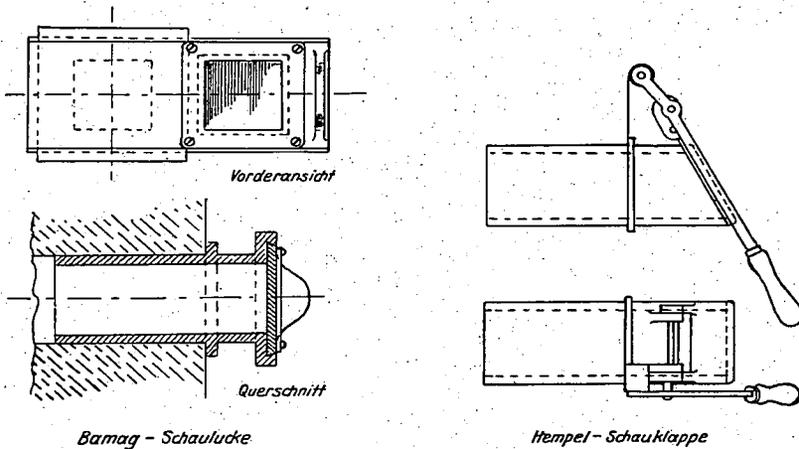


Abb. 22. Stabreihenrost für eingebaute Generatoren der Otto-Öfen.

f) Sonstige Armaturen.

An sonstigen Armaturen am Gaserzeugungssofen sind noch zu erwähnen die Schauluken zur Beobachtung der Ofentemperaturen, der Brennerdüsensteine (soweit vorhanden), zur Betätigung der Einstell-



Bamag - Schaulucke

Hempel - Schauklappe

Abb. 24. Schauklappe.

schiebersteine in den Feuerzügen, zur Flugstaubbeobachtung und zur Rauchgasprobenahme. Sie sind entweder als Flachschieber in Rahmenführung mit Glimmerfenster oder als Klappen mit oder ohne Hebelgestänge ebenfalls mit Glimmerscheiben ausgebildet (Abb. 24).

Unter den erweiterten Begriff der Armaturen fallen noch die Ausrüstungsteile für Rohrleitungen. Neuerdings wird hierfür eine gelenkige

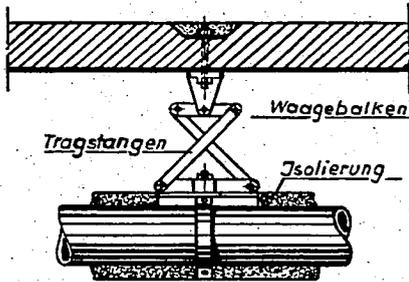


Abb. 25 a.

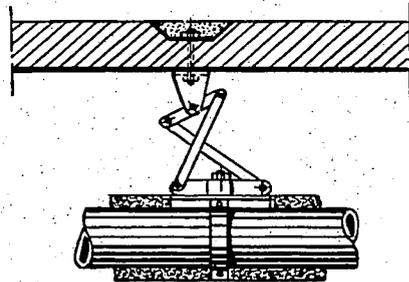


Abb. 25 b.

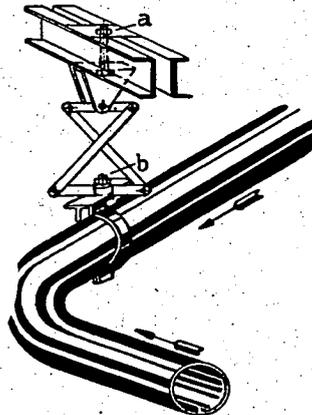


Abb. 25. Scherenaufhängung für Rohrleitungen.

Abb. 25 c.

Rohraufhängung empfohlen, die bei Wärmedehnungen oder -verkürzungen Bewegungen ergibt, die genau in der Rohrmittlebene verlaufen. Hängt eine Rohrleitung z. B. nahe unter einer Decke, Bühne, Laufsteg usw., so werden zumeist kurze Aufhängebügel aus Bandeisen od. dgl. verwendet. Tritt hierbei eine Rohrlagenveränderung ein, so kann sie nur im Kreisbogenpendelausschlag des kurzen Aufhängebügels erfolgen, d. h. die Leitung wird gehoben oder gesenkt, wodurch neue Spannungen verursacht werden. Aus nebenstehenden Abbildungen gehen die Ausführungs- und Bewegungsformen der neuen Scherenaufhängung, Bauart Demmer, hervor (Abb. 25 a bis c). Sie bedeutet auch bezüglich der Befestigung

stigung an der Decke eine Verbesserung und Vereinfachung gegenüber der sonst noch üblichen Rollenlagerung zwischen Flacheisenbügeln, da deren Rollen sich durch die Auflast zumeist schlecht drehen und so eine vermehrte Schubkraft auf die Hängerahmen an der Decke ausüben. Die Scherenaufhängung wird auch in Sonderausführung mit hängenden Federn geliefert. Lieferantin ist die Allgemeine Rohrleitungs-A.-G., Düsseldorf (Abb. 26 a bis c).

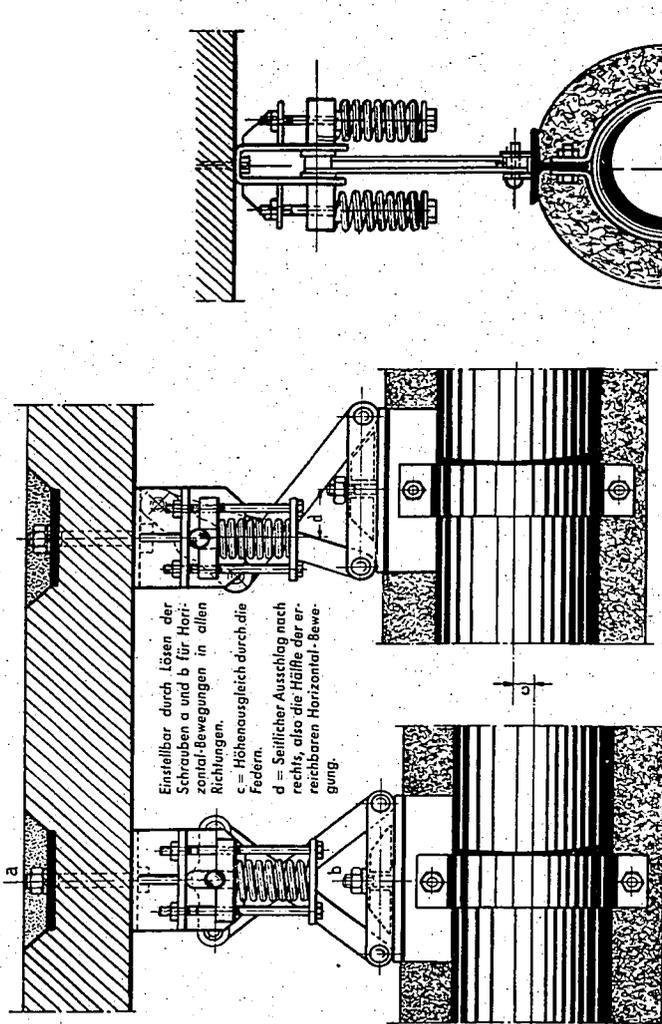


Abb. 26 c.

Abb. 26 a-b.
Abb. 26. Federnde Scheren-Aufhängung.

C. Leistung des Kleinraumofens.

1. Wahl des Gaserzeugungsofens, Ofengröße, Ausstehzeit und ihre Folgerungen.

In der Wahl des Gaserzeugungsofens ist der Werksleiter vielfach gar nicht so frei, wie man dies annehmen sollte. Es klingt vielleicht etwas übertrieben — ohne es zu sein —, wenn man behauptet: Der Dienst am Gasverbraucher beginnt am Gaserzeugungsofen und nicht erst am Feuerhahn im Wohnhaus. Die falsche Wahl eines Ofensystems kann große Schwierigkeiten bringen und die Gasverbraucher dauernd verärgern. Da diese für das Gas einen festgesetzten Preis bezahlen, ist das Werk auch verpflichtet, ihnen dafür dauernd ein Gas von gleichbleibender Beschaffenheit zu liefern. In England besteht gesetzliche Verpflichtung zur Gleichmäßigkeit im Heizwert.

Zur Gleichmäßigkeit des Gases gehören in erster Linie ein gleichbleibender Heizwert, dann aber auch gleichbleibender Druck, gleichbleibendes Dichteverhältnis zwecks gleichbleibender Ausströmungsgeschwindigkeit an der Gasdüse und gleichbleibende brenntechnische Eigenschaften. Hieraus ergibt sich für den Werksleiter eine Unmenge von Aufgaben, die jeweils örtlich nach der Art und der Verfassung der Werksanlagen und des Stadtröhrennetzes und der Verlauf von dessen Belastung zu lösen sind.

Für die Wahl des Ofensystems ist der gesamte Werkszuschnitt maßgebend. Je mehr ein Betrieb mechanisiert ist, desto mehr findet eine Arbeitsverlagerung vom Werk nach dem Büro und der Werkstatt statt, d. h. frühere Handarbeit, die jetzt in zeitlich stark verkürzte Maschinenarbeit umgewandelt wurde, erfordert gut eingerichtete Werkstätten mit den nötigen Facharbeitern und Aufsichtspersonen, um den Betriebsstörungenfrei in Gang zu halten; dazu ein kapitalbindendes Reserveteilager (Motoren, Wellen, Ritzel, Stirnräder, Schnecken, Anlasser, Schleifbühel, Laufräder, Lager, Pumpen, Gebläse, Meß- und Prüfgeräte usw.). Hieraus ist zu ersehen, wie sehr der Arbeitserleichterung auf der einen Seite eine Betriebsvergrößerung auf der anderen Seite entspricht.

Der Übergang zum Großraumofen hat aber auch noch andere Überraschungen gebracht; so z. B. die Erkenntnis, daß die alte Anhaltszahl der halbtägigen Behälterreserve nicht mehr haltbar ist. Beim Großraumofen ist eine mindestens 100proz. Behälterreserve nötig, möglichst aufgeteilt in zwei Behälter, von denen der eine als Mischbehälter, der andere als Abgabebehälter benützt wird. Der Behälter, dessen Glocke schwerer ist, dient als Mischbehälter. Kann dies aus irgendwelchen Gründen nicht geschehen, so muß die Glocke des anderen Behälters künstlich beschwert werden, damit das Gas in den zweiten Behälter überströmen kann.

Die anliegende Darstellung (Abb. 27) soll die Notwendigkeit genügenden Behälterraums veranschaulichen, dargestellt an dem Heizwertverlauf des Groß- und Kleinraumofens.

Die aus der Abb. 27 ersichtliche, über 24 h gehende Kurve stellt den Verlauf des Heizwertes des Gases aus einem Münchener Kammerofen dar. Ein ähnliches Bild ergibt der Verlauf der Gasabspaltung und des spez. Gewichtes. Alle drei Eigenschaften des Gases zeigen in den ersten Stunden ein steiles Anwachsen, dann aber ein ständiges allmäh-

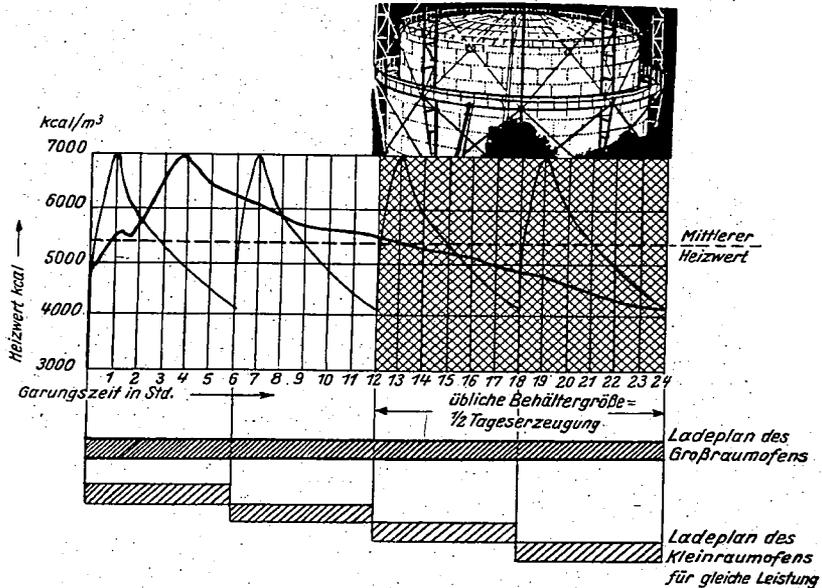


Abb. 27. Heizwert-Verlauf bei Entgasung im Groß- und Kleinraumofen.

liches Absinken. Es zeigt sich also eine Mengen- und Güteverdichtung etwa im ersten Drittel der Entgasungszeit. Man könnte die Entgasung somit ebenfalls als einen »stoßweisen Betrieb« bezeichnen.

Als Auswirkungen dieser Gesetzmäßigkeit hat es sich merkwürdigerweise ergeben, daß im Gasbehälter keineswegs sofort eine Vermischung des dort vorhandenen Gases mit dem neu einströmenden stattfindet, sondern daß sich die einzelnen Chargen der Großraumöfen genau so im Behälter schichtenweise einlagern, wie sie im Betrieb verfahren werden.

In der Abb. 27 ist andeutungsweise über dem schraffierten Teil der 24-Stundenkurve ein Gasbehälter dargestellt, der die Aufnahme der halben Tageserzeugung versinnbildlichen soll. Es geht daraus hervor, daß die nachmittags eingelagerte und aus dem Behälter an die

Verbraucher abgegebene Gasbeschaffenheit eine vollkommen andere ist wie die am Vormittag.

Liegen die Gasbehälterverhältnisse so wie vorstehend geschildert, und will man an der Betriebsweise der Öfen nichts ändern, dann bleibt nichts anderes übrig, als zu dem verhältnismäßig teuren Großraumofen mit seinen Nebenanlagen auch noch einen zweiten Gasbehälter zu bauen, der mindestens die zweite Hälfte der Tageserzeugung aufnimmt, wobei wie vorerwähnt vorteilhaft ein Behälter als Mischbehälter und der andere als Entnahmebehälter betrieben wird.

Wenn kein Mischbehälter zur Verfügung steht, muß auf den Hauptvorteil des Großraumofens — die Betriebsweise in einer einzigen Achtstundenschicht am Tage — verzichtet, die Ladezeiten der einzelnen Kammern müssen zeitlich auseinandergezogen und möglichst gleichmäßig über 24 h verteilt werden, so daß eine möglichst günstige Überschneidung der Heizwertkurven erfolgt.

In der Abb. 27 sind außer der 24-Stundenkurve auch noch vier kleine Heizwertkurven eingezeichnet. Der Abbildung ist die Annahme unterstellt, daß statt des 24stündig betriebenen Großraumofens ein Kleinraumofen gleicher Leistung mit kürzeren Ausstehzeiten betrieben wird. Durch diese Darstellung soll die heizwerttechnische Überlegenheit des Kleinraumofens für gleiche Leistung bei einem kleinen Werk angedeutet werden. Der mittlere Heizwert ist bei dem Großraumofen wie bei dem Kleinraumofen derselbe, nur wird das beim Großraumofen erst in 24 h erreichte Mittel beim Kleinraumofen schon in entsprechend kürzerer Zeit erreicht.

Der Kleinraumofen erfordert andererseits naturgemäß mehr Ladearbeit wie der Großraumofen. Da aber auch die neuzeitlichen Lade- und Entladeverfahren beim Kleinraumofen sehr arbeitsparend sind, spielt die Mehrarbeit keine ausschlaggebende Rolle.

Infolge der Heizwertüberschneidung beim Kleinraumofen ist es aber möglich, in Ausnahmefällen vom Ofen direkt auf das Stadtnetz zu arbeiten. In der Abbildung ist nur die Heizwertkurve ein und desselben Entgasungsraumes, der viermal am Tage geladen wird, dargestellt. In Wirklichkeit finden so viele Heizwertüberschneidungen statt als gleichzeitig kleine Entgasungsräume in Betrieb sind. Wie gleichmäßig sich dabei der Heizwert einer Horizontal-Klein-kammerofenanlage unter Zuhilfenahme eines Absaugereglers gestalten läßt, beschreibt W. Gohl im Fachschrifttum¹⁾ und belegt dies durch die Aufzeichnungen eines selbstschreibenden Gerätes.

Die Unterteilung des Entgasungsraumes hat aber auch noch betriebliche Vorteile. Es wurde gezeigt, daß die Gaserzeugung als Stoßbetrieb anzusehen ist. Bei Großraumöfen verlagert sich die Dichte

¹⁾ Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 750.

der Gaserzeugung und die Belastung der Kühlung, Saugung, Teerscheidung, Ammoniakwäsche, Reinigung, Benzolwäsche usw., alles im Sinne der aufgezeigten Heizwertkurve des Großraumofens. Am empfindlichsten ist die Kühlung (besonders bei nasser Vergasung).

Also sowohl die Gasbehälterfrage, die Apparatenfrage und die Erfordernisse der gleichbleibenden Gasbeschaffenheit lassen den Kleinraumofen als besonders vorteilhaft für mittlere und kleine Werke erscheinen, zumal er, abgesehen von seiner Billigkeit, heute auch bezüglich der Be- und Entladearbeit weitgehende Erleichterungen bietet.

Besonders verhängnisvoll wirkt sich heizwerttechnisch der Großraumofen im Kleingaswerk dann aus, wenn er wegen Unterbelastung mit besonders verlängerter Ausstezeit betrieben werden muß.

Wenn die grundsätzliche Entscheidung für den Groß- oder Kleinraumofen getroffen ist, dann kommt die zweite Frage: Horizontal-, Schräg- oder Vertikalbetrieb. Hierfür sind in erster Linie die Platzverhältnisse maßgebend und allenfalls vorhandene Förderanlagen oder Gebäude, Flure usw., die mitverwendet oder deren Höhenmaße eingehalten werden sollen.

Sind auf einem Werk allgemeinübliche Horizontalretortenöfen vorhanden, deren Retorten noch brauchbar sind, so wird man zunächst überprüfen, ob sich nicht der Durchstoßbetrieb einführen, vielleicht gleichzeitig die Retortenlänge vergrößern läßt. Durch das Vollfüllen der Entgasungsräume allein oder durch das Dampfen steigt schon die Leistung des Ofens wesentlich an. Beide Arten der Leistungssteigerung werden in den nachfolgenden Abschnitten noch näher beschrieben werden.

Handelt es sich nicht um eine Erweiterung, sondern um eine Neuanlage, so wird man vor der Wahl einer Ofenbauart erst eine planmäßige Verbrauchsuntersuchung für den Gasabsatz aufstellen, die sich mangels örtlicher Erfahrung an die Verbrauchszahlen anderer Orte mit gleicher bevölkerungspolitischer und wirtschaftlicher Schichtung halten wird. Oder es wird in der Weise verfahren, daß an Hand der örtlichen Jahresstatistiken festgestellt wird, ob der Ort sich langsam und stetig entwickelt oder durch irgendwelche Ursachen veranlaßt sprunghaft. Ist letzteres der Fall, dann versagt jede rechnerische Vorausbestimmung, handelt es sich aber um normale Entwicklung, so gibt die Rechnung einen für kürzere Zeit brauchbaren Anhalt. Bezeichnet:

E die derzeitige Einwohnerzahl, ohne Militär, das für sich zu rechnen ist,

E_n die Einwohnerzahl nach n Jahren,

p die jährliche prozentuale Zunahme der Bevölkerung,

so ist:

$$E_n = E(1 + 0,01 p)_n,$$

$$= 100 \left(\sqrt[n]{\frac{E_n}{E}} - 1 \right).$$

$$n = \frac{\log E_n - \log E}{\log(1 + 0,01 p)}.$$

Man wird heute bei der Ofenwahl zweckmäßig eine Ofenbauart wählen, die etwa 20% mehr Gas liefert, als augenblicklich im Höchstfall benötigt wird und wird das Überschußgas zur Unterfeuerung mitverwenden; dies wird dann in dem Maße verringert, als der Gasbedarf steigt (s. S. 100).

Die Zahlentafel 5 aus dem Jahre 1924 ist jetzt zum Teil als überholt anzusehen. Bei Annahme durchwegs vollgefüllter Retorten durch mechanische Beschickung mit Wurfbeschicker oder mit Ladeschnecke ergeben sich ohne weitere Änderungen Leistungssteigerungen von 35 bis 65%, so daß hiernach sich für die genannte Zahlentafel 5 bei den gleichen Öfen und Retortenzahlen folgende Jahresleistungen erzielen lassen würden unter der Voraussetzung, daß die Öfen für Durchstoßbetrieb eingerichtet sind oder sich einrichten lassen:

Lfd. Nr.	statt angegebener Jahresleistung	Mögliche Jahresleistung bei	
		Wurfbeschicker	Schneckenlader
1.	250000 m ³	340000 m ³	bis 410000 m ³
2.	500000 »	680000 »	» 830000 »
3.	750000 »	1000000 »	» 1250000 »
4.	1000000 »	1360000 »	» 1650000 »
5.	1500000 »	2000000 »	» 2500000 »
6.	2000000 »	2720000 »	» 3300000 »
7.	2500000 »	3300000 »	» 4100000 »

Die Frage der nassen Entgasung ist hierbei noch ganz offen gelassen (s. hierzu Abschnitt Nasse Entgasung S. 81). Man sieht aber aus der Aufstellung ganz deutlich, daß es für Klein- und Mittelwerke vergleichsweise einfache Mittel gibt, um die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Öfen auf eine Reihe von Jahren hinaus ausreichend umzugestalten und den Ofenbetrieb zu verbessern.

Selbst wenn diese Steigerungen noch nicht ausreichend erscheinen sollten, so besteht die Möglichkeit, auf gleicher Grundfläche die Retorten durch ein- oder mehrreihige Horizontalkleinkammern unter erheblicher Leistungssteigerung (bis zu 100%) zu ersetzen, wodurch am gesamten Werkszuschnitt noch nichts Wesentliches bei den Förderanlagen und dem Ofenhaus geändert werden muß. Die deutsche Gas-erzeugungsofenindustrie hat gerade im Laufe der beiden letzten Jahrzehnte geeignete Kleinofenbauarten mit waagerechten Entgasungsräumen auf den Markt gebracht.

Zahlentafel 5.

Wahl der Ofenbauart bei verschiedenen Jahres-Leistungen für Kleingaswerke¹⁾.

Lfd. Nr.	Jahresleistung	Anzahl der Retortenöfen	Anzahl der Retorten je Ofen zus.	Profil, Länge	Handlademulde	Bemerkungen
1.	250 000 m ³	1 1	3 7	Profil 1 3 m lang	Handlademulde	Nasse Entgasung ist nach Auffassung des Redners für die Größen bis 500 000 m ³ /Jahr im allgemeinen nicht zu empfehlen, weil bei Handbetrieb zu schwierig.
2.	500 000 m ³	1 1 1	3 7 6 in 8er Hülse	Profil 1 3 m lang	Handlademulde	
3.	750 000 m ³	1 2	4 8	Profil 400/600 3 m lang		Evtl. mit nasser Entgasung. Elektr. Lade- und Stoßmaschinenantrieb nur bedingt zu empfehlen.
4.	1 Million m ³	1 2	6 9	Profil 400/600 4,5 m lang		Lade- und Stoßmaschine mit elektr. Antrieb.
5.	1,5 Millionen m ³ !	1 2 1	4 6 in 8er Hülse 9	Profil 400/600 Länge 4,5 m		Vertikalretorten oder ein anderes System nur bedingt zu empfehlen, wenn es gelingt, die Wirtschaftlichkeit vollkommen sicherzustellen. Sie werden aber nicht günstiger arbeiten als Horizontalöfen mit maschineller Bedienung und kommen hauptsächlich dann in Frage, wenn eine baldige Vergrößerung der Anlage in Aussicht steht.
6.	2 Millionen m ³	3 1	9 6 in 8er Hülse	Profil 400/600 4,5 m lang		
7.	2,5 Millionen m ³	4	9	Profil 400/600 4,5 m lang		Vertikalöfen oder Vertikalcham-meröfen sind rentabel, bringen aber gegenüber den Horizontalöfen infolge der höheren Baukosten wahrscheinlich keine wesentlichen Ersparnisse.

¹⁾ A. Wilhelm, Gas- u. Wasserfach 67 (1924), S. 177.

Die nachstehenden Bilder Abb. 28 bis 31 und die Zahlentafel 6 zeigen Kleinöfen der Fa. Didier, Abb. 32 bis 34 einen Otto-Verbundofen

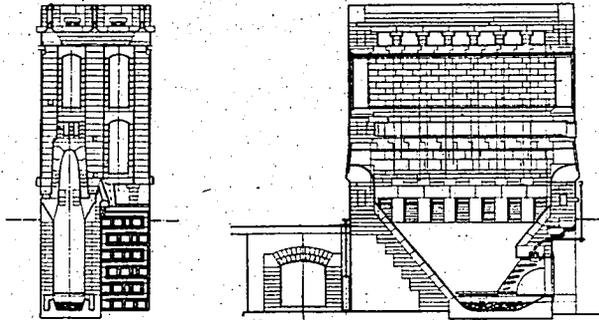


Abb. 28.

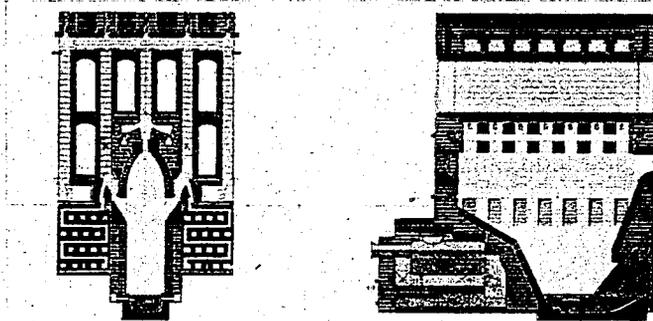


Abb. 29.

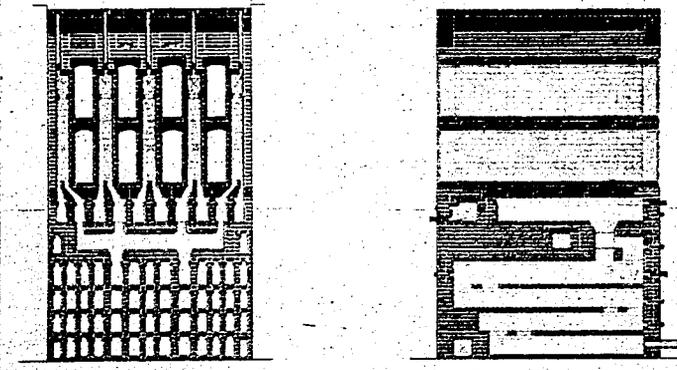


Abb. 30.

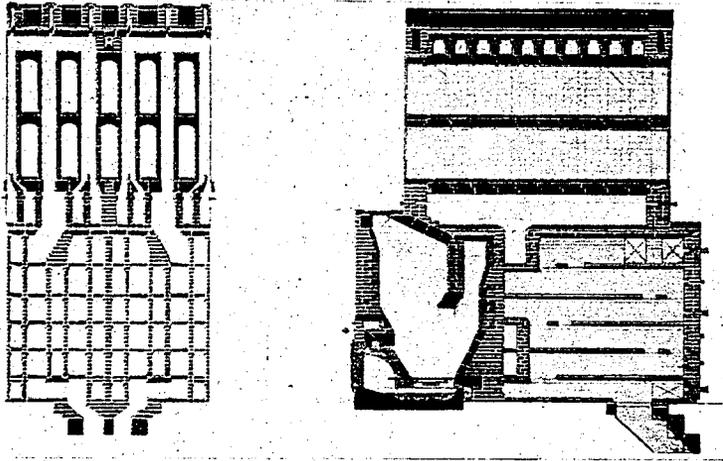


Abb. 31.
Abb. 28—31. Bauarten der Didier-Kleinraumöfen.

Abb. 32 (links). Horizontal-Verbundofen mit Zwillingsbeheizung nach dem Regenerativ-Verfahren der Fa. Otto-Bochum im Gaswerk Darmstadt. (Schnitt durch die Ofenanlage.)

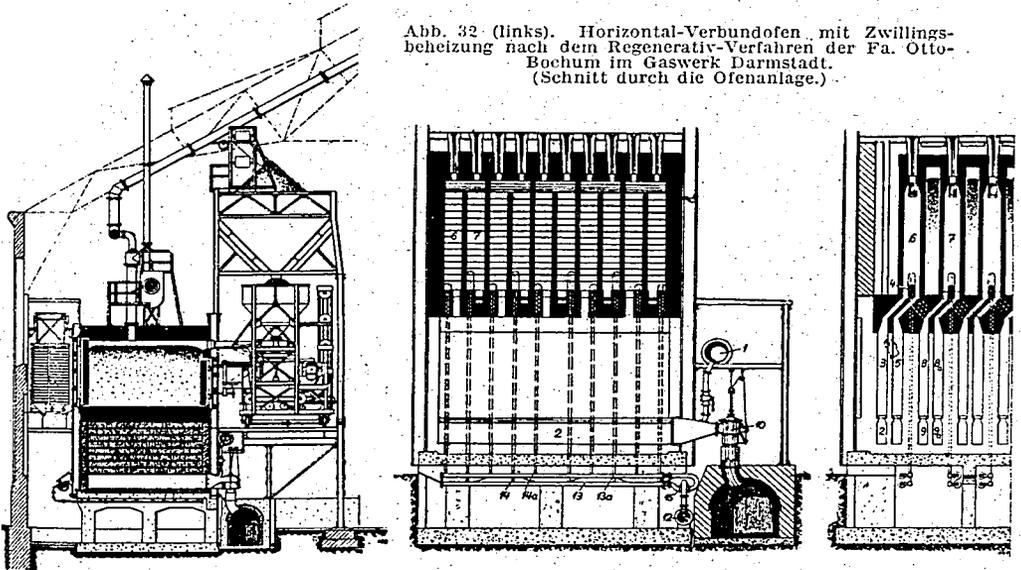


Abb. 33. Schnitte durch die regenerativen Beheizungseinrichtungen.

Zahlentafel 6.
Zusammenstellung von Didier-Kleinkammeröfen mit waagerechten Kammern.
(Angabe der Firma.)

Anzahl der Kammern	Länge m	Garungszeit h	Kohlen-durchsatz in 24 h	Ofenleistung 24 h	Generator	Rekuperator	Bemerkung	Abb. Nr.
3	3,5	12	3400 kg	1300 m ³	Innenliegend mit komb. Plan- und Treppenrost wie vorstehend	Röhren	Eingebaute Überhitzerschlinge	28
6	3,5	12	6800 kg	2600 m ³		Röhren	Eingebauter Abhitze-kessel im Fuchs	29
8	3,5	12	9200 kg	3500 m ³	Zentralgenerator für Schwachgas	Didier-Rekuperator aus Nut- u. Federsteinen	Unterbau vollkommen vom Rekuperator eingenommen.	30
8	3,5	8	12000 kg	4500 m ³	Mit eingebautem Generator mit Plan- und Treppenrost		Gedrängte Bauart, Fuchs in Sohlenmitte, Dampf aus Überhitzerschlinge.	—
10	4,25	8	18750 kg	7100 m ³	Halbvorgezogener Generator mit komb. Plan- u. Treppenrost	Didier-Rekuperator aus Nut- u. Federsteinen	Eingebaute Überhitzerkammer, Fuchs außerhalb Kammerbreite 270/280 mm Kammerhöhe 1200 mm	31

Zahlentafel 7.

Leistung der Otto-Horizontal-Kleinkammern mit rekuperativer und regenerativer Beheizung. (Nach Versuchsergebnissen, Angabe der Firma.)

Nummer des Versuchs:	Rekuperative Beheizung			Regenerative Beheizung		
	I	II	III	I	II	III
Anzahl der Kammern	8	4	4	16	25	25
Kammerinhalt	1,600	1,420	0,980	4,500	3,000	3,000
Kohledurchsatz/Tag	19200	12960	6850	121000	101000	101000
Gasleistung/Tag	9540	6800	3020	46805	39900	39900
Gasausbeute/Rohkohle (15%)/t.	496,7	524,5	440,5	386,4	392,5	392,5
Wassergehalt der Kohle	5,4	6,0	9,8	7,0	5,3	5,3
Mischgasheizwert kcal/Nm ³ (H ₀)	4477	4335	4341	4920	4550	4550
Erreichte Gaswertzahl (Rohkohle) kcal/kg	2072	2120	1782	1771	1664	1664
Geipert Wertzahl (Rohkohle) kcal/kg	1572	1600	1543	1516	1548	1548
Unterfeuerungsverbrauch: kg Reinkoks auf 100 m ³ (15%) Gas kg	25,78	25,05	39,55	—	—	—
Unterfeuerungsverbrauch % Reinkoks	12,81	13,15	17,42	—	—	—
Unterfeuerungsverbrauch bei Starkgas-Zusatzbeheizung: kg Reinkoks + Nm ³ Mischgas (oberer Heizwert) bezogen auf 100 kg Rohkohle	—	—	12,97 kg + } 7,84 Nm ³ }	—	—	—
dasselbe, bezogen auf 100 m ³ (15%) Mischgas	—	—	29,45 kg + } 17,78 Nm ³ }	—	—	—
Dampfherzeugung aus Abhitze, bezogen auf durchgesetzten Reinkoks	2,21 kg mit } 0,45 atü }	—	1,55 kg mit } 5,6 atü }	619	563	563
Unterfeuerungsverbrauch kcal/kg Rohkohle	—	—	—	9,87	9,79	9,79
kg vergaster C bezogen auf kg Kohle	—	—	—	—	—	—
Unterfeuerungsverbrauch kcal/1000 kcal im erzeugten Gas	—	—	—	—	—	—
Gasanalyse CO ₂	3,4	4,5	5,2	350	338	338
CmHn	2,2	2,0	2,1	1,6	2,3	2,3
O ₂	0,1	0,1	0,0	2,4	2,1	2,1
CO	17,0	14,3	0,0	0,2	0,0	0,0
H ₂	61,8	56,4	55,4	12,3	10,7	10,7
CH ₄	19,3	17,5	18,9	56,7	55,2	55,2
N ₂	6,2	5,2	5,8	21,4	22,2	22,2
Gasleistung/m ³ Grundfläche m ³ (15%)	460	334	131	5,4	7,5	7,5
Mittlere Kammererleuchte	330	270	300	380	340	340
Dampfungsverfahren	Otto	Otto	Otto plus Koksstopfen	Otto	Otto	Otto

D. Wassergas-Erzeugung im Entgasungsraum.

1. Geschichtliche Entwicklung.

Koning, ein holländischer Prediger von Ackersloot, stellte als erster durch Versuche fest, daß sich die Steinkohlengasausbeute durch Zusatz von Wasserdampf während der Destillation von 220 m^3 auf 500 m^3 (auf 1 t Kohle bezogen) steigern ließ. In einer Druckschrift aus dem Jahre 1816 berichtet er darüber. Diese Versuche sind somit als die erste praktische Darstellung von Mischgas anzusehen. Konings Ergebnisse werden (bezogen auf einen Heizwert von 4300 kcal/m^3) auch von den neuesten Verfahren nur unwesentlich überboten.

Beim Studium der Geschichte der technischen Entwicklung der Wassergaserzeugung stößt man immer wieder auf vielgestaltige Fragen und auf wirtschaftliche Betrachtungen.

Die Otto-Öfen waren ebenfalls schon in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts für die Zuführung von Wasserdampf eingerichtet¹⁾. Die Kohlenwasserstoffe, Benzol und Ammoniak hoffte man durch Kühlung mittels Spüldampfes zu schonen, d. h. vor Zersetzung zu schützen. Das heutige Steinmaterial verträgt auch die dafür notwendigen Hohlräume und Kanäle und die Einwirkungen des Dampfes besser als das damalige. Wenn auch der Erfolg des Spüldampfes nicht so groß war, wie man sich erhofft hatte, so hat sich doch auch diese Idee bis heute erhalten. Die Patentliteratur der vergangenen Jahrzehnte dieses Jahrhunderts bringt eine Anzahl verschiedener Ausführungsformen der Dampfzuführung zum Entgasungsraum. So hielten die Didier-Werke, Berlin (Stettiner Schamottefabrik) trotz anfänglicher Schwierigkeiten an dem Gedanken der Wassergaserzeugung im Entgasungsraum fest und haben ihn mit der angebauten Löschkammer, wie noch gezeigt wird, erfolgreich weiter ausgebaut.

Der Dessauer Vertikalofen von J. Bueb arbeitete erstmalig vorteilhaft mit der Einführung von Dampf am Ende der Garungszeit an der hohen Kokssäule entlang. Der Vertikalofen ist deshalb besonders dafür geeignet, weil die Kammern von oben nach unten sich konisch erweitern, wobei die Ofentemperaturen den Querschnitten angeglichen sind. Der waagerechte untere Verschußdeckel mußte schon immer durch Vorfüllkoks gegen örtliche Überhitzung geschützt werden. Dieser örtlichen Überhitzung konnte man aber auch durch Einführen von Dampf wirksam entgegentreten. Wenn nun der Kammerinhalt nach den ersten Stunden anfängt zusammenzusintern, dann entsteht ein Spalt zwischen der Kammerwand und der Kokssäule. Hierdurch ist der Weg für den Dampf freigegeben. Der Dampf streicht an den heißen Kammerwänden hin und hat dabei dauernd Berührung mit der hohen heißen Kokssäule.

¹⁾ Stahl u. Eisen 3 (1883), S. 397.

Durch diese guten Erfahrungen erhielt die »nasse Vergasung« wieder einen neuen Anstoß, die in der Fachwelt immer sehr verschieden beurteilt wurde. Der praktischen Ausführung folgte die wissenschaftliche Durchdringung des Aufgabengebietes. Das Gasinstitut Karlsruhe hat mehrere ausführliche Untersuchungen an ausgeführten Anlagen vorgenommen und durch die Veröffentlichung die Grundlagen geschaffen für die einheitliche Beurteilung solcher Anlagen. Auch Körting, Geipert, Offe, Goffin u. a. bemühten sich um die wissenschaftliche Klärung aller Fragen und besonders auch der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

2. Grundlagen der Wassergaserzeugung.

Bei der Wassergaserzeugung finden folgende Wärmevorgänge statt:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{C} & + \text{H}_2\text{O (Dampf)} & = \text{CO} + \text{H}_2 = 2 \text{ m}^3 \text{ Wassergas} \\
 0,536 \text{ kg} & \quad 1 \text{ m}^3 & \quad \quad 1 \text{ m}^3 \quad 1 \text{ m}^3 \\
 - 2570 \text{ kcal} & + 1308 \text{ kcal} & = - 1262 \text{ kcal je } 1 \text{ m}^3 \text{ zersetzten Dampfes} \\
 & & = - 1262 \text{ kcal je } 2 \text{ m}^3 \text{ Wassergas oder} \\
 \text{Wärmeverbrauch für } 1 \text{ m}^3 \text{ Wassergas} & & = \underline{631 \text{ kcal.}}
 \end{array}$$

Nebenher läuft noch eine zweite Reaktion:



Die letztere Reaktion tritt hauptsächlich bei absinkender Temperatur ein und liefert infolge verminderter Dampfzersetzung eine schlechtere Beschaffenheit des Wassergases. Der CO_2 -Gehalt ist somit ein Wertmesser für die Güte der Dampfzersetzung und damit auch für die des Wassergases. Auch bei der Wassergaserzeugung während der Destillation der Kohle, d. h. bei der Einführung von Dampf in den Entgasungsraum, folgt die Wassergasbildung (nasse Entgasung) genau denselben Reaktionen.

3. Durchführung des Verfahrens.

a) Allgemeines.

Die wirtschaftlichen Betrachtungen führten immer mehr zu der Einsicht, daß eine zeitliche Hintereinanderschaltung von Garungszeit und nachfolgender Wassergaserzeugung die Gestehungskosten des Wassergases stark belastet, besonders wenn größere Mengen von Wassergas verlangt werden. Es wird zwar mengenmäßig eine hohe Gesamtausbeute je t Kohle erreicht, aber auf Kosten der verlängerten Unterfeuerung und des anteiligen Kapitaldienstes der gesamten Gaserzeugungsanlagen für diese Zeit, in der die Entgasungsräume (einschl. Koksstopfen) ihrer eigentlichen Bestimmung, der Entgasung, entzogen sind und nur die Gelegenheit zur Wassergaserzeugung bieten, d. h. die Ofenleistung je 24 h. geht zurück, während sie beispielsweise voll erhalten bliebe (ohne Koksstopfen) bei Einhaltung der normalen Garungszeiten.

und getrennter Wassergaserzeugung in gleichem Umfang, also für gleiche Heizwerterniedrigung.

Es waren also die Verfahren wirtschaftlicher, bei denen sich die Wassergaserzeugung zusätzlich während des Destillationsbetriebes durchführen ließ.

Den Beweis hierfür lieferten die stetig betriebenen Vertikalöfen, bei denen Dampf eingeführt wurde, um den Koks in gelöschten Zustand überzuführen. Die fühlbare Wärme des Kokes, die Wassergasbildung, der Spüldampf, alles kam hier dauernd ohne irgendeine Verlängerung der Garungszeit der Gaserzeugung zugute.

Wie aber waren diese günstigen Verhältnisse auf waagerechte Entgasungsräume zu übertragen, bei denen die Gas- und Wärmeauftriebsverhältnisse nicht so ideal gestaltet zur Verfügung stehen? Zunächst begann man auch bei den waagerechten Entgasungsräumen mit der Hintereinanderschaltung von Entgasungszeit und Vergasungszeit (Wassergaserzeugung), und eine Reihe von Anlagen arbeiten heute noch derart. Die Arbeitsweise wurde aber bald in den einzelnen Werken (besonders durch die Belassung eines Koksstopfens im Entgasungsraum) verschieden abgewandelt. Um nur einige aus der Literatur bekannt gewordene Arbeitsweisen an Horizontalretorten und Horizontalkleinkammeröfen aufzuzeigen, seien nachfolgend einige Beispiele angeführt:

Mezger, Stuttgart, schlug vor¹⁾, um die Feuerführung der Öfen bei Schwankungen im Gasbedarf möglichst gleichmäßig zu gestalten, entweder dann zur Starkgasbeheizung überzugehen, wenn der Markt für Koks aufnahmefähig ist oder, sollte dies nicht der Fall sein, ohne Anfall von Mehrkoks die Kammern zu dampfen. An einem Beispiel wird gezeigt, daß man eine Kammer, die nach 12 h gar ist, erst nach 18 h auszustoßen braucht, wenn man die verlängerte Zeit von 6 h dampft, wobei die Steinkohlengaserzeugung im Verhältnis 3:2 in den Öfen zurückgeht. Durch das Zugeben des Dampfes kann aber die Feuerführung unverändert beibehalten werden, und damit bleibt die Beanspruchung des Ofens gleich. Den Verbrauch an Unterfeuerungskoks für die Wassergaserzeugung schätzt Mezger, Stuttgart, nicht für größer, als den Aufwand an Unterfeuerung beim Wechseln der Ausstehzeiten. Jedenfalls handelt es sich hier bei der »Elastizität der Gaserzeugungsofen« um einen interessanten und gangbaren Weg der Wassergaserzeugung im Entgasungsraum (Horizontalkammeröfen).

b) Goffin-Verfahren.

α) Wassergaserzeugung mit Durchstoßbetrieb.

Terres²⁾ berichtet auszugsweise über die am Gaswerk Frankfurt-Heddernheim vorgenommenen Versuche an umgebauten Horizontal-

¹⁾ Gas- und Wasserfach **74** (1931), S. 747.

²⁾ Journ. f. Gasbeleuchtung **62** (1919), S. 258.

nur bedingt richtig. Man kann eher umgekehrt sagen: Die nasse Entgasung gestattet, die Leistung des Ofens beliebig zu verringern, ohne die Gefahr der Überhitzung, wie sie beim trockenen Überstehen der Entgasungsräume vorliegt, in Kauf nehmen zu müssen.

Nachfolgend soll noch die Arbeitsweise einer Reihe anderer Werke beschrieben werden.

Gaswerk Lübben.

Tuckfeld¹⁾ berichtet über die dortigen neuen Betriebsverhältnisse: Stadt mit 8000 Einwohnern, Ofenumbau durch Firma Indugas getätigt, 2 vorhandene Halbgeneratoröfen mit Hinterschlackung und 1,7 m Unterflurtiefe erhielten unter Benutzung der alten Rekuperation neue Oberbauten mit je 5 und 6 Retorten (Normalprofil I 3,5 m lange Silikaretorten). Einführung des Durchstoßbetriebs, nasse Entgasung, Einbau eines Verdampfers und einer Überhitzerschlange aus Kruppschem aliiertem Stahlrohr.

Betriebsweise. Der Ofenbetrieb erfolgt derartig, daß stündlich — bei dem augenblicklichen Gasbedarf von 1200 m³/24 h — eine Retorte des Fünferofens je $\frac{1}{3}$ Frischladung = 110 kg erhält. Die frühere Lademulde als jetziger Stößel schiebt die Retortenladung um $\frac{1}{3}$ Retortenlänge nach hinten. Dabei fällt der bisherige Koksstopfen in den hinter dem Ofen befindlichen Kokstransport und das erste freigewordene Drittel wird in 45 s vollgeschleudert. In der Retorte befinden sich also: im hinteren Drittel entgaste Kohle als Koksstopfen für die Wassergaserzeugung, in der Mitte das zurückgestoßene erste Drittel, welches noch weiter gast, und im ersten Drittel die Frischkohle. Ausbeuten bei westfälischer Gaskohle, gewaschene Nußkohle IV von Zeche Hugo Harpen 440 bis 450 m³/t ($H_o = 4450$ bis 4500 kcal). Der Koks ist großstückig und silbergrau. Als Dampf für das Goffingas dient Maschinenabdampf mit nachträglicher Überhitzung.

Entgasungszeit = 3×5 h = 15 h/Retorte.

Unterfeuerung 900 kg/24 h auf 24×110 kg = 2640 kg Kohle.

Die Gaskosten werden mit 5,8 Pf./m³ frei Behälter angegeben.

Unter Inkaufnahme der erhöhten Ladearbeit wird der vorgeschilderte Fünferofen trotz nasser Entgasung (45% Goffingas) bei dieser Arbeitsweise einen so gleichmäßigen durchschnittlichen Heizwert ergeben, daß man notfalls vom Ofen direkt ins Netz arbeiten kann.

Gaswerk Metternich bei Koblenz²⁾.

Interessant sind die Verhältnisse dieses Kleinwerkes mit 200 000 m³ Jahresleistung. Vor dem Umbau Tagesabgabe 500 bis 600 m³, Gas-

¹⁾ Gas- u. Wasserfach 73 (1930) S. 659.

²⁾ Gas- u. Wasserfach 71 (1928) S. 1102.

behälter 600 m³, alter Sechser-Schamotterretortenofen, kein Gassauger, Gasausbeute erst 25%, später nur mehr 18%, Wassergas aus Kleinwassergasanlage; Gesamtausbeute 30 bis 35 m³/100 kg Kohle. Das Wassergas mischte sich nicht mit dem Produktionsgas; dauernd-schwankte der Heizwert im Netz.

Nach dem Umbau: Ofen mit 4 Silikaretorten 380/525 mm/3,5 m Länge Durchstoßbetrieb, Gassauger, Goffingaseinrichtung. Dampf aus kleinem Abhitzeessel. Generator mit 2 m Tiefgang und Treppenrost. Laden und Entladen in den ersten 10 Monaten nach dem Umbau mit Lademaschine und geteilter Mulde unter Belastung eines Koksstopfens; dann Rückkehr zum Handladebetrieb.

Es wird betont, daß das Volladen der Retorten abzüglich des stehengebliebenen Koksstopfens und des nach der Mitte geschobenen Drittels für die Schaufelladung keinerlei Schwierigkeiten mehr bereitet.

Betriebsweise. Ladezeiten alle 8 h }
bei starkem Gasbedarf. 6 h } je 1/3 Retorte.

Aussteuzeiten je Retorte: 24 bzw. 18 h. Ausbeute 480 m³/t bei je 8 h. 1/3 Ladung und 130 kg Ladegewicht = 390 kg Tagesdurchsatz = 187 m³; bei 140 kg Ladegewicht = 420 kg/Tag = 201 m³.

Bei 6stündiger Ladezeit steigt die Leistung um 1/3 auf 268 m³; bei 1/2 statt 1/3 Ladung/6 h = 800 kg am Tag = 320 bis 380 m³. Das Fehlen jeglicher Steigrohrverstopfungen sowohl als auch des Vorlagendickteers wird auf den Einfluß des Goffingases zurückgeführt. Der Gaspreis frei Behälter wird mit 7,5 Pf./m³ frei Behälter angegeben.

Ferner sei auf folgende Mitteilungen hingewiesen:

	Veröffentlichung	Ofen-System	Goffin-gas	Ausbeute m ³ /100 kg Kohle	Heizwert H _o kcal/m ³	Bemerkung
1.	Gas- u. Wasserfach (1924) 67 S. 155	Retortenofen	»	40—45	—	Ladung mit Mulde oder Schaufel, Entleerung mit Ziehkarren
2.	Gas- u. Wasserfach (1923) 71 S. 1102	Retortenofen	»	43—45	—	Ladung mit Mulde und Durchstoßbetrieb
3.	Gas- u. Wasserfach (1930) 73 S. 658	Retortenofen	»	52,08 49—51 als Jahresdurchschn.	4493	Versuch: Gaswerk
4.	Gas- u. Wasserfach (1931) 74 S. 1036	Kleinkammer	»	55,2 51—52 als Jahresdurchschn.	4405	Versuch: Gasinstitut

β) Wassergaserzeugung ohne Durchstoßbetrieb.

Goffingas kann auch in der einseitig geschlossenen Retorte (Ziehaken) hergestellt werden.

So wird¹⁾ die Dampfung und Wassergaserzeugung nach dem Goffinverfahren in dem Schwarzwald-Gaswerk Triberg durchgeführt, das ebenfalls keinen Durchstoßbetrieb hat. An dem Viererofen dieser Anlage hat das Gasinstitut Versuche mit trockener und nasser Entgasung angestellt²⁾.

Betriebsweise in Triberg. Jede Retorte wird zunächst voll geladen, nach 4 h beginnt das jeweils halbstündig unterbrochene Dampfen. Nach 6 h wird die Retorte zu $\frac{4}{5}$ entleert, der Rest zusammengestoßen, frisch geladen, dann erfolgt wieder 6 h lang halbstündiges Dampfen mit Unterbrechung. Darauf wird die Retorte ganz entleert.

Diese Betriebsweise macht allerdings eine gute Aufsicht erforderlich. Aus den Versuchsergebnissen werden folgende Schlußfolgerungen gezogen. Die Gasausbeute liegt beim Dampfen um $10 \text{ m}^3/100 \text{ kg}$ Kohle höher als beim Trockenbetrieb. Der Koksverbrauch beträgt $0,52 \text{ kg Koks/m}^3$ für Wassergas einschließlich der Dampferzeugung, während eine Kleinwassergasanlage $0,8 \text{ kg}$ für 1 m^3 benötigt.

Das Dampfen in der Retorte oder Kammer verhindert Graphitansatz, vermehrt dadurch die Gasausbeute und verhindert Beschädigung des Entgasungsraumes durch die Stoßstangen beim Ausstoßen des Graphits; es erhält den Wärmedurchgang gleichmäßig aufrecht, verhindert Überhitzungen durch Wärmestau, verlängert die Lebensdauer des Entgasungsraumes, ermöglicht nachgiebigen Betrieb und Angleichung an den Gasbedarf durch Vergrößerung oder Verkleinerung des Kohlendurchsatzes und des stehenbleibenden Koksstopfens. Die Gewinnung von Abhitzedampf und überhitztem Dampf erfolgt ohne Mehraufwand an Bedienung, reichlicher als für die Erzeugung von Goffingas notwendig ist. Der Überschußdampf kann für Behälterheizung, für die Ammoniakfabrik, Bade- und Wascheinrichtungen, Raumheizung od. dgl. verwendet werden.

Die Hintereinanderschaltung von Entgasung und Dampfen, also die Verlängerung der Ausstehzeiten, verringert zwar das Ausbringen der Öfen an Wärmeeinheiten in Gasform/24 h, sie erhöht aber die Gasausbeute/100 kg Kohle.

Die Wassergaserzeugung im Entgasungsraum erhöht den Aschegehalt des Koks. Da die Umsetzung in Wassergas im Entgasungsraum aber hauptsächlich an der Oberfläche des Koks vor sich geht, wird die vermehrte Asche während der Sortierung fast restlos abgestoßen.

¹⁾ H. Sticksel, Triberg, Gas- und Wasserfach **66** (1923), S. 180 mit Abb.

²⁾ Mitteilg. a. d. Gasinstitut, Gas- und Wasserfach **67** (1924), S. 155.

Gegenüberstellung.

Wassergaserzeugung in und außerhalb des Entgasungsraumes.

Eigene Wassergasanlage.	Goffin-Verfahren.														
Wassergasgenerator, (Karburator, Überhitzer), Skrubber, Kühler, Gebläse mit Antrieb (Elektromotor, Dampfturbine usw.) Wassergas - Zwischenbehälter, Sauger, Reiniger, Uhr, Rohrleitungen, Armaturen, Platzbedarf für vorgenannte Einrichtungen, Gebäude, Bunker, Bühnen, Treppen usw.	nicht vorhanden. Goffingas wird gleichzeitig mit dem Steinkohlengas erzeugt.														
Reserven (Generator, Gebläse, Sauger usw.) notwendig.	jede Ofenreserve ist gleichzeitig Goffingas-Reserve.														
Instandhaltung der gesamten vorgenannten Anlagen.	Instandhaltung beschränkt sich auf Dampfventile und -blenden.														
Kapitaldienst für vorgenannte Anlagen und Gebäude.	Bei geringstem Kapitalbedarf ist die Verzinsung und Tilgung höher als bei eigener Wassergasanlage.														
Wasserverbrauch für Skrubber und Kühler.	Der Kühlwasserverbrauch beträgt etwa $\frac{1}{3}$ einer eigenen Wassergasanlage.														
Strom- oder Dampfverbrauch für Gebläse und Sauger.	Elektr. oder mechanische Energie nicht erforderlich.														
Arbeitslöhne für Koksförderung, für Erzeugung von Wassergas und Dampf, für das Entschlacken der Generatoren und Schlackenabfahren.	Löhne etwa $\frac{1}{3}$ der Wassergasanlage, sie entstehen nur anteilig im Verhältnis der für die Goffingas-Erzeugung aufgewandten Unterfeuerungsarbeiten, für die Dampferzeugung entstehen keine Arbeitslöhne. Sonstige Arbeit besteht nur im Öffnen und Schließen der Dampfventile.														
Bestehen der Möglichkeit von Verpufungs- und Vergiftungsgefahr.	Gefahren nicht vorhanden, da Goffingas im vollkommen gegen Luft abgeschlossenen Entgasungsraum erzeugt wird und sich bei evtl. Entweichen durch den Steinkohlengasgeruch bemerkbar machen würde.														
Verluste durch Blasegase, Koksabbrand bei weniger als 3-Schichten-Betrieb.	Keine Blasegase, kein Koksabbrand im Sinne der Wassergasanlage.														
Möglichkeit der Verunreinigung des Wassergases durch Restgase beim Umschalten von Blasen auf Gasen. Abhängigkeit von der Gewissenhaftigkeit des Arbeiters bzw. vom Verschlackungsgrad des Generators.	Kein Umschalten, keine Restgase, keine Bedienung.														
<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">Koksverbrauch 60 kg im Wassergas-Generator</td> <td rowspan="3" style="font-size: 3em; padding: 0 10px;">}</td> <td style="padding-left: 5px;">für</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;"></td> <td style="padding-left: 5px;">100 m³</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;"></td> <td style="padding-left: 5px;">Wassergas.</td> </tr> </table>	Koksverbrauch 60 kg im Wassergas-Generator	}	für		100 m ³		Wassergas.	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">Koksverbrauch für Unterfeuerung 18 kg</td> <td rowspan="3" style="font-size: 3em; padding: 0 10px;">}</td> <td style="padding-left: 5px;">für</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">Koksverbrauch für Wassergas 30 kg</td> <td style="padding-left: 5px;">100 m³</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">Dampfverbrauch 60 kg</td> <td style="padding-left: 5px;">Wassergas.</td> </tr> </table>	Koksverbrauch für Unterfeuerung 18 kg	}	für	Koksverbrauch für Wassergas 30 kg	100 m ³	Dampfverbrauch 60 kg	Wassergas.
Koksverbrauch 60 kg im Wassergas-Generator	}		für												
			100 m ³												
		Wassergas.													
Koksverbrauch für Unterfeuerung 18 kg	}	für													
Koksverbrauch für Wassergas 30 kg		100 m ³													
Dampfverbrauch 60 kg		Wassergas.													

Der Vorteil des Goffinverfahrens, d. h. der Wassergaserzeugung im Entgasungsraum mit durch Abhitze gewonnenem Dampf, besteht darin, eine Heizwertherabsetzung zugunsten besserer Brenneigenschaften des Stadtgases im Sinne der Krummhübler Richtlinien vornehmen zu können, ohne eine eigene Wassergas- und eigene Dampfkesselanlage erstellen zu müssen.

Ursprünglich für Horizontalretorten entwickelt, fand das Verfahren später auch bei Horizontalkleinkammern und Horizontalkammeröfen in entsprechender Weise Anwendung.

Über die Wirtschaftlichkeit der Wassergaserzeugung im Entgasungsraum und in eigener Wassergasanlage hat Geipert¹⁾ (im Beispiel ist allerdings ein Vertikalofen angenommen) eingehend berichtet und kommt zu der Schlußfolgerung, daß bei den 1919 gültigen Preisen das Retortenwassergas um 24% je 100 m³ billiger zu erzeugen sei als in Generatoren. Diese Wirtschaftlichkeit glaubt er im großen und ganzen auch gesichert, selbst wenn man einige Faktoren (z. B. Unterfeuerung) ungünstiger einsetzen würde.

c) Weitere Verfahren zur Wassergaserzeugung im Entgasungsraum.

α) Otto-Verfahren.

Bei dem Goffinverfahren geschieht bisher größtenteils die Dampfeinführung durch ein Rohr gewissermaßen punktförmig, sowohl bei Retorten als auch bei Kammeröfen.

Die Firma Otto kommt zu einer anderen Art der Dampfeinführung, die Steding²⁾ wie folgt begründet:

Die aus einer Kohle zu erwartende Gasausbeute bei Naßbetrieb läßt sich nach folgender Formel berechnen:

$$V = \frac{H_{wz} \cdot 100}{H_{st}} + \frac{(H_{st} - H_n) \cdot H_{wz} \cdot 100}{H_n - H_w \cdot H_{st}}$$

V = Gasmenge bei 0° je 100 kg Kohle,

H_{wz} = Heizwertzahl der Kohle im Trockenbetrieb (nach Geipert),

H_{st} = oberer Heizwert des Steinkohlengases im Trockenbetrieb,

H_n = erwünschter oberer Heizwert des Mischgases im Naßbetrieb,

H_w = oberer Heizwert des Zusatzgases.

Steding leitet daraus ab, daß abgesehen von der verwendeten Kohle eine hohe Gasausbeute bei einem bestimmten Mischgasheizwert begünstigt wird durch:

¹⁾ Journal f. Gasbeleuchtung 62 (1919), S. 269.

²⁾ Gas- und Wasserfach 75 (1932), S. 374.

1. Vermeidung von Gasverlusten bei der trockenen Destillation (Risse, Poren, Druckverhältnisse, Abzugsmöglichkeiten),
2. Erzielung eines möglichst hohen Heizwertes bei der trockenen Entgasung der Kohle (gleichmäßige Beheizung des mit Kohle gefüllten Teils des Entgasungsraumes, Abzugsmöglichkeit der Destillationsgase zwischen Kohlenoberfläche und Kammerdecke),
3. möglichst hohen Wassergasheizwert (Kokstemperatur nicht unter 900° , geringe Gasgeschwindigkeit, lange Berührungsdauer, geringe Dampfgeschwindigkeit, hoher Zersetzungsgrad des Dampfes).

Die Art der Dampfzuführung für den Naßbetrieb von Gaserzeugungsöfen ist in erster Linie von der Bauart dieser Öfen abhängig. Bei Vertikalöfen erfolgt die Dampfeinführung von unten, kann aber auch von oben geschehen, wenn dann für eine entsprechende Abführung des entstehenden Wassergases von unten gesorgt wird. Beim Vertikalofen mit Wanderladung kommt ferner noch die Spülwirkung des Gases hinzu, und diese ist es, auf der Otto auch das Dampfen der Horizontalöfen aufbaut.

Bei Horizontalkleinkammern und -retortenöfen beläßt man bei dem Goffinverfahren einen der gewünschten Ofenleistung entsprechenden Koksrest im Entgasungsraum, der hinter dem vollgefüllten Teil der Kammer oder Retörte zur Wassergaserzeugung dient, mit der Absicht auch einer Durchspülung des Kohleneinsatzes durch das Wassergas. Der Dampf wird an der Stelle zugesetzt, die vom Abzug des Gases am weitesten entfernt ist.

Bei dem Otto-Verfahren sind es hauptsächlich zwei Punkte, die als abweichend vom Goffinverfahren auffallen:

1. Erzielung weitestgehender Dampfzersetzung durch starke Überhitzung des Dampfes vor Eintritt in die Kammern,
2. Erzielung einer möglichst günstigen Dampfeintrittsverteilung über die ganze Kammerlänge durch eine Vielzahl von Dampfeintrittsstellen und ein System von Dampfkanälen und -düsen im Kammerboden und im unteren Teil der Kammerwände.

Bei dem Otto-Verfahren wird die ersten 6 bis 8 h zur Vermeidung der Verstopfung dieser Hohlwege durch irgendwelche Destillationsprodukte der Kohle eine geringe Menge Dampfes eingeblasen, der außer der Freihaltung der Dampfungsquerschnitte auch noch wärmeübertragend als Spüldampf auf den Kohleneinsatz wirkt, einerseits die Entgasungszeit beschleunigend, andererseits die schweren Kohlenwasserstoffe und auch das Ammoniak gegen Zersetzung schützend.

Die Abb. 36a—c¹⁾ zeigt einen weitgehenden Einblick in den Temperaturverlauf im Innern des Koksleinsatzes in einer Otto-Horizontalkleinkammer, in der je 1 Thermoelement von einer Türseite aus etwa in Kammermitte in den Koksleinsatz und ein zweites unter der Kammerdecke über dem Koksleinsatz eingebaut waren.

Man sieht, daß trotz des allerdings nur in geringem Maße angestellten Spüldampfes die Temperaturen im Koksleinsatz steil ansteigen (1180 bis 1250° C) bis zum Umschalten auf das Hauptdampfen zur Wassergaserzeugung. Aus dem durch das mittlen im Koksleinsatz stek-

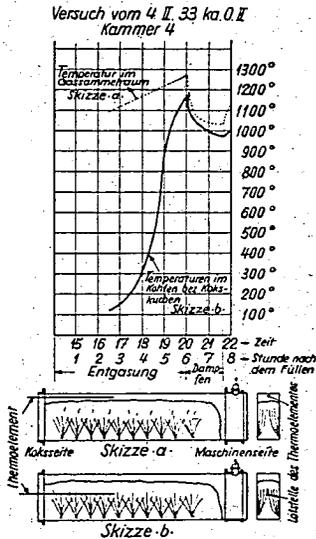


Abb. 36.

Abb. 36 a.

Abb. 36 b.

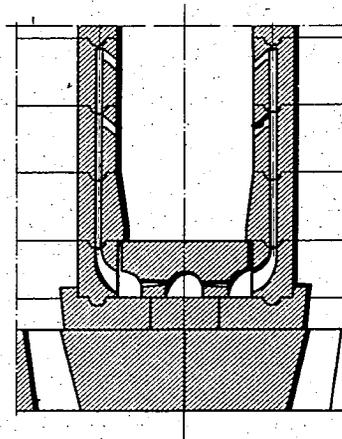


Abb. 36 c. Dampfungs-Einrichtung für Otto-Öfen.

Abb. 36 a) u. b). Temperatur-Messungen in Horizontal-Kleinkammern während des Dampfens nach dem Otto-Verfahren.

kende Thermoelement angezeigten Wärmeabfall von 200° C schließt der Verfasser angeblich, daß der längs der Kammerwand eingeblasene Dampf bis zur Koksleinsatzmitte eindringt, womit die Wirkung des Spüldampfes erwiesen wäre. (Bisher standen die Verfechter der nassen Entgasung auf dem Standpunkt, daß die Wassergaserzeugung sich nur an der Oberfläche des Koksleinsatzes abspiele, weshalb auch die Ascheanreicherung nur an der Oberfläche geschähe, die sich außerdem in der Koksleinsatzaufbereitung leicht wieder beseitigen ließe. Bei der Tiefenwirkung des Spüldampfes würde sich die Aschevermehrung auch im Innern des Koksleinsatzes vollziehen. Der Wärmeabfall im Innern läßt sich dagegen auch unschwer als Wärmeabfluß nach der Außenseite des Koksleinsatzes erklären, wo der wärmebindende Wassergasprozeß sich abspielt.)

¹⁾ A. Knerr, Dtsch. Licht- und Wasserf.-Ztg. (1933), S. 398/404.

Die Abb. 37a zeigt das Goffinverfahren mit der punktförmigen Dampfeinführung in den »Koksstopfen« (etwa $\frac{1}{3}$ des Kammerinhalts). Die Abb. 37b veranschaulicht dagegen die Dampfungseinrichtung nach

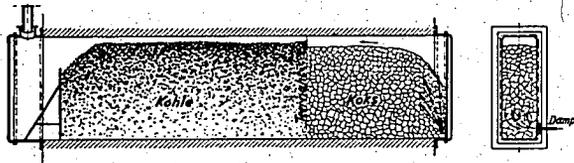


Abb. 37 a.

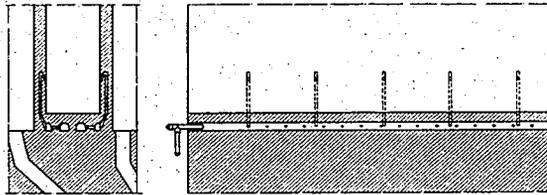


Abb. 37 b.

Abb. 37a) u. b). Dampfen nach dem Goffin- und nach dem Otto-Verfahren.
a) Goffin-Verfahren, b) Otto-Verfahren.

dem Otto-Verfahren mit den Kanälen, Düsen und der Vielzahl der Ausströmöffnungen. Die angenommene Wirkung dieser Dampfverteilung wird in Abb. 36a u. b gezeigt.

Ferner finden wir in Abb. 38a bis d zeichnerische Darstellungen der Gaszusammensetzungen in diesen Kleinkammern ohne Dampfeinführung (a) und mit gleichzeitigem Dampfen nach dem Goffinverfahren (b bis d). Die Gegenüberstellung der Linienzüge a (ohne Dampf) mit den drei nachfolgenden (mit Dampf) soll den Beweis erbringen, daß keine wesentliche CO-Zunahme, also keine besondere Wassergasbildung, durch das Goffinverfahren eintritt.

In der Abb. 39 zeigen die Kurven a und b, daß die Wassergasbildung dagegen sehr gesteigert werden kann, wenn man bei dem Goffinverfahren stark überhitzten Dampf anwendet. In der Abb. 40 (Kurven a, b u. c) wird dargestellt, daß schon der Spüldampf nennenswerte Mengen von Wassergas bildet, die aber noch plötzlich ansteigen, sowie der Hauptdampf angestellt wird.

Eine weitere Steigerung der Gasausbeute läßt sich dadurch erreichen, daß man im Entgasungsraum nach dem Otto-Verfahren karburiertes Wassergas herstellt und zwar durch Teer- oder Gasölvercrackung. In Zeiten eines schlechten Koksmarktes kann das Bestreben vorherrschen, die Gasausbeute zu steigern. Ob zu diesem Zweck Teer oder Gasöl

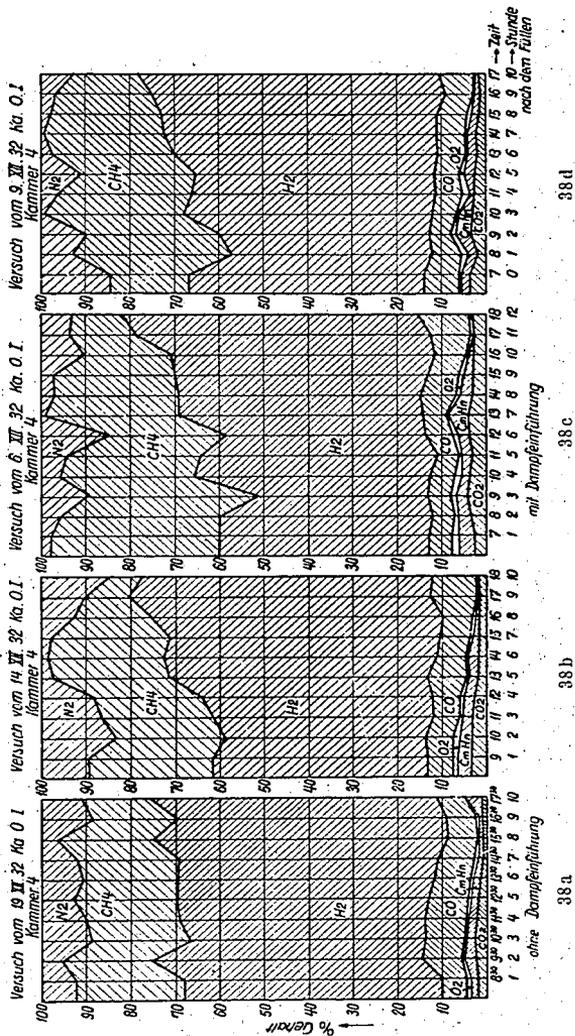
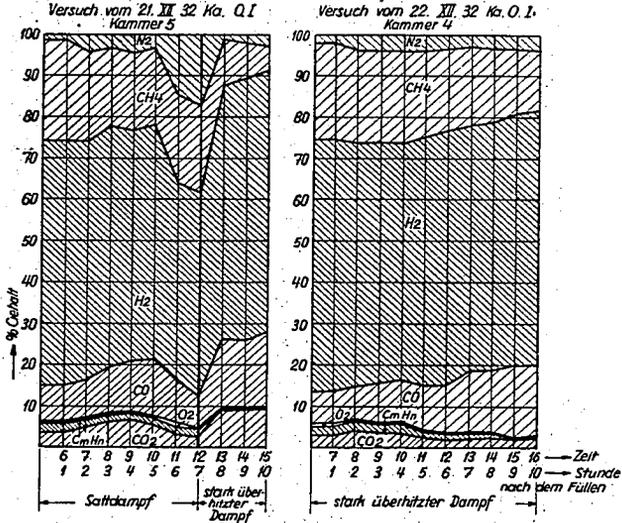
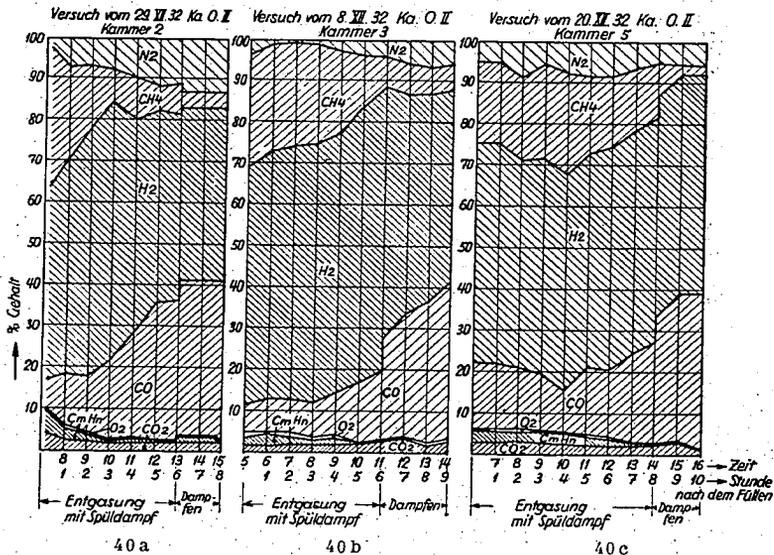


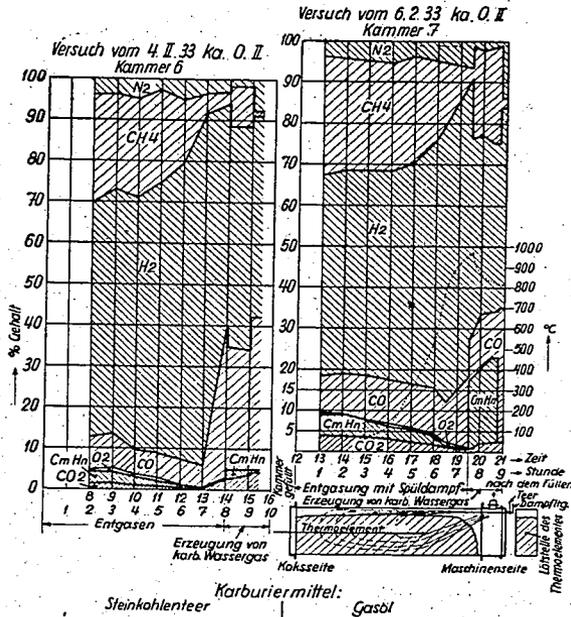
Abb. 38a—d. Gaszusammensetzung in Horizontal-Kleinkammern während der Entgasung der Kohle mit gleichzeitigem Dampfen nach dem Goffin-Verfahren.
a) ohne Dampfführung, b—d) mit Dampfführung.



39 a 39 b
 Abb. 39 a) u. b). Gaszusammensetzung in Horizontal-Kleinkammern während der Entgasung der Kohle mit gleichzeitigem Dampfen nach dem Goffin-Verfahren bei Verwendung von stark überhitztem Dampf.



40 a 40 b 40 c
 Abb. 40 a—c. Gaszusammensetzung in Horizontal-Kleinkammern während der Entgasung der Kohle und während des Dampfens nach dem Otto-Verfahren bei Normalbetrieb.



42 a

42 b

Abb. 42a) u. b). Karburiertes Wassergas, hergestellt in Horizontal-Kleinkammern.
a) mit Steinkohlenteer, b) mit Gasöl.

besser verwendet wird, ist nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu entscheiden.

In der Abb. 41 ist das Grundsätzliche des Karburierverfahrens dargestellt. Dampf und Karburiermittel werden gegen Ende der Entgasung bei Benutzung des Kokskuchens als Überhitzer unter Druck in den Entgasungsraum eingenebelt und so gezwungen, entgegen dem ohne Druck wirksamen Gesetz des geringsten Widerstandes erst den Umweg über die ganze Kammerlänge hin und zurück zu nehmen, bevor sie in Gasform den Entgasungsraum verlassen. Die Einführung kann von oben durch einen Einfüllstutzen oder auch von der Kammertürseite aus ge-

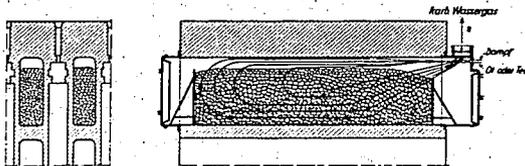


Abb. 41. Anordnung zur Herstellung von karburiertem Wassergas in Horizontal-Kleinkammern nach dem Otto-Verfahren.

schehen. Die wahlweise Veränderung der Heizwerte erfolgt lediglich durch Regulierung einer in der Düse eingebauten Verstellvorrichtung für das Karburiermittel durch ein Handrad.

Aus den Abb. 42a u. b ergibt sich deutlich der Erfolg der Karburation. Bei Gasöl ist die Zunahme an schweren Kohlenwasserstoffen besonders groß. In Abb. 42b erkennt man außerdem wieder den Wärmeanstieg und -abfall in der Kammer.

Der Verfasser hat sämtliche vorstehenden Analysen nachträglich noch dahin ausgewertet, daß er daraus jeweils den oberen, unteren und hieraus noch die beiden mittleren Heizwerte ermittelte. Abb. 36_H—42_H.

Es ist allerdings bei einem Vergleich der aus den Analysen errechneten Heizwertkurven untereinander zu berücksichtigen, daß der Heizwert der schweren Kohlenwasserstoffe abhängig ist vom Entgasungszustand der Kohle, von der Temperatur des Gassammelraumes und von der Verweilzeit des Gases in diesem.

Vergleicht man die errechneten Heizwertkurven mit den zugehöriger gleichnumerierte Gasanalysenkurven der Abb. 30 bis 34, so kann man erkennen, daß der Stickstoff- und Kohlendioxydgehalt von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Die Heizwertkurven gelten also jeweils nur für den betreffenden durchgeführten Versuch. Um die Heizwertkurven der einzelnen Versuche untereinander vergleichen zu können, müßten außerdem eigentlich sämtliche Kurven noch auf den gleichen Stickstoffgehalt gebracht werden. Betrieblich könnte dies beispielsweise — gleichen Ofenzustand vorausgesetzt — erreicht werden durch Einzelkammer-Absaugeregelung.

Bei den Heizwertkurven bedeutet jeweils die obere Kurve den oberen Heizwert, die darunterliegende den unteren Heizwert des Gases, die geraden Linien sind die mittleren oberen und unteren Heizwerte.

Ein Vergleich der Kurven der Gaszusammensetzungen und Heizwerte zeigt jedenfalls deutlich, daß jede Wassergaszumischung mindestens eine gute Betriebsüberwachung voraussetzt.

Betriebsergebnisse an Otto-Horizontalkammern für kleine Leistungen mit Trocken- und Naßbetrieb im Gaswerk Keilehaven/Rotterdam sind ausführlich beschrieben worden¹⁾. Ähnlich günstige Ergebnisse sind auch von der Anlage in Darmstadt bekannt geworden²⁾ (Abb. 32 bis 34).

β) *Didier-Goffin-Verfahren.*

Als letzte Art der Wassergaserzeugung und Spüldampfanwendung im Entgasungsraum ist noch das Didier-Verfahren näher zu beschreiben, das eine Weiterentwicklung des Goffinverfahrens darstellt.

Es wurde im vorstehenden wiederholt darauf hingewiesen, daß das Ausbringen an kcal in Gasform eines Gaserzeugungssofens in 24 h dann

¹⁾ Gas- und Wasserfach 75 (1932), S. 376.

²⁾ Gas- und Wasserfach 75 (1932), S. 61.

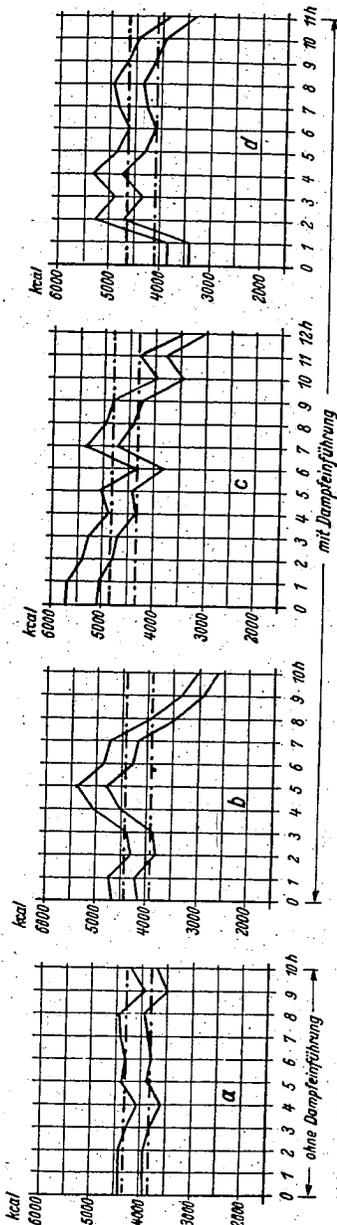


Abb. 38u. Heizwerte in Horizontalkiekkammern während der Entgasung der Kohle mit gleichzeitigem Dampfen nach dem Goffin-Verfahren.

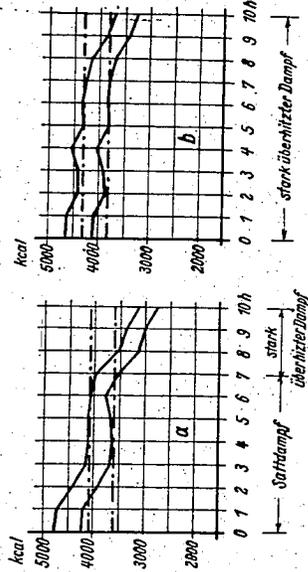


Abb. 39u. Heizwerte in Horizontalkiekkammern während der Entgasung der Kohle mit gleichzeitigem Dampfen nach dem Goffin-Verfahren bei stark überhitztem Dampf.

Abb. 38u }
 Abb. 39u } oberer, unterer und mittlerer oberer- und mittlerer unterer
 Abb. 40u } Heizwert zu den Analysekurven gleicher Nummer.
 Abb. 42u }

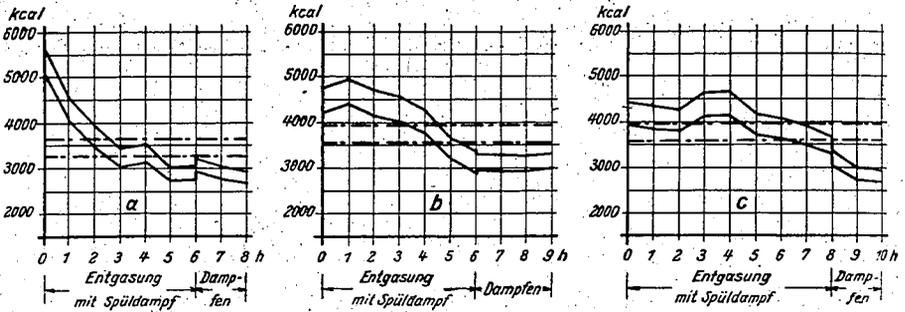


Abb. 40n. Heizwerte in Horizontalkleinkammern während der Entgasung der Kohle und während des Dampfens nach dem Otto-Verfahren bei Normalbetrieb.

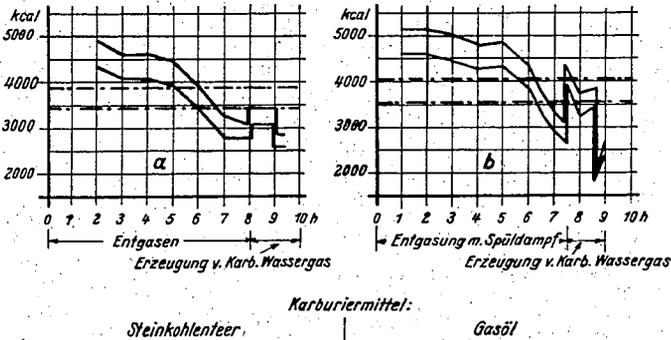


Abb. 42n. Heizwerte von karburiertem Wassergas hergestellt in Horizontalkleinkammern nach dem Otto-Verfahren.

zurückgeht, wenn ein kleinerer oder größerer Teil seines Entgasungsraumes seiner eigentlichen Zweckbestimmung, der »Entgasung« zeitlich entzogen und statt dessen für Zwecke der »Vergasung« (Wassergaserzeugung) verwendet wird. Das Didier-Verfahren vermeidet diesen Nachteil dadurch, daß es dem Entgasungsraum gewissermaßen eine eigene unbeheizte Wassergasanlage, die gleichzeitig als Kühl- und Löschanlage Verwendung findet, nachschaltet. Der ausgegarte Koks wird in die »Kühlkammer« geschoben und ohne Zeitverlust ist der ganze Entgasungsraum wieder frisch verwendungsfähig. Zwischen dem in die Kühlkammer geschobenen ausgegarten Koks und der Kohlenfrischladung befindet sich noch eine etwa 0,5 m tiefe »Differenzierungszone«. Die Kokskühlung geht dann in zwei Abschnitten vor sich: In dem ersten, in dem der Koks noch eine genügend hohe Reaktionstemperatur für die Wassergaserzeugung besitzt, läßt man ihn von Dampf bestreichen, wobei das Wassergas durch ein Steigerrohr auf der Koksaußenseite entweicht.

Wird die Temperatur von 900°C unterschritten, so wird das Steigerohr auf dieser Seite geschlossen. Der weiter eintretende Kùhldampf wird anfänglich immerhin noch hoch erhitzt, wenn auch nicht mehr restlos zersetzt, durchzieht unter Wassergasbildung die Entgasungskammer und zieht dann durch das Steigerohr auf der Maschinenseite ab. Die Kokskùhlung mittels Dampf wird solange fortgesetzt, bis der Koks praktisch als gelòscht betrachtet werden kann. Abb. 43 zeigt das Ausdrücken des Kokses aus der Kùhlkammer eines Horizontalkleinkammerofens.

Didier arbeitet aber auch mit Spùldampf. Seine Dampfzufùhrung unterscheidet sich in wesentlichen Punkten von dem Otto-Verfahren.

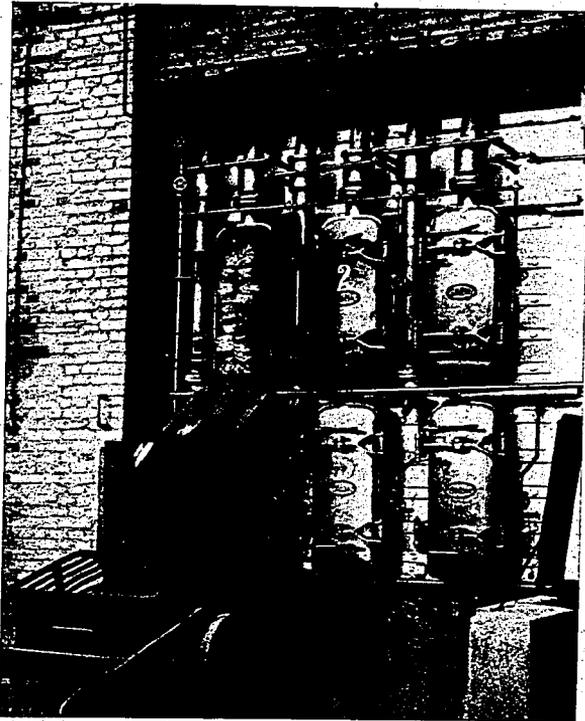


Abb. 43. Austrag in der Kammer gelòschten Kokses aus Horizontal-Kleinkammeròfen mit Kokskùhlkammer.

Gegenüberstellung.

Otto-Dampfungsverfahren.	Didier-Goffin-Verfahren.
Kammersohle dampfführend mit großen Aussparungen für Dampfverteilungskanäle und Düsen.	Kammersohle nicht dampfführend.
Dampfwege aus keramischem Material mit großen Zuführungs- und kleinen Verteilungswegen.	Dampfleitungen ohne Querschnittsänderung.
Zentrale Dampfzuführung von einer Ofenseite aus.	Dezentralisierte Dampfzuführung von beiden Seiten aus.
Dampfausströmungskanäle mit 2 übereinander liegenden Ausströmstellen, angeschlossen an die einseitige Dampfzuführung aus den großen Sammelkanälen.	Jede Dampfausströmstelle hat ihre eigene Dampfzuführung und gleiche Ausströmenergie, keine Abhängigkeit von dem Druckabfall an anderer Stelle.
Aufsteigende Dampfkanäle in den Kammerwänden.	Die Dampfausströmstellen liegen nur in den Heizwandsäulen.
Wassergaserzeugung beschränkt sich auf Spüldampf mit anschließendem Hauptdampf (kein Koksstopfen).	Dieselben Möglichkeiten und zusätzlich Wassergas und Spüldampf aus der Kühlkammer (kein Koksstopfen im Entgasungsraum).

E. Starkgas-Zusatzbeheizung.

Da die Temperatur in den Feuerzügen höher liegt als im Entgasungsraum, in dem das Gas erzeugt wurde (Wärmegefälle), besteht die Gefahr der Starkgaszersetzung und Graphitbildung in den Heizzügen. Sie kann durch Dampfzusatz beseitigt werden, der den Kohlenstoff in Wassergas umsetzt. Ferner sind Flammenlänge, Luftbedarf, Abgasvolumen, benötigte Querschnitte und erzielbare Wärmehöhe bei Schwach- und Starkgas verschieden. Man ist deshalb im allgemeinen dazu übergegangen, das Starkgas durch Zusatz zum Generatorgas zu strecken. Für die Art der Zusetzung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Das Gas kann in eigenen Brennern im Ofen verbrannt werden (s. Abb. 44), es kann aber auch (nach Geipert) mit Generatorgas gemischt werden, indem man es unmittelbar über dem Rost des Generators einströmen läßt, wobei es unter Schornsteinzug etwa denselben Weg wie die Erstluft fein verteilt und entleuchtet durch die Koksschüttung hindurchnimmt. Auf diese Weise lassen sich bis zu 50% Starkgas zum Generatorgas zumischen (Abb. 43 a).

Eine andere Anordnung besteht darin, daß man einem Rauchgaskanal durch einen Rohrstützen Rauchgas entnimmt, das in einer Mischdüse mit Starkgas versetzt wird. Das Gemisch wird dann über eine Gemischverteilungsleitung den Heizgasverteilungskanälen der Heizwände zugeführt. Zur Abstimmung der Gemischzusammensetzung dienen

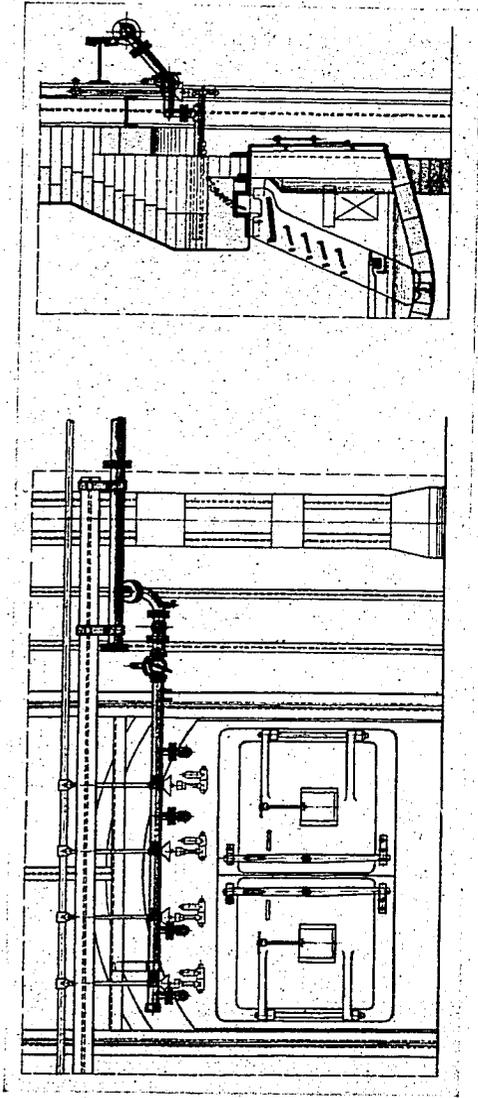


Abb. 43 a. Starkgaszusatzheizung nach Gelpert.

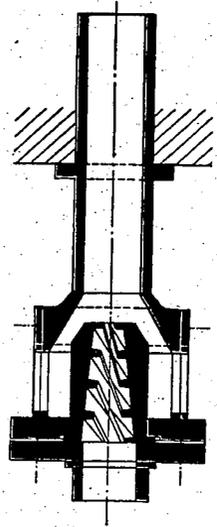


Abb. 44. Gasbrenner zur Starkgasheizung.

Schieber. Die Mischung läßt sich gemeinsam durch einen Ventilator vornehmen oder mittels eines Injektors für jeden Ofen gesondert. Hierbei kann der Starkgaszusatz bis zu 80% betragen.

Die Starkgasfeuerung ist aber nicht nur auf Öfen mit eingebauten Generatoren beschränkt, sie ist auch bei Öfen mit Zentralgeneratoren (Fremdgas-) Beheizung durchführbar. Durch selbsttätige Regeleinrichtungen wird dabei zweckmäßig Generator- oder Rauchgas im gewünschten Verhältnis mengenanteilmäßig dem Starkgas beigefügt. Der Starkgaszusatz kann im Grenzfall soweit gesteigert werden, daß man 100proz. mit diesem fährt, d. h. man kann auf Schwachgaszusatz ganz verzichten. Eine Zündflammenleitung vervollständigt die Einrichtung.

Didier hat einen Bunsenbrenner entwickelt für Starkgasbeheizung, bei dem der austretende Gasstrahl einen Drall erhält, bevor er in den Luftansaugeinjektor eintritt und mit vollkommen entleuchteter Flamme verbrennt. Der Vorteil dieser Brenner besteht auch noch darin, daß das Gas keinen Graphit mehr absetzt (Abb. 44). Diese Art der Starkgasbeheizung, die bei allen Kleinofenbauarten anwendbar ist, hat sich gut eingeführt. Auch die Firma Otto verwendet bei ihren Horizontalkleinkammern im Gegensatz zu den meisten Firmen nicht das Geipert-Verfahren, sondern mischt das Starkgas dem Generatorgas zu.

Nachfolgend noch einige praktische Hinweise: Wenn auch das Gas für Unterfeuerungs Zwecke nicht von Schwefel gereinigt zu sein braucht, so wird man im allgemeinen diese Art der Gasanwendung nur dann wählen, wenn man Interesse an einer Entlastung der vorhandenen Schwefelreiniger hat. Gleichmäßigere Verhältnisse bezüglich Druck und Heizwert erhält man bei der Verwendung gereinigten Stadtgases, das den oder die Gasbehälter passiert hat. Das Halten gleicher Beheizungstemperaturen hängt nicht zuletzt davon ab, daß gleiche Brennstoffzufuhr wesentliche Nachregulierungen überflüssig macht. Falls das Gas unter Behälterdruck zugeführt wird, ist zur Ausschaltung der verschiedenen Teleskopdrücke den Brennern ein Regler vorzuschalten für gleichen Ausgangsdruck (etwa 60 mm WS). Ein oder mehrere Gasmesser, je nach Anzahl der Generatoren oder der augenblicklich zur Verfügung stehenden Messergrößen, dienen zur Feststellung des für Unterfeuerungs Zwecke verbrauchten Stadtgases.

Der Umfang der Starkgasbeheizung richtet sich nach der zur Verfügung stehenden Überschußgasmenge, jedoch empfiehlt es sich, nur in größeren Zeitabschnitten Umstellungen vorzunehmen (mindestens 3. bis 4 Wochen). Wird das Starkgas durch die Koksschicht im Generatorschacht geführt, so sind die Erstluftschieber mehr zu schließen, und zwar um den Luftbedarf des eingesparten Unterfeuerungskokes. Das Gas soll ja nicht im Generatorschacht verbrennen, sondern erst an den Düsenbrennersteinen vor dem Eintritt in den Umspülungsraum der Retorten oder Kammern, deshalb müssen die Zweitluftschieber mehr geöffnet werden.

Eine für alle Fälle gültige Verfahrensweise läßt sich nicht vorschreiben, sondern die Zweitluftschieber sind soweit zu öffnen, daß selbst im letzten Abgaskanal durch das Auge kein Kohlenoxyd bzw. durch die Analyse nichts Unverbranntes mehr nachzuweisen ist. Selbstverständlich ist, daß die Kokseigentemperatur stets über der Zündungstemperatur des Gases liegen muß und daß die Koksschütthöhe stets so hoch gehalten wird, daß niemals die Gaseinführungsstellen frei liegen. Eine Unmenge Hinweise über praktische Erfahrungen bei der Starkgasbeheizung hat Suhrbier¹⁾ gegeben.

Bei wirtschaftlichen Untersuchungen über Starkgasbeheizung kommt Dubois²⁾ unter bestimmten Voraussetzungen zu einer Bejahung. An den Ergebnissen eines Sechserretortenofens mit Goffinverfahren von 1800 m³ Höchstleistung wird bei verschiedenen Gasabgaben (800/1100/1400 m³) durch Einführung des Begriffs der »unteren Unterfeuerungs-grenze« gezeigt, daß sich für Öfen mit starker Unterbelastung die Werte derartig verschieben können, daß selbst bei gleichen Kohlen- und Kokspreisen die verbundene Gas- und Koksunterfeuerung wirtschaftlicher ist als die reine Koksheizung. Dies wird durch Kurven und Zahlentafeln belegt. Diese Veröffentlichung führte zu einer weiteren bemerkenswerten Erörterung³⁾, wobei der verbesserte Ofenwirkungsgrad bei Gasheizung und der verschlechterte Wirkungsgrad des Generators bei Unterbelastung berücksichtigt wurde. Aus dieser soll noch der Hinweis hervorgehoben werden, daß sich bei Öfen, die von vornherein für Starkgaszusatzbeheizung eingerichtet werden, eine Vergrößerung der normalen Rekupe-rationsheizfläche durch eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit bezahlt machen wird.

F. Abhitze-Verwertung.

Bei den durch Einzelgeneratoren beheizten Gaserzeugungsöfen sind von der dem Ofen insgesamt zugeführten Wärme in der Rekuperation etwa 23% wieder rückgewinnbar. Etwa 29% der insgesamt eingeführten Wärme würden mit den Abgasen verloren gehen, wenn sie nicht in einer geeigneten Abhitzeverwertung weiter ausgenutzt würden.

Je nach Ausnutzung der Abgase in den mit Einzelgeneratoren beheizten Entgasungsöfen sind am Ofenausgang noch etwa 500 bis 800° C vorhanden. Bei modernen Silikaretorten oder -kleinkammern verträgt die Heizung ohne Materialschädigung dauernd auch höhere Temperaturen (etwa 1100 bis 1250° C). Hier kann gegebenenfalls ein noch größerer Wärmeüberschuß zur Verfügung gestellt werden. Eine bestimmte fühlbare Wärme ist zur Erzeugung des nötigen Auftriebs im Kamin not-

¹⁾ Ztsch. Licht u. Wasserf.-Ztg. (1937) Nr. 18.

²⁾ Gas- und Wasserfach 74 (1931), S. 269.

³⁾ Gas- und Wasserfach 74 (1931), S. 617.

wendig. Hierfür genügen aber 200 bis 250° C. Was darüber liegt, kann für irgendwelche Wärmeezwecke noch ausgenutzt werden.

Bei einer mittleren Temperatur der Abgase von $T_{\max} = 273 + 2t$ wird die Höchstleistung eines Kamines¹⁾ erreicht. Hierin bedeutet $t =$ Außentemperatur.

Bezeichnen

$T =$ Anfangstemperatur im Ofen,

$T_1 =$ Abgangstemperatur der Rauchgase aus dem Ofen,

$T_2 =$ Abgangstemperatur der Rauchgase aus der Abhitzeverwertung,

so ist der

Gewinn im Hundertsatz der Unterfeuerung $= \frac{100}{T} \cdot (T_1 - T_2)$,

die stündlich zu gewinnende Wärmemenge Q ist

$$Q = K \cdot G \cdot (T_1 - T_2) \cdot c_p;$$

hierin bedeuten:

$K =$ stündlicher Abbrand im Generator in kg,

$G =$ das Gewicht der stündlichen Abgasmenge aus 1 kg verbranntem Brennstoff in kg (bei 1,2- bis 1,5fachem Luftüberschuß ca. 10 bis 15 kg),

$c_p =$ die spez. Wärme der Abgase (je nach Kohlensäure- und Wasserdampfgehalt 0,24 bis 0,32).

Für den beabsichtigten Ausnutzungszweck kann die Heizfläche des Abhitzekessels um so geringer ausfallen, ein je höheres Temperaturgefälle ($T_1 - T_2$) zur Verfügung steht. Da der Wärmeverlust je lfd. m Rauchkanal 1 bis 2% des Wärmegehalts beträgt²⁾, ergibt sich, daß man die Entfernung zwischen Ofenausgang und Eintritt in den Wärmetauscher möglichst kurz halten soll. Ein Versuch, den Abhitzekessel fahrbar zu gestalten, hat sich nicht bewährt³⁾. Die Abhitzekessel sind nahe am Ofen, vorteilhaft schon in die letzten Züge der Rekuperation einzubauen.

Geipert⁴⁾ hat vorgeschlagen, den Abgasstrom nach Verlassen der Heizzüge vor Eintritt in die Rekuperation zu teilen. Der eine Teil wird im Rekuperator auf etwa 330° C abgekühlt, während der andere Teil direkt der Abhitzeverwertung zugeführt wird. Hierdurch erhält man (s. oben) ein höheres Wärmegefälle. Geipert hält selbst einen Mehrverbrauch für Unterfeuerung für Zwecke der erhöhten Dampferzeugung für vorteilhafter als eine eigene Dampfkesselanlage.

Bei Zentralabhitzekesseln für mehrere Öfen läßt sich eine längere Verbindungsleitung zwischen den Ofenausgängen und dem Kessel nicht vermeiden. Hier empfiehlt es sich, Schamottekanäle mit dichter Eisen-

¹⁾ Gas- und Wasserfach **64** (1921), S. 23.

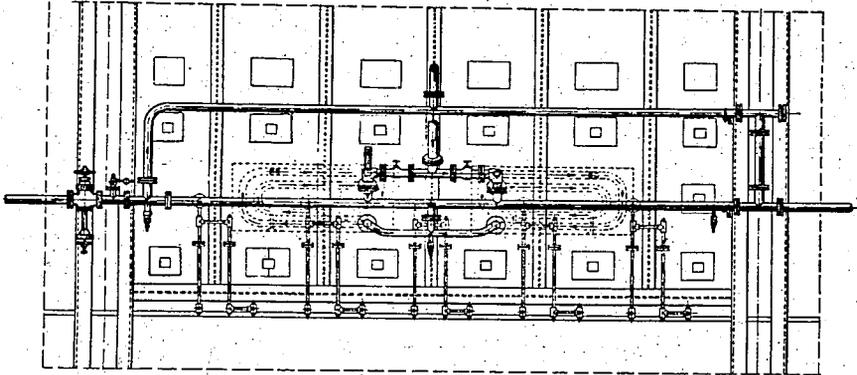
²⁾ Gas- und Wasserfach **66** (1923), S. 683.

³⁾ Gas- und Wasserfach **66** (1923), S. 672.

⁴⁾ Gas- u. Wasserfach **76** (1933), S. 850.

ummantelung zu wählen. Besondere Sorgfalt ist der Abtrennung kalter Öfen durch dichte Schieber zu schenken. Die Ausführungsformen der Abhitzeverwertung sind vielgestaltig; sie kann sowohl als einfache Rohrschlange (aus alitiertem Eisen), als auch als Hochleistungsdampfkessel ausgebildet sein (Abb. 45).

Für kleinere Werke empfiehlt sich die indirekte Erwärmung des Brauch- oder Badewassers nach dem Schlangenboilerverfahren. Zur



Vermeidung von Kesselstein wird die im Ofen eingebaute Heizschlange mit destilliertem Wasser gefüllt.

Am gebräuchlichsten sind überwachungs-freie, wenig Wartung erfordernde Niederdruckdampfkessel (0,5 atü) für Heizzwecke aller Art. Bei größeren Anlagen (mit Dampfmaschinenantrieb für Gassauger usw.) empfiehlt sich die Anlage von Hochdruckkesseln. Der Maschinenabdampf kann zweckmäßig noch zur Wassergaserzeugung im Entgasungs-

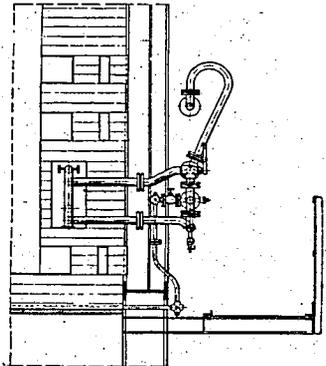


Abb. 45. Dampfüberhitzung für den Naßbetrieb.

raum wiederverwendet werden. Da die Güte der Wassergaserzeugung auch von der Dampfüberhitzung abhängt, empfiehlt es sich, den Abdampf vor Wiederverwendung nochmals zu überhitzen.

Vorteilhafter als eingemauerte Dampfkessel sind sog. Blechmantelkessel²⁾, da hier keinerlei Undichtigkeiten durch Risse wie beim Mauerwerk entstehen können.

²⁾ Gas- u. Wasserfach 67 (1924), S. 84.

Reicht die Abhitze für die beabsichtigten Verwendungszwecke nicht aus, so kann man außer der vorgenannten Unterfeuerungssteigerung die Abhitzekessel auch mit einer Vorfeuerung für Koks, Koksgrus oder Briquettes oder mit einer Zusatzfeuerung für Schwach- oder Starkgas versehen.

Stündliche Dampfleistung von 1m² Kesselheizfläche in kg/m² und erforderliche Kesselheizfläche für 100 kg Dampf in der Stunde in m² bei verschiedenen Rauchgas-Temperaturen¹⁾.

Anfangswärme der Rauchgase	Warmwasserheiz- schlange 60° C		Niederdruckkessel 0,5 Atm.		Hochdruckkessel 2,5 Atm.	
	Dampf kg/m ²	Kessel- heizfläche m ²	Dampf kg/m ²	Kessel- heizfläche m ²	Dampf kg/m ²	Kessel- heizfläche m ²
T ₁						
350	6,6	15,0	3,8	22,0	2,2	25,0
400	7,5	13,7	4,5	20,0	3,2	22,3
500	8,9	11,6	6,0	17,0	4,9	19,0
600	10,0	10,0	7,0	14,4	6,0	16,0
700	—	—	8,0	12,3	7,1	13,9
800	—	—	9,0	11,3	8,0	12,3

Unter 400° C Abgastemperatur kommt in erster Linie nur noch Wasservorwärmung und Luftvorwärmung in Frage.

An eine gute Abhitzekesselanlage sind etwa folgende Bedingungen zu stellen²⁾:

1. Wegen der niedrigen Temperaturen sind Bauteile zu wählen, die für die Wärmeübertragung besonders günstig sind.
2. Schwankungen in den Temperaturen, die im praktischen Betriebe unvermeidlich sind, setzen voraus, daß der Wärmeumformer gleichzeitig Wärmespeicher ist. Von der Fähigkeit des Wassers, Wärme aufzuspeichern und zur gegebenen Zeit wieder abzugeben, muß durch Schaffung großer Wasserräume Gebrauch gemacht werden.
3. Die Härte des Speisewassers zwingt dazu, Sorge dafür zu tragen, daß der Wärmeumformer Kesselsteinbildner an einer besonders hierfür vorgesehenen Stelle ausscheidet, damit sie von den Flächen, die der Wärmeübertragung und Verdampfung dienen, ferngehalten werden.
4. Große verdampfende Oberflächen und Dampfhalte sind ein weiteres Erfordernis eines Dampferzeugers.

¹⁾ Gas- und Wasserfach 61 (1918), S. 500.

²⁾ Gas- und Wasserfach 66 (1923), S. 83.

5. Wenn irgend möglich, wird man mit natürlichem Schornsteinzug auszukommen versuchen. Durch Abkühlung verlieren die Abgase an Auftriebskraft, deshalb ist auf geringsten Zugwiderstand des Kessels zu achten. Künstlicher Zug kann in bestimmten Fällen Vorteile bieten; im allgemeinen wiegt der immer gleichbleibende Bedarf an Antriebskraft einen erheblichen Teil der durch die Abhitze gewonnenen Vorteile wieder auf.
6. Gütemaßstab für den Abhitzekeessel ist der erzeugte Wasserrumlauf.

Der Widerstand von Abhitzekeesseln liegt normal bei 2 bis 4 mm WS. Hinzuzurechnen ist der Auftriebsverlust im Schornstein durch die Abgasabkühlung in der Abhitzeverwertung. In allen Fällen, bei denen der Schornsteinzug um etwa 7 mm höher ist als der für die Öfen benötigte, besteht die Möglichkeit, die Abhitzeverwertung mit natürlichem Schornsteinzug zu betreiben. Hierbei beträgt die Eintrittsgeschwindigkeit der Rauchgase etwa 5,5 bis 6,5 m/s.

Für Absauganlagen wählt man Geschwindigkeiten von 9 bis 10 m/s. Infolge der höheren Rauchgasgeschwindigkeit liegt hier die Wärmedurchgangszahl bei künstlichem Zug um etwa 20% höher als bei natürlichem Schornsteinzug, oder umgekehrt bei mechanischer Absaugung kommt man mit einer 20% kleineren Heizfläche für gleiche Dampfleistung aus.

Vergleichsweise am teuersten stellen sich die Abhitzeverwerter bei Einzelschornsteinen, besonders durch die Vielzahl der Armaturen und Schaltorgane; trotzdem bringt auch hier schon die Abhitzeverwertung Vorteile.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich eine Abhitzeverwertung bei rekuperativ beheizten Horizontalretorten oder Kleinkammern immer empfiehlt. In jedem Falle kann der Dampfbedarf für die nasse Entgasung sichergestellt werden. In den meisten Fällen reicht der Dampf aber noch für einen Teil der sonstigen Antriebseinrichtungen im Werk aus. Werden Dauerverbraucher auf motorischen Betrieb (Gasmotor, Strom) umgestellt, so ist es andererseits in manchen kleineren Werken möglich, gänzlich ohne eigene Dampfkesselanlage auszukommen.

Hierzu Schrifttum:

Heller, Abhitzeverwertung in Gaswerken und Verwendung des Dampfes im eigenen Betriebe. Gas- und Wasserfach **66** (1923), S. 312. Petersen, Abhitzekeessel. Gas- und Wasserfach **66** (1923), S. 83, Erörterung S. 84. Paul Meyer, Abhitzekeessel im Gaswerksbetrieb. Gas- und Wasserfach **66** (1923), S. 219 mit Zahlentafel und vielen Abbildungen. Ploppa, Wärmewirtschaft in mittleren Gaswerken. Gas- und Wasserfach **66** (1923), S. 297. Ausnutzung der Abwärme der Retortenöfen, Betriebserfahrungen. Gas- und Wasserfach **66** (1923), S. 510. Heller, Neue Gesichtspunkte auf dem Gebiet der Abhitzeverwertung. Gas- und Wasserfach **66** (1923), S. 672, 684 mit vielen Abbildungen. Ploppa, Wärmewirtschaft in mittleren

Gaswerken. Gas- und Wasserfach 67 (1924), S. 82. Zuschriften an die Schriftleitung. Gas- und Wasserfach 67 (1924), S. 142. Fr. Parchem, Zur Abwärmeverwertung in kleineren Gaswerken. Gas- und Wasserfach 67 (1924), S. 306. von W. Wendhut, Ferngasbezug für kleinere und mittlere Werke und Abwärmeverwertung im Abhitzeessel bei Horizontalretorten-Ofenanlagen. Gas- und Wasserfach 67 (1924), S. 437. W. Rottengatter, Leistungsversuche an einer Klein-Kammerofen-Anlage im Gaswerk Alzey (Hessen). Gas- und Wasserfach 74 (1931), S. 1036. I. Ipfelkofer, Neuere Abhitzedampferzeuger für Gaswerke. Gas- und Wasserfach 76 (1933), S. 849/856 mit vielen Abbildungen.

G. Beschickung und Entleerung der Kleinraumöfen.

Die Beschickung der einseitig geschlossenen waagerechten Retorten von 2,5 bis 3 m Länge geschah ursprünglich mit der Handschaufel, der sog. Ballastschaufel, die sich von der abgerundeten Erdschaufel dadurch unterscheidet, daß ihre Vorderkante gerade ist. Sie waren Künstler ihres Berufs, die alten Ofenheizer, die mit stets verändertem Schwung die unteren und die oberen Retorten vollwarfen vom hintersten Ende bis zum vorderen Retortenverschluß; nur ganz selten verfehlten sie ihr Ziel. Vereinzelt trifft man heute noch kleinere Gaswerke mit reinem Handladebetrieb. Es ist interessant zu sehen, wenn zwei gut aufeinander eingespielte Mannschaften, den Rücken der Retorte zugewandt, die Kohle in flottem Tempo abwechselnd über die Schulter hinweg in die Retorte schleudern. Dabei ist der Füllungsgrad durchaus als gut zu bezeichnen. Wie unter dem Abschnitt Goffingas gezeigt wurde, gibt es heute Werke, die bei der Eigenart dieser Betriebsweise: $\frac{1}{3}$ Retorte Frischladung, also ca. 1 m Retortenlänge, vom mechanischen Laden wieder zum Handbetrieb zurückkehren (Abb. 46).

Schon Clegg führte zur Erleichterung des Ladegeschäftes die sog. Lademulde ein. Dies war eine dachrinnenförmige Blechmulde, die vor dem Ofen mit Kohle vollgeschaufelt, in die Retorte eingeführt, um 180° gekippt und wieder herausgezogen wurde. Drei Mann waren zum Laden der Retorte notwendig: Zwei Mann, die mit einem in der Mitte muldenförmig durchgebogenen Eisenquerstab die Mulde anhoben und das Vorderende in die zu ladende Retorte einführten — die Mulde hatte am anderen Ende eine T-förmige Eisenstabverlängerung —, das Quereisen mit beiden Händen fassend, schob der dritte Mann die Mulde, mit seinem ganzen Körpergewicht sich dagegenstimmend, vollends in die Retorte ein, entleerte sie durch Umdrehen und zog sie an den beiden Handgriffen des T-förmigen Verlängerungsstabes wieder heraus, um sie erneut mit Kohle zu beladen.

Bald lagerte man die Mulde verschiebbar auf zwei Auslagerarmen eines Blechschildes, das durch zwei senkrechte Stäbe geführt und an einer dazwischenliegenden Zahnstange auf- und abgекurbelt werden konnte. Dadurch, daß diese Vorrichtung fahrbar (Gaardener Ladewagen) eingerichtet wurde, benötigte man nur noch einen Mann zur Bedienung (Abb. 47).

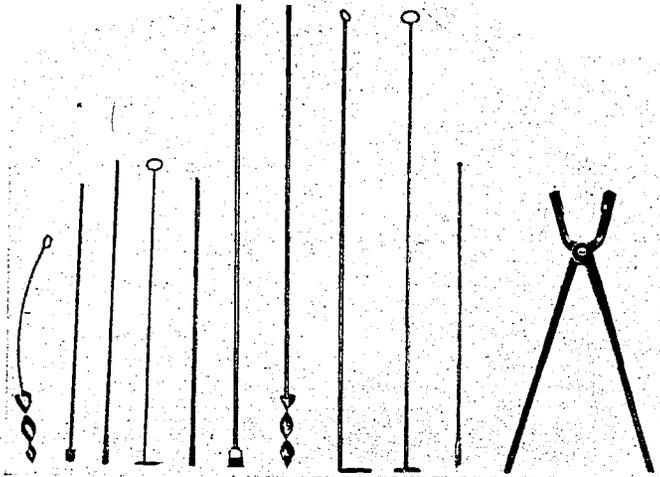


Abb. 46. Werkzeuge zum Bedienen der Retorten-Öfen.

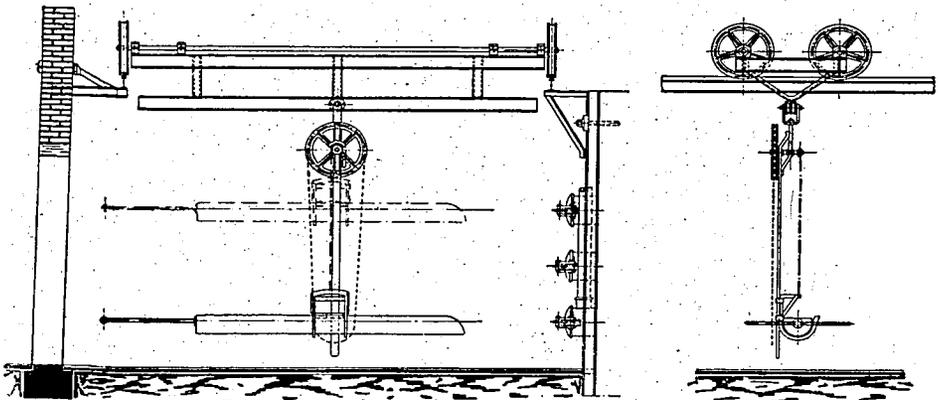


Abb. 47. Kleine Retortenlademaschine.

Die Firma Eitle führt bei ihren Retortenlademaschinen vielfach die Mulde zweiteilig klappbar aus, wodurch Mulde und Retorte mehr geschont werden und die Entleerung der Mulde in der Retorte erleichtert wird. Es gibt Klappmulden, deren Schalen nach außen aufschlagen, und solche, die sich nach innen drehen (Abb. 48). Die Mulde ist in der Form als Zwillingmuldenbelader heute noch in vielen kleinen Werken in Benutzung. Laufkranartig ist die Vorrichtung vor den Öfen verfahrbar. An dem Kranträger selbst läuft in Retortenlänge eine Katze, die wie das Fahrwerk durch einen Kettenzug bewegt wird. Die Katze

trägt zwei senkrechte Profileisenstiele, an denen die Laufrollen der beiden in ihrer Achse drehbaren Mulden auf- und ablaufen.

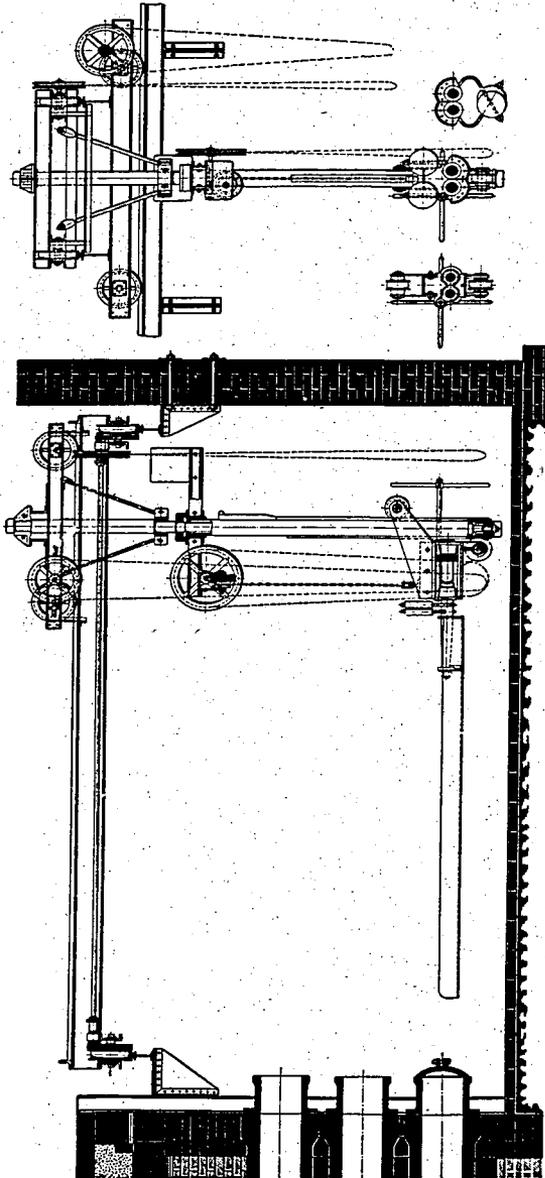


Abb. 48. Retortenlademaschine mit Klappmulde.

Bei den D-förmigen Retorten geschah die Befüllung durch Einführung eines mit Entgasungskohle gefüllten, aus drei Wänden bestehenden Kastens, bei dem zunächst der Boden und dann die Seitenwände herausgezogen wurden. Es ist auch eine in Gefache gliederartig aufgeteilte mechanische Füllvorrichtung bekannt geworden, die Abb. 49a u. b wiedergibt. Seit Einführung des Schleuderbetriebes ist auch bei dieser Retortenform die Benutzung des Kastens überflüssig geworden.

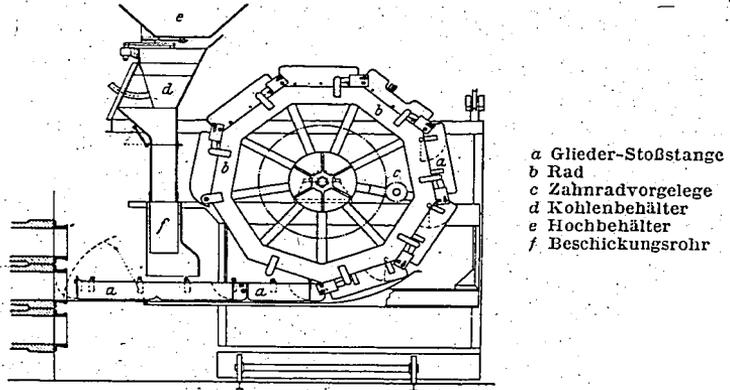


Abb. 49a. Ausstoß- und Beschickereinrichtung mit Gliedermulde.

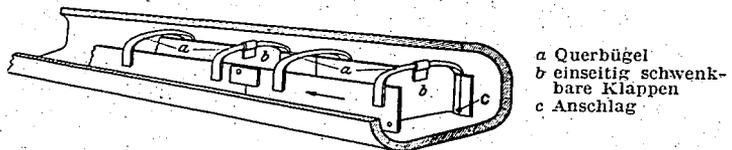


Abb. 49b. Gliedermulde in der Retorte.

Bei den am hinteren Ende geschlossenen Retorten geschah und geschieht heute noch in den Kleinwerken das Entleeren der Retorten mit dem sog. Ziehhaken, einem Rundeisenstab von etwas mehr als Retortenlänge, der an dem einen Ende einen ösenartigen Handgriff und am anderen Ende einen Haken besitzt. Es ist klar, daß diese Art der Retortenentleerung eine langwierige und anstrengende Arbeit ist. Nicht nur, daß der Arbeiter lange vor der geöffneten heißen Retorte stehen muß, er muß auch noch der Hitzestrahlung des den Koks aufnehmenden Karrens standhalten. Schon seit Beginn der Gasindustrie bemühte man sich, auch das Entladen der Retorten selbsttätig zu gestalten. Die Ziehmaschine, die unter sehr ungünstigen Verhältnissen arbeitete, konnte sich nirgends richtig einbürgern. Eine grundlegende Änderung trat erst mit dem Augenblick ein, in dem man die Retorten am hinteren

Ende nicht mehr mit festem Boden, sondern ebenfalls mit einem Retortenverschluß versah. Dadurch bestand die Möglichkeit, den Koks statt nach vorne herauszuziehen, nach rückwärts auszudrücken, also im kleinen das nachzuahmen, was beispielsweise bei den Horizontalöfen der Kokereien schon immer üblich war.

Neben der Lademaschine entstand die Stoßmaschine, oft auf demselben Fahr- und Hubgestell untergebracht. Es lag der Gedanke nahe, die Beschaffungskosten dadurch zu verbilligen, daß man als Ausdrückstempel die Lademulde oder die Zwillingsmulde selbst ausbildete, die man bisher schon zur Retortenfüllung verwendete. Sie erhielten zu diesem Zwecke an der Stirnseite ein klappbares Stoßschild von etwa Retortenprofil vorgesetzt, das beim Einfahren den heißen Koks vor sich herschob, beim Zurückfahren aber der miteingefahrenen Kohlenfüllung auswich.

Es sind auch Ausführungsformen bekannt geworden, bei denen (vom früheren Retortenziehbetrieb her) vor den Öfen beispielsweise eine Löschrinne lief. Bei Einführung des Durchstoßbetriebs ordnete man in solchem Fall die Stoßmaschine auf der Rückseite des Ofens an und drückte den Koks nach vorne, also nach der Ladeseite zu, aus. Da die Platzverhältnisse hinter dem Ofen meist beengter sind als vor dem Ofen, muß in solchem Fall der Stößel gliederartig unterteilt werden, so daß er in andere Ebenen abgelenkt bzw. aufgerollt werden kann; beim Einschieben in die Retorte aber tritt Selbstsperrung ein, so daß genügende Steifigkeit für das Ausstoßen vorhanden ist. Solche Bauarten sind übrigens auch vor dem Ofen in Verbindung mit

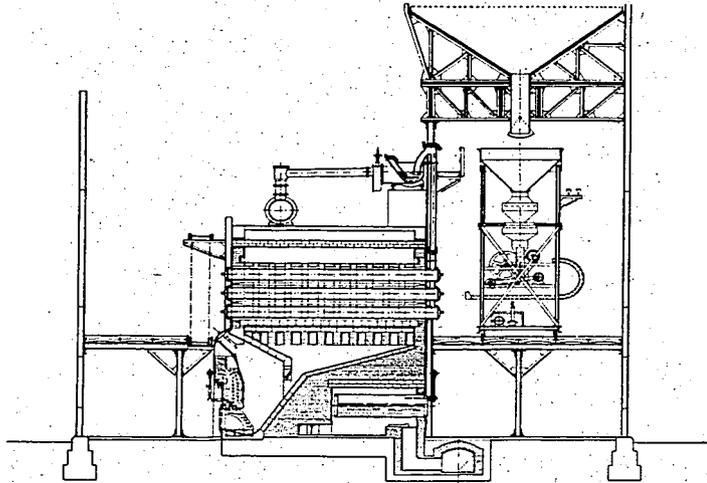


Abb. 50. Wurfbeschicker und Durchstoßbetrieb an einem neuzeitlichen Entgasungs-ofen, Bauart Didier, mit 9 durchgehenden Retorten.

Schleudermaschinen oder auch einzeln von einer Reihe von Firmen vorgeschlagen worden (Abb. 50). Allen Muldenladern haftet der Nachteil an, daß mit ihnen die Retorte nur etwa halb vollgeladen werden kann, weil die Möglichkeit bestehen bleiben muß, mit dem Ladegerät wieder auszufahren, ohne die Kohle dabei wieder mitzunehmen.

Einen großen Fortschritt bedeutete es, als man dazu überging, die Kohle mechanisch in die Retorte einzuschleudern. Der Füllungsgrad der Retorte nahm beträchtlich zu (Abb. 51). Die Firma Eitle-Stuttgart entwickelte einen Flurwurflader, d. h. eine Lademaschine, die nach dem Wurfsystem arbeitete und auf dem Ofenhausflur verfahrbar war. Größtenteils arbeitete der Wurflader mit einer getrennt laufenden Stoßmaschine (wie vorstehend beschrieben). Der Füllungsgrad

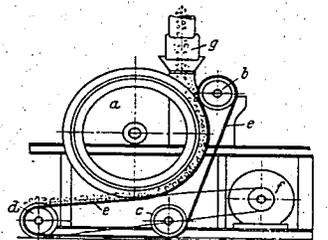


Abb. 51. Wurflader.
a Rad, ohne Antrieb gelagert,
b, c Leitrollen, d Antriebsrolle,
e endloses Band, f Elektromotor, g Gliederrohr.

der Retorte kann bei dieser Maschine beliebig geregelt werden. Häufig wurde diese Schleudermaschine auch in Gaswerken benutzt, in welchen hinter dem Ofen nicht genügend Platz für den Ausstoßbetrieb vorhanden ist. Bei solch beengten Räumen muß die Entleerung der Retorten wieder mit dem Ziehhaken nach der Ladeseite geschehen. Dieser Eitle-Flurwurflader ist auf die Besonderheiten einer nicht ausstoßbaren, hinten geschlossenen Retorte abgestellt. Er besitzt eine besondere Vorrichtung, um die Retorte nur so hoch vollzuschleudern (etwa $\frac{2}{3}$), daß noch genügend Platz zum Einführen des Ziehhakens freibleibt. Der Flurwurflader fährt seinen Kohlenbunker mit sich. Über einen Fülltrichter und ein verschiebbares Teleskoprohr (je nach Höhenlage der Retorte) gelangt nach Öffnung eines Schiebers die Kohle in ein Schleuderrad, auf dessen Welle ein schweres Schwungrad sitzt, das über eine Scheibe mit Reibungskupplung motorisch angetrieben wird. Die lebendige Kraft des Schwungrades wird so bemessen, daß sie anfangs bei der Höchstdrehzahl eben zur Überwindung der größten Wurfweiten ausreicht, mit abnehmender Wurfweite aber auch an Geschwindigkeit verliert, so daß der Füllungsgrad auf die ganze Länge der Retorte derselbe bleibt (etwa $\frac{2}{3}$). Abgesehen von diesem Sonderfall besteht der Hauptvorteil der mechanischen Schleuder gerade in dem hohen Füllungsgrad des Entgasungsraumes (Retorte oder Kleinkammer).

Eine unangenehme Beigabe des Schleuderbetriebes ist das Mündungsfeuer an der Einfüllstelle. Es entweichen hier die sog. Füllgase. Ist die Retorte durch die Stoßmaschine oder mit dem Ziehhaken entleert, so füllt sie sich naturgemäß sofort mit Luft. Dieses Luftvolumen wird durch das Einschleudern der Kohle wieder verdrängt und noch dadurch vermehrt, daß zwischen den Kohlenteilchen auch noch Luft in

die Retorte mitgerissen wird. Da die Retortenwände auf einer Temperatur von etwa 1000 bis 1100°C stehen, fängt mitgeschleuderter Kohlenstaub sofort heftig zu gasen und beim Vorhandensein von genügend Luftsauerstoff am Retortenmundstück unter Rauch-, Ruß- und Hitzeentwicklung heftig zu brennen an. Es hat deshalb nicht an Versuchen gefehlt, diese Erscheinung nach Möglichkeit einzudämmen und für die Lademansschaft unschädlich zu machen. Eine solche Vorrichtung ist

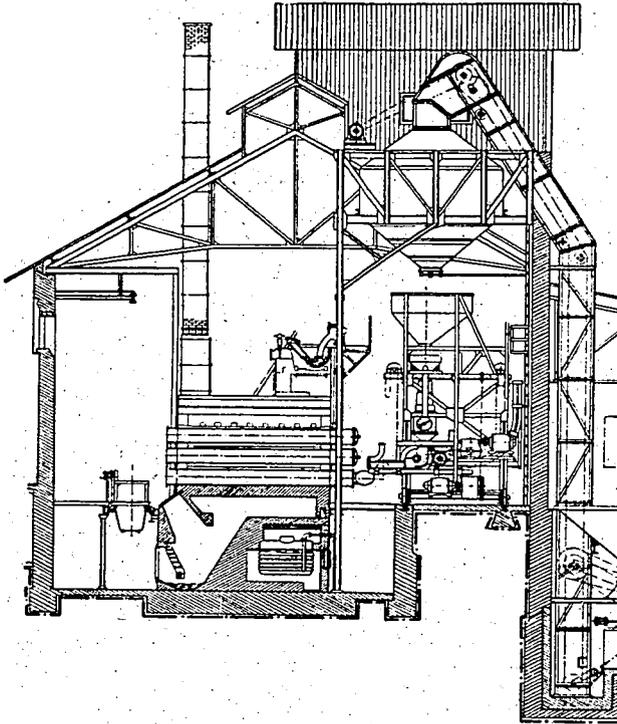


Abb. 52. Lademaschine mit Füllgasstutzen (Anlage Hedderheim).

krümmerartig an der neueren Eitle-Lademaschine angebracht, die als Stoßwurfmaschine mit Hochbunker und zwischengeschalteter Wiegevorrichtung ausgerüstet ist, bei der auf einem großen Zifferblatt das jeweilige Retortenladegewicht abgelesen werden kann. Am Schleudermundstück ist ein nach oben gebogenes Abzugsrohr angebracht, um die vorgeschilderten Füllgase sofort aus der Arbeitsebene weg nach oben abzulenken. Der Stößel ist bei dieser Stoßwurfmaschine hinten hochgebogen, um die Maschine auch in engeren Ofenhäusern ver-

wenden zu können. Der Lade- und Stoßvorgang sowie das Heben und Senken wird stets mittels eines Elektromotors bewerkstelligt, während das Verfahren vor den Öfen hin und her elektrisch oder mittels Handbetriebs erfolgen kann (Abb. 52, Anlage Heddernheim).

Eine weitere Vereinerung zwischen einer Stoß- und Lademaschine kam dadurch zustande, daß man das Schleudermundstück, das man bisher an die Retortenöffnung anpreßte, um eine Retortenlänge zurücksetzte, dafür aber vor dem Schleudermundstück einen hohlen Stößel anordnete, durch den die Kohle nach Ausstoßen des Kokes einfach hindurchgeschleudert wurde (Abb. 53).

Nach Öffnen der Retorten oder Kleinkammerverschlüsse fährt man mit dem freitragend angeordneten Stoßrohr in den Entgasungsraum

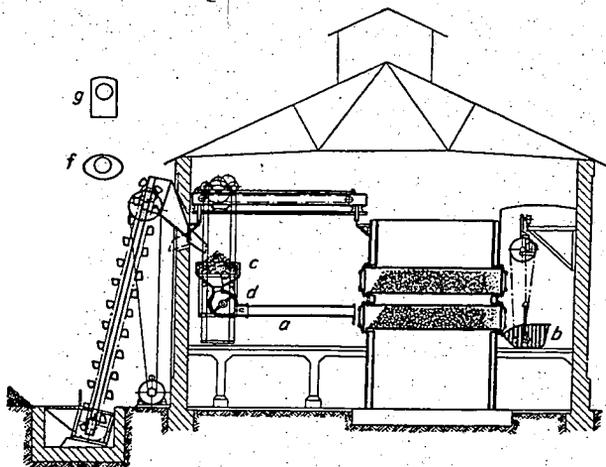


Abb. 53. Lade- und Stoßmaschine für kleinere Gaswerke.

a freitragendes Stoßrohr, *b* Kokswagen, *c* Trichter, *d* Stahlgußgehäuse des Schleudengerätes, *f* Stößel für Retorten, Ansicht von vorn, *g* Stößel für Kleinkammern, Ansicht von vorn.

und drückt den Koks durch den geöffneten hinteren Retortenverschluß in den vorhandenen Kokstransport. Während oder nach erfolgtem Rückgang des Stößels wird die Kohle aus dem mitgeführten Trichter den in einem Stahlgußgehäuse laufenden Stahlflügeln zugeführt, die ihr die notwendige waagerechte Beschleunigung erteilen. Da die erteilte Beschleunigung größer gewählt ist, als der notwendigen Wurfarbeit entsprechen würde, entsteht im Entgasungsraum eine feste Einlagerung der Kohletheilchen. Hierdurch gewinnt man auch im Kleinraumofen einen Koks, der in seiner Dichte, Härte und Großstückigkeit dem aus Großraumöfen stammenden nicht viel nachsteht. Zur Platzersparnis und damit in der Ruhezeit der Durchgang durch das Ofenhaus frei bleibt, ist das Stoßrohr schwenkbar befestigt. Die Garungszeit einer

derartig beschickten Retorte kann damit auf 12 h verlängert werden, d. h. auch das Kleinwerk kann zum Zweischichtenbetrieb übergehen. Wie später noch gezeigt wird, ist durch das Vollfüllen der Entgasungsräume auch die Voraussetzung geschaffen worden für die nasse Entgasung.

Außer den Wurfbeschickern gibt es zum Füllen der Retorten und Kleinkammern noch die Ladeschnecken, die in einem Rohr eingebettet sind und, in Drehung versetzt, die Kohle aus dem Rohr schieben. Die Ladeschnecke trägt an der Stirnseite ein auf die Rohrhülse aufgeschweißtes Stoßschild. Ist der Stößel bei geöffnetem rückwärtigem Retortenverschluß motorisch oder von Hand bis auf die gewünschte Länge des stehenbleibenden Koksstopfens eingefahren (Goffingas), und ist der hintere Verschluß wieder geschlossen worden, so setzt man die Schnecke in Bewegung, die dann die Retorte voll Kohle preßt. Diese Pressung

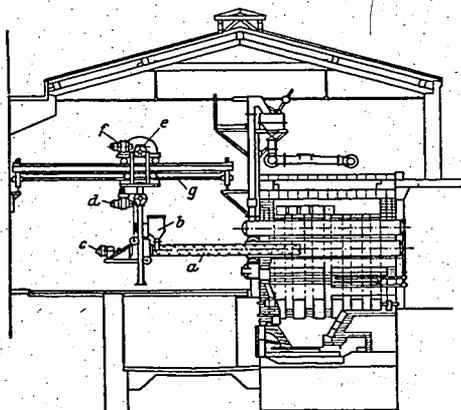


Abb. 54. Ausstoß- und Beschickungseinrichtung mit Förderschnecke (Bauart Sonnabend/Klaßmann).

a Rohrmulde mit Förderschnecke, b Kohlenbehälter, c Antriebsmotor für die Schnecke, d Hubmotor, e Laufkatze, f Fahrmotor, g Welle.

kann dadurch noch weiter erhöht werden, daß sich der Bedienungsmann mit seinem Körpergewicht gegen die Schnecke stemmt, die durch den Kohlenrückdruck selbsttätig wieder aus der Retorte herausgeschoben wird.

Schneckenlader werden von einigen Firmen geliefert. In der »Bauart Sonnabend« stellt sie die Firma Reubold, Zossen, her. Die Füllung der Retorte ist dabei eine vollkommene. Zur Vermeidung von Gasdruckerhöhungen bei der dichten Einlagerung der Kohle brachte Klaßmann an dem angeschweißten Stoßschild einen fingerartigen Räumern an, der bei dem Ausfahren der Schnecke einen Gaskanal am höchsten Punkt der Retorte in die Kohlenfüllung scharrt. Obwohl die Ausführung Sonnabend mit der Zusatzeinrichtung Klaßmann erst verhältnismäßig kurze

Zeit auf dem Markt erschienen ist, wurde von der Firma Reubold schon eine erstaunliche Anzahl dieser Maschinen eingeführt; dies weist darauf hin, daß sie einem lebhaften Bedürfnis der kleinen Werke entspricht. Abb. 54 zeigt einen Schneckenlader bei der Arbeit. Klabmann¹⁾ hat in anschaulicher Weise die Vorteile des Schneckenladers herausgearbeitet. Man erkennt dabei deutlich, wie die von Kohle unberührte und daher überhitzte Retortenfläche bei den einzelnen Verfahren immer mehr abnimmt, dem Gas keinerlei Gelegenheit mehr zur Zersetzung und dem Graphit nur geringe Möglichkeit zum Absetzen bietend. Neben einer Leistungssteigerung von 65% gegenüber dem Klappmuldenbetrieb, einer Durchsatzsteigerung von 130 kg in 24 h, einer verlängerten Ausstehzeit um 2 h, ergab sich eine verbesserte Koks- und Gasbeschaffenheit und die Möglichkeit der nassen Vergasung.

Die gleichen Ladevorrichtungen können ebenso vorteilhaft auch zur Füllung von mehrreihigen Horizontalkleinkammern Verwendung finden. Um hier die Ladezeit noch weiter abzukürzen, wird man zweckmäßigerweise zwei Schnecken neben- oder auch übereinander anordnen. Das Stoßschild wird dem Profil der Kammer angepaßt.

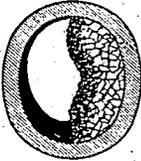
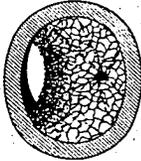
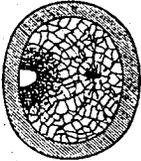
Ein weiterer betrieblicher Vorteil der Schnecke ist der, daß nicht wie bei dem Wurfbeschicker Luft mit in die Retorte eingeschleudert wird, sondern der eingefahrene Lader verdrängt schon ein solches Luftvolumen, daß beim Einlagern der Kohle kein nennenswertes Mündungsfeuer durch Füllgas mehr entsteht.

Die Bewegungen des Laders, Heben und Senken und Verfahren, können leicht von Hand bewältigt werden, ebenso das Ausdrücken. Das Laden selbst durch die Schnecke geschieht motorisch und damit auch das selbsttätige Ausfahren. Die vorgenannten Verrichtungen können aber ebensogut durch Kraftantrieb ausgeführt werden. Die dichte Einlagerung der Kohle durch die vorgeschilderten Beschickungsvorrichtungen ermöglicht auch den Kleinwerken die Verwendung von Feinkohle bei gleichzeitiger Erzeugung eines großstückigen, silbergrauen Kokes und eine Verbilligung der Kohlenkosten.

Ferner schufen die vollgefüllten Retorten auch die Möglichkeit der Wassergaserzeugung im Entgasungsraum, da der Dampf nicht mehr unzersetzt über der Kohle abziehen kann, sondern einerseits Berührung mit der beheizten Retortenfläche, andererseits mit dem Entgasungsgut der Retorte oder Kleinkammer hat. Der Durchstoßbetrieb bei Retorten und Kammern ermöglicht in einfacher Weise einen beliebig großen und geringen Nutzungsgrad des Entgasungsraumes und so eine Anpassung an den augenblicklichen Gasbedarf. In den meisten Fällen läßt sich der Durchstoßbetrieb auch bei vorhandenen Retorten durch geringfügige Änderungen erreichen. Manchmal sind die Schornsteinbauten für

¹⁾ Deutsche Licht- und Wasserf.-Ztg. (1937) S. 343. Klabmann: »Die Horizontalretorte und deren betriebliche Entwicklung«.

Zahlentafel 8.
Zusammenstellung (nach Klabmann*) über die Beschickungsarten der Retorten.

Füllungsrad der Retorte	Beschickungsart	Kohlbehaltener Retortenquerschnitt %	Einklagerungsdichte	Ladefähigkeit je lfd. m Retorte kg/m	Garungszeit Trockenbetrieb h	Durchsatzleistung je lfd. m Retorte kg/24 h	Leistungssteigerung %
	Doppelte Lademulde Dreirichtung von innen nach außen	42	0,95	50	6	200	100
	Doppelte Lademulde Dreirichtung von außen nach innen	48	0,95	55	6	220	110
	Wurfbesicker	75	1,—	90	8	270	135
	Ladeschnecke (Rückdruckfüllung und künstlicher Gasabzugskanal)	90	1,05	110	8	330	165

*) Klabmann: Delwa (1937), Nr. 19, S. 312: Die Horizontalkalze und deren betriebliche Entwicklung.

den rückwärtigen Koksabtransport hinderlich, aber in den meisten Fällen findet die Ofenbaufirma einen Ausweg (Versetzen des Schornsteins, Einzelschornsteine für jeden Ofen usw.). Dasselbe gilt für die Auswechslung der Retorten gegen Kleinkammern.

Bei einreihigen waagerechten Kammern geschieht die Füllung am einfachsten von oben durch zwei oder mehrere Fülllöcher mittels eines verfahrbaren Kohlenfüllwagens; eine Tasche dieses Wagens oder ein zweiter selbständiger Wagen ist für die Einfüllung des Generatorkokes eingerichtet, wenn der Generator nicht untergebaut, sondern an den Endfeilern eingebaut ist. Da sich die Einfüllung der Kohle hier gleichzeitig auf mehrere Fülllöcher verteilt, verkürzt sich die Füllzeit noch mehr als bei den Lademaschinen. Die Füllwagen fahren entweder auf der Ofendecke (Ladeflur) oder hängebahnartig an den Ofenhausdachbindern. Die Schüttkegel, die durch das Einfüllen der Kohle in den Kammern entstanden sind, ebnet der Stößel einer Planiermaschine, über der Kammertüre einfahrend, ein. Hierdurch wird der freie Abzug des Gases aus der Kammer gewährleistet (Abb. 55).

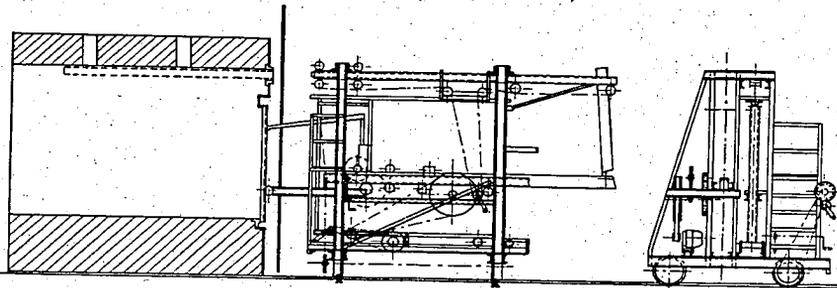


Abb. 55. Entlader für Kleinkammern mit Türabhebe- und Einebnungsvorrichtung.

Didier füllt neuerdings von einem Fülldeckel aus durch je zwei Kanäle die Kohle in die Kammer ein und erreicht dadurch ein Doppeltes:

1. bildet der zwischen den beiden Füllkanälen stehenbleibende Steinsattel einen erwünschten Wärmeprellstein, zum Schutze der Einwurfdeckengarnitur (Abb. 55a),
2. werden die Schüttkegel bei dieser Vielzahl so klein, daß ein nachträgliches Einebnen durch die Planierstange überflüssig wird.

Bei den Kleinkammern, die keine seitlich schwenkbaren Kammertüren haben (es gibt auch solche), werden diese durch eine Türabhebevorrichtung entfernt. Leergedrückt werden die Kammern in jedem Fall durch eine Ausdrückmaschine mit einfahrendem Stempel und Stoßschild. Die Ausbildung dieser Hilfsmaschinen, die vielfach noch mit einer Planierstange ausgerüstet sind, richtet sich ganz nach den vor-

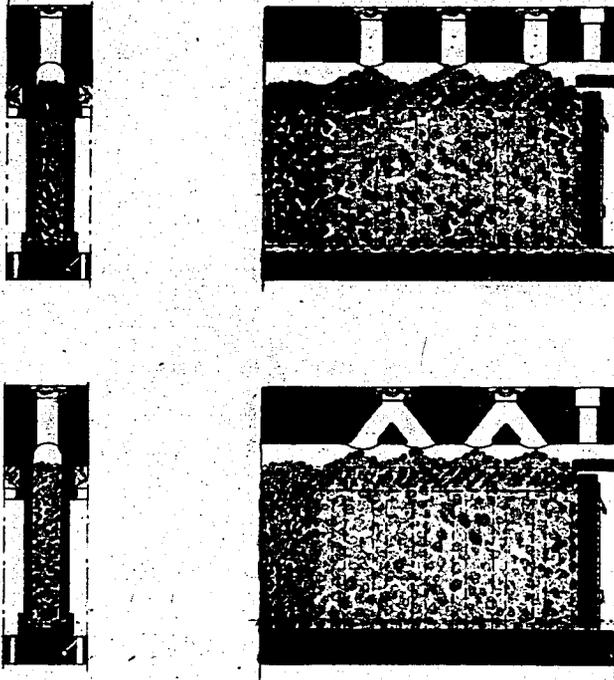


Abb. 55 a). Horizontalofen für kleinere Leistungen mit Didier-Goffin-Dampfverfahren.

handenen Platzverhältnissen. Gegebenenfalls muß auch hier der Stößel aufgerollt werden. Einige Ausführungsbeispiele zeigen die nachstehenden Abb. 65, 67.

H. Be- und Entlüftung des Ofenhauses.

Lage und Gestalt des Ofenhauses ist bedingt durch die geographische Lage, den Gesamtgrundriß des Werkes, durch die Förderanlagen, die gewählte Ofenbauart und die vorgesehene Art der Werkserweiterung. Liegende Retorten und Horizontalkleinkammern erfordern neben einer Unterkellerung für den Generator meist nur einen eingeschossigen Bau. Man sorgte bisher möglichst dafür, daß die Dämpfe, insbesondere die schweflige Säure, wie sie beim Entschlacken der Generatoren entstehen, durch eine Massivdecke gehindert werden, vom Kellergeschoß nach oben ins Ofenhaus zu dringen. Dies hatte zur Voraussetzung eine Abdichtung zwischen Decke und Generator. Bei Neuausführungen wird

man anstreben, den Ofen so hoch zu legen, daß der Generatorflur ebenerdig zu liegen kommt, nicht mehr in den Keller. Er dient dann zumeist auch als Flur für die Koksabfuhr. Die früher vorhandene Völdecke entfällt heute ganz und macht einer Schiebebühne Platz, die von dem Bedienungsmann hinter den Öfen vereinigt mit einer Überleitschurre oder Aufnahmebunker auf der Entladeseite verfahren wird. Dadurch erhält auch der früher düstere Generatorflur Licht und Luft, und Dämpfe usw. können frei nach oben abziehen. Der Generatorflur hat meist keine Fenster, sondern nur Schiebe- oder Hubtüren. Der Ladeflur kommt gleichzeitig um Generatorbauhöhe höher zu liegen, wodurch die Förderanlagen beeinflußt werden.

Hat das Ofenhaus noch mehrere Zwischenbühnen, z. B. bei oberer Füllung der Horizontalkammern, so empfiehlt es sich, deren außerhalb des Ofens gelegenen Belag mit gelochten Blechen, Stegrosten oder sog. »Streckmetall« auszurüsten, wodurch die Belichtung und Entlüftung des Ofenhauses nicht gestört wird. Außerdem ist auch die Möglichkeit für Staubablagerung verringert und die Sicht und Verständigung des Ofenhauspersonals untereinander erleichtert gegenüber Vollblechbühnen oder Volldecken.

Eine Reihe von Ofenbaufirmen geht auch dazu über, die Lüftungsverhältnisse im Ofenhaus dadurch zu verbessern, daß sie für Abführung der beim Laden aus den Entgasungsräumen austretenden Füllgase sorgen. Nachdem heute die Herstellung der Einzeltauchung während des Ladens schon die Regel geworden ist, das Steigerrohr also während dieser Zeit an seiner Ausmündung in der Vorlage, dem Tauchrohr, durch einen Flüssigkeitsabschluß gedichtet ist, besteht die Möglichkeit, dieses Steigerrohr vor der Einmündung in die Vorlage wahlweise trennbar an eine über Dach führende Entlüftungsleitung anzuschließen. Es sind auch Ausführungen bekanntgeworden, bei denen mehrere Ofenabzüge über den Putzdeckeln der Steigerrohre mit einer Sammelhaube zusammengefaßt werden und so gruppenweise ein gemeinsames Abzugsrohr über Dach erhalten. Die erstgeschilderte Ausführung der Einzelrohre ist aber vorzuziehen (Abb. 56).

Die Entlüftung der Ofenhäuser geschah früher meist durch das Aufsetzen einer oder mehrerer sog. Dachlaternen. Trotzdem sie vielfach die ganze Länge des Dachfirstes ausmachten, ließ ihre Wirkung sehr zu wünschen übrig. Zu beiden Längsseiten dieser Dachreiter (Laternen) lagen sich schräggestellte Leitstreifen gegenüber, die jeden Querwind oben an der höchsten Stelle des Ofenhauses glatt durchließen, aber nach unten wie ein nachgiebiger Schieber wirkten, jeden Abzug im Ofenhaus verhindernd (Abb. 56). Richtiger ist es deshalb, keine sog. Laternen zu verwenden, sondern konische Entlüftungsschächte, die oben vollkommen offen bleiben und gleichzeitig als Lichteinfallsschächte wirken. Dadurch entsteht ungestörter Auftrieb (Abb. 57).

Es erübrigt sich der Hinweis, daß jedes Löschverfahren außerhalb des Ofenhauses demjenigen im Ofenhaus (Löschrinne usw.) vorzuziehen ist, soweit nicht der Koks in der Kammer selbst gelöscht wird.

Die mehrreihigen waagerechten Kleinkammern, die in vorhandene Ofenhülsen eingebaut werden, stellen keine neuen Anforderungen an die Ausgestaltung des vorhandenen Ofenhauses. Wenn aber eine Ofen-

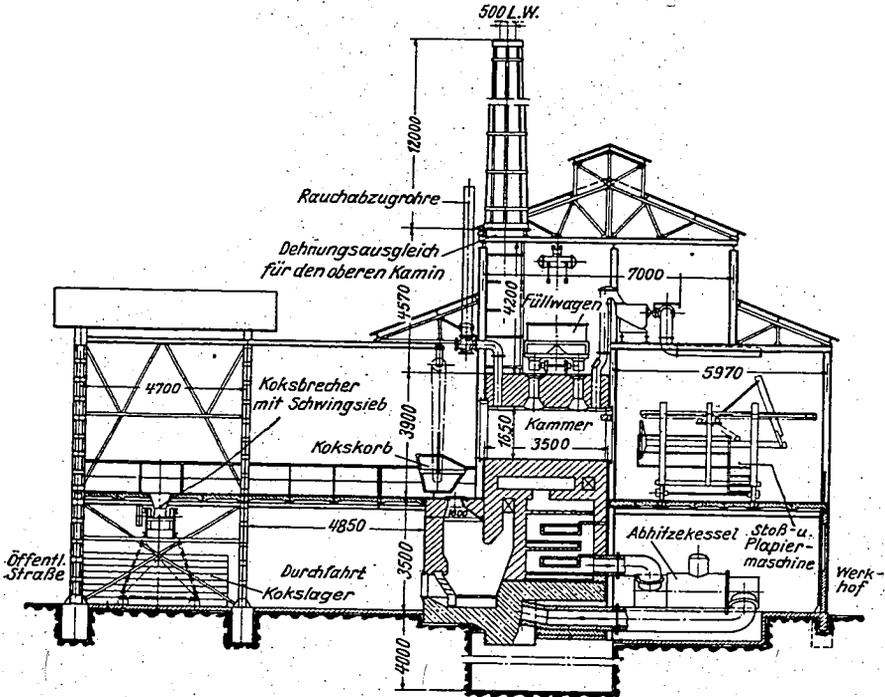


Abb. 56 a). Horizontalkammerofen Crailsheim mit Beschickungs- und Entleerungsvorrichtung, Füllgasabzug und Abhitzeverwertung.

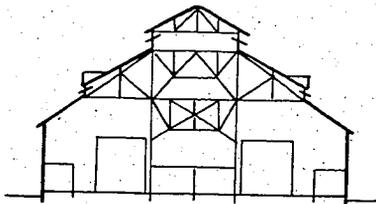


Abb. 56. Ofenhaus mit alter Dachlaterne.

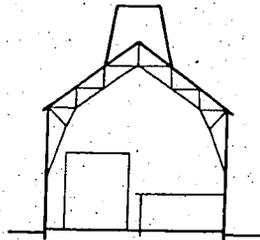


Abb. 57. Ofenhaus mit richtiger Dachentlüftung.

anlage an anderer Stelle neu aufgebaut wird, geht man im Gaswerksbetrieb mehr und mehr dazu über, die Öfen ohne Ofenhaus ins Freie zu stellen und höchstens die Ofenverankerung durch Stiele (gelenkig) zu verlängern als Tragstützen für ein Dach über eine allseitig offene Ofen- und Bedienungsbühne. Irgendwelche gesundheitlichen Schädigungen des Heizersonnals haben sich bisher aus dieser Bauweise im deutschen Klima nicht ergeben. Strahlende Ofenwärme oder Kokshitze verlieren hier an Wirksamkeit. Licht- und Luftzutritt bei dieser Bauweise finden immer mehr Anklang. In kalten Gegenden wird man ohne schützendes Ofenhaus nicht auskommen.

I. Ablöschen von Koks.

1. Löscheinrichtungen.

Da der Koks neben dem Gas das Haupterzeugnis des Gaswerks darstellt, muß beim Löschen und Fördern darauf geachtet werden, daß er in keiner Weise an Wert verliert. Bei Retorten, die am hinteren Ende geschlossen sind, geschieht heute noch die Entleerung mittels Ziehhaken in einen schubkarrenartig ausgebildeten Kastenwagen und die Ablöschung entweder im Ofenhaus selbst oder auf dem Werkshof. Der Arbeiter zieht den zweirädrigen Wagen hinter sich her, damit er sich beim Fahren stets im frischen Luftzug (Fahrwind) bewegen kann; beim Schieben würde die Gluthitze dauernd auf ihn zugetrieben werden. Manchmal findet auch vor den Öfen schon eine Vorlöschung durch Überbrausen statt, während das Ablöschen erst auf dem Hof geschieht. Ein Wassereimer, eine Gießkanne oder ein Schlauch waren und sind heute noch die einfachsten Löscheräte (Abb. 58).

Der Unterfeuerungsbedarf der ersten Öfen (der nach Möglichkeit mit ungelöschtem Koks gedeckt wurde) war vergleichsweise hoch (etwa

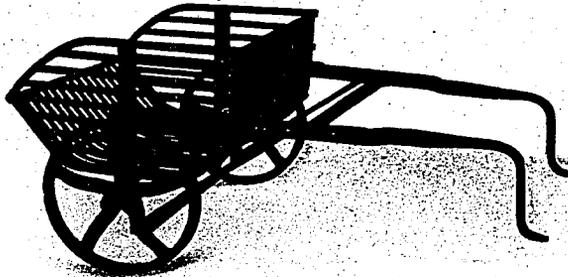


Abb. 58. Schubkarre zur Koksbeförderung.

30 bis 50%), so daß auf kleinen Werken das Löschproblem keine bedeutende Rolle spielte und heute noch nicht spielt.

Bei den größeren Werken, die anfänglich alle mit einer Vielzahl von Horizontalretorten arbeiteten, waren auch die Anfallmengen und damit die Löscharbeit erheblicher, so daß man eigene Vorrichtungen schuf für das Ablöschen. Wird beispielsweise der Koks unterhalb des Retortenhaufußbodens abgeführt, so ordnet man vor den Öfen bewegliche Brausen an. Ein fahrbarer Trichter wird vor die zu entleerende Retorte gebracht, der so eine Überleitschurre bildet zwischen dem Retortenmundstück und der Fußbodenöffnung. Unter dieser Öffnung befindet sich gewöhnlich ein Sammelbehälter, aus dem der aufgefangene Koks in Feld- oder Hängebahnwagen abgezogen und damit weitergefahren werden kann.

Bei ebenerdiger Abfuhr befestigt man an einer Wand einen Wasserbehälter mit selbsttätig zulaufender, abgemessener Wassermenge, die der zu löschenden Koksmenge entspricht, und entleert den Wasserinhalt durch eine einfache Zugvorrichtung. Das Wasser fließt dann einer ortsfesten Leitung zu, die am Auslaß ein System von Brauserohren besitzt, so daß die Koksfläche möglichst gleichmäßig abgebraust wird. Bringt man unter dieser Vorrichtung einen Wasserablauf mit einer Sammelgrube zum Abscheiden von Feinkoks an und darüber noch einen Abzugschlot, so stellt dies den Übergang zum »Löschurm« dar.

Der Kokskarren, den früher ein vollwandiger Blechkarren bildete, wurde später fast ausschließlich aus Flacheisengitterstäben hergestellt, so daß Überschußwasser leicht ablaufen konnte und die Instandhaltung leicht vorzunehmen war. Diese Art der Ausführung gestattete auch die Anwendung des sog. Tauchverfahrens. Zu diesem Zwecke war der Kokskarren so ausgebildet, daß der Korb vom Fahrgestell abgehoben werden konnte. Die Hubvorrichtung, an die der Löschkorb umgehängt und dann in die Löschgrube abgesenkt werden konnte, befand sich ortsfest im Löschurm. Dieser konnte gemauert sein oder auch in Leichtbauweise aus Rabitzwänden hergestellt werden.

Nach Abheben des Kokskorbes wird der Koks durch das Hubwerk schnell abgelassen und vollständig untergetaucht. Das Wasser läuft in alle Zwischenräume der Koksschüttung, jedes Koksstückchen außen befeuchtend und eine Dampfschicht darum bildend, so daß ein weiterer Abbrand verhindert und die Glut erstickt wird. Wassergasflammen, die allenfalls an der Oberfläche auftauchen, werden durch Deckenbrausen erstickt. Man läßt dem Koks keine Zeit, Wasser aufzusaugen, sondern sowie die Dampfbildung anfängt, an Heftigkeit nachzulassen, wird der Kokskorb schnell wieder hochgezogen, auf das Fahrgestell abgesetzt, zum Lager gefahren und dort ausgekippt. Durch die dem Koks noch anhaftende Innenwärme findet eine Nachverdampfung statt. Während dieses Vorgangs wird auch das einzelne Koksstückchen in seinem Kern

durch Wärmeabfluß nach der nassen kalten Außenseite so weit unterkühlt, daß seine Eigenwärme unter den Zündpunkt sinkt, so daß selbst bei Sturmwind ein Wiederentzünden und Verbrennen des Kokes ausgeschlossen ist. Vorgenannte Löscheinrichtung ist als »Gülich-Lösch-

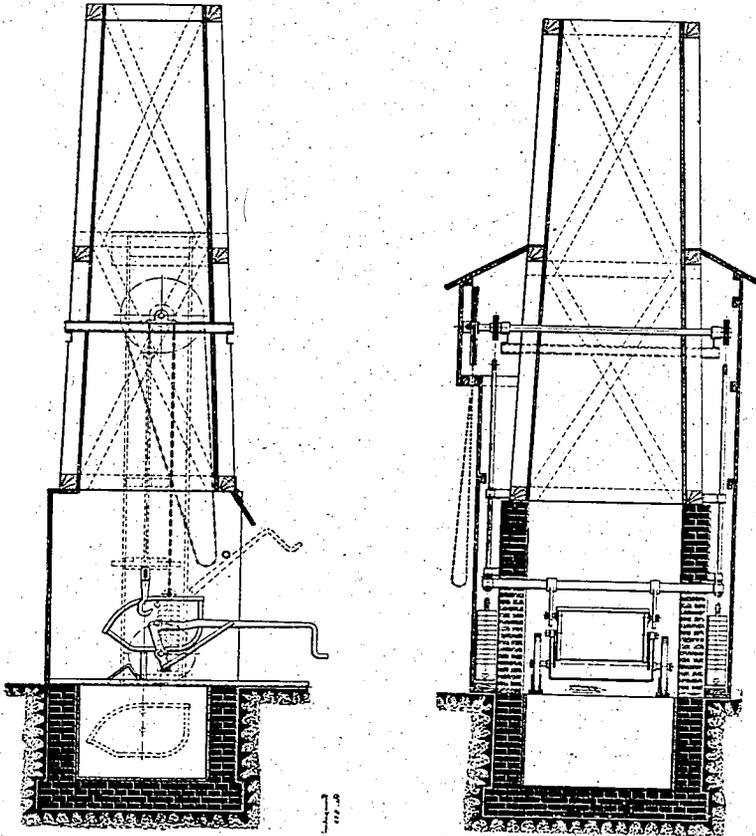


Abb. 59. Kokslöschturm • Gülich.

turm« bekanntgeworden und hat sich in der Praxis gut eingeführt.¹⁾ (Abb. 59).

Befindet sich der Löschkorb nicht auf einem zweirädrigen Fahrgestell, sondern an einer Hängebahn, so waren bisher einerseits große Einfahrtstüren in den Löschturm notwendig, andererseits litten die Laufkatzen stark unter der Einwirkung des Löschdampfes. Diesen

¹⁾ Journal f. Gasbeleuchtung 51 (1908), S. 946

Nachteil vermeidet die in Abb. 60 gezeigte Löschturmausführung der Firma Eitle, Stuttgart, Bauart Wollersheim, bei der die Katze samt Laufschiene und Rolle oder gegebenenfalls auch das Kranseil außerhalb des Löschturms bleiben kann. Dies wird erreicht durch einen mit Einweisern versehenen Längsschlitz durch das Dach des Löschturms, der das Löschturmgebäude eigentlich in zwei selbständige Teile zerschneidet. Das Gehänge des Kokskorbes ragt durch diesen Schlitz hindurch. Befinden

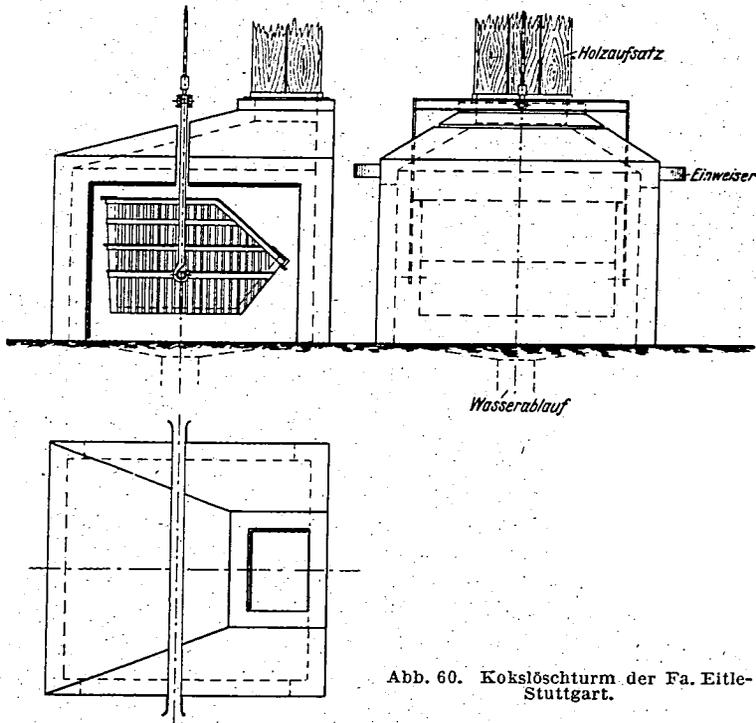


Abb. 60. Kokslöschturm der Fa. Eitle-Stuttgart.

sich Korb und Gehänge an einem Hubwerk, dann kann in dem Löschturm auch das Tauchverfahren oder das Bodenlöschverfahren angewandt werden (Abb. 60).

Wichtig, aber selten ausgeführt ist es, daß die Ein- und Ausfahrts-tore des Löschturmes während des Löschens zur Zugunterbindung geschlossen werden, je nach den örtlichen Verhältnissen mittels Hub-, Schiebe- oder Flügel-türen. Geschieht dies nicht, so reißt der aufsteigende, überhitzte Dampf große Mengen kalter Luft mit in das Löschturminnere, manchmal den Koks besonders an den Ecken des Löschwagens zur

Glut anfachend, in jedem Falle aber eine Menge von Flugkoksstaub mit sich führend, der bald alle Dachrinnen des Werkes eben ausfüllend zerstört und sich auch in der Umgebung des Gaswerkes unliebsam bemerkbar macht. Bei geschlossenen Türen soll im Löschraum ein Überdruck entstehen, der ein Eindringen von Kaltluft verhindert und eine Stickwirkung auf den Koks ausübt. Lediglich der entstehende Dampfüberdruck soll durch den Abzug entweichen. Man wird den Löschurm so legen, daß bei der Hauptwindrichtung der Löschdampf nicht ins Ofenhaus getrieben wird.

Der Baustoff, der für Löschrampen, Löschtürme (ortsfeste) und Löschgruben verwendet wird, besteht zweckmäßig aus hartgebrannten Klinkersteinen oder -platten, die sowohl dem Abrieb, den Wärmeschwankungen als auch den chemischen Einflüssen standhalten. Wegen der schwefligen Dämpfe eignet sich Blech für Löschdampfschlote am wenigsten. Man bevorzugt Holz, Leichtbeton, Eternitplatten oder ähnliche Baustoffe.

In vielen Werken geschah und geschieht die Ablöschung in sog. Löschrinnen, die vor oder hinter dem Ofen angeordnet sind je nach der Entleerungsrichtung der Öfen. Bei den Löschrinnen gibt es eine Vielzahl von Abwandlungen: solche, die durch Mitnehmerstege, die zwischen einer Schleppkette angeordnet sind, in einem Löschtrog den Koks schiebend bewegen (Kratzer-Rinnen), oder als tragende Rinnen auf eigener vielteiliger Unterlage den Koks durch einen Wassertrog tragen. Man hat sogar die Kette mit Laufrollen und Schmiervorrichtungen für die Bolzen versehen, wobei die Tragrinne hängend auf Schienen im Löschtrog liegt.

Allen Löschrinnen gemeinsam ist hoher Verschleiß durch die ungünstigsten Betriebsverhältnisse: Erhitzen des Baustoffs durch den ca. 1000° heißen Koks und dann plötzliches Abschrecken durch das Löschwasser. Die Temperaturunterschiede, die dabei im Baustoff Verzierungen und Spannungen erzeugen, tragen neben den ausgedehnten Löschleitungen und der entstehenden Paste aus Wasser und feinem schmirgelartigem Koksstaub zu den unerwünschten Entladestörungen mit ihren Rückwirkungen auf den Ofenbetrieb bei.

Die Löschrinnen hatten einen schlecht genutzten Kraftaufwand insofern, als sie stundenlang im Dauerbetrieb liefen, solange die Ofenladungen andauerten, obwohl sie während der Füllzeiten der Retorten und Generatoren gar nicht in Anspruch genommen wurden. Sie liefen über Kettensterne an beiden Enden, die verschiebbar mit Nachspannvorrichtungen versehen waren und von denen sich in Laufrichtung das eine Ende aus dem Löschtrog ansteigend zur Abwurfstelle erhob; das entladene Trumm kehrte endlos an der Unterseite des Löschtroges über den hinteren Umlenkstern wieder in den Trog zurück (Abb. 61).

Wesentlich größer ist die Schonung des Kokes bei den Kübelbetrieben, die den Inhalt mindestens eines Entgasungsraumes fassen und die den Koks meist ohne Zwischenumladung von der Anfallstelle über die Löschorrüttung nach dem Lager oder zur Koksauflbereitung bringen (Abb. 62). Die Löschorrüttung geschieht bei den Kübelbetrieben fast ausschließlich in Löschtürmen. † Die Kübel sind meist wieder Körbe aus Flacheisenstabrosten, die als Hängebahn mit Hubwerk (wegen der verschiedenen Entladehöhen bei den Retorten und Kleinkammern) von

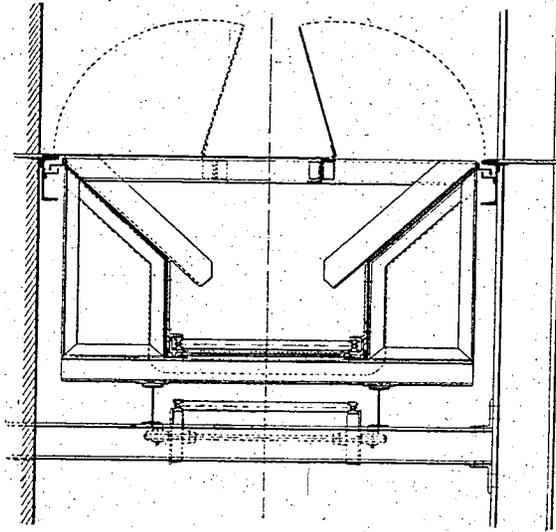


Abb. 61. Rinne zum gleichzeitigen Löschen und Abfördern von Koks.



Abb. 62. Koks aus Feinkohle, in den Horizontalkammeröfen des Gaswerks Beuel erzeugt.

Hand oder durch Kraftantrieb bewegt werden. Befindet sich der Kraftantrieb unmittelbar über dem Korb, so wird er zweckmäßig gegen Hitze und Löschdampf durch ein mit Dämmstoffen versehenes Schild geschützt.

Bei den Horizontalkleinkammern, die an Stelle der Horizontalretorten eingebaut wurden, bleiben im allgemeinen die gleichen Förder- und Löschmittel bestehen, nötigenfalls wurden sie in den Ausmaßen vergrößert. Ein Beispiel hierfür bietet die Ofenanlage im Gaswerk Langenthal, Schweiz¹⁾, die nachstehend abgebildet ist (Abb. 63). Man erkennt einen Neuner-Horizontalretortenofen und daneben einen Kleinkammerofen mit drei Kammern von 3750 mm Länge, 1650 mm Höhe, 270 mm mittlerer Breite für eine Tagesleistung von 2500 m³

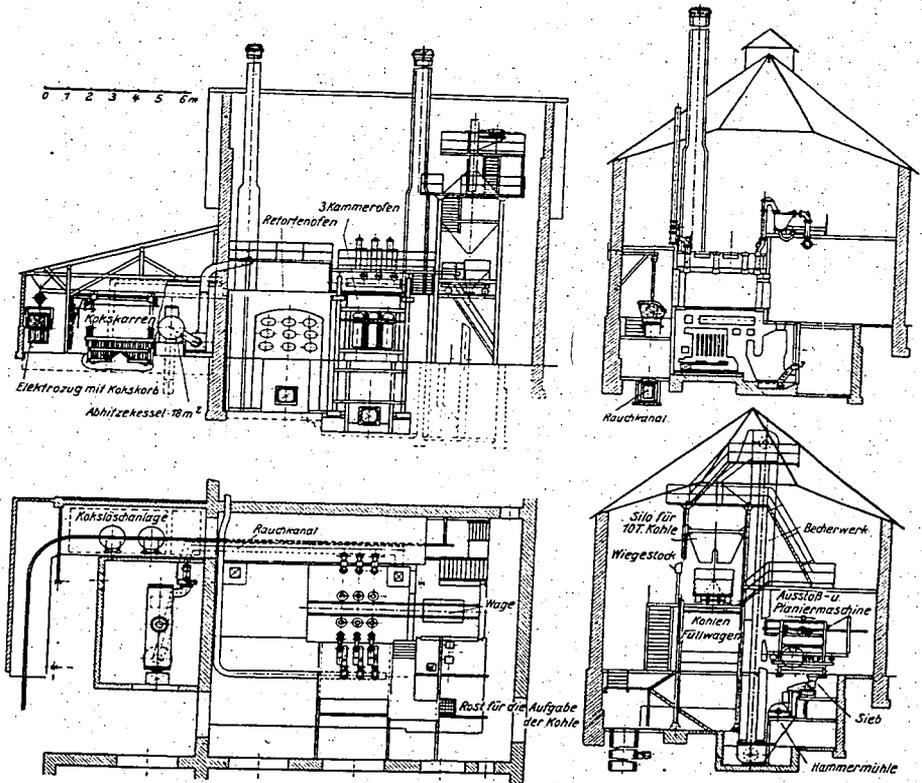


Abb. 63. Retorten und Kleinkammern im Gaswerk Langenthal mit angepaßten Fördermitteln.

¹⁾ Monatsbulletin d. Schweiz. Ver. v. Gas- u. Wasserfachm. 16 (1936).
Brückner, Gasindustrie I/6.

Gas in 24 h bei Naßbetrieb. Das Ladegewicht beträgt bis zu 780 kg Kohle, dementsprechend das Koksgewicht bis 540 kg gegenüber einem früheren Retortenkoksgewicht von nur 120 kg. Die Kokskörbe mußten entsprechend verlängert werden, ebenso die Löschkessel, in die hinein die Körbe versenkt werden. Nach erfolgter Abkühlung des Kokses werden die Körbe mittels des vorhandenen Elektrozuges hochgezogen und zur Kokssortierung gefahren.

Außerdem sind noch eine ganze Reihe von Lösch- und Erstickungsverfahren entwickelt worden mit dem Endzweck, den Koks möglichst

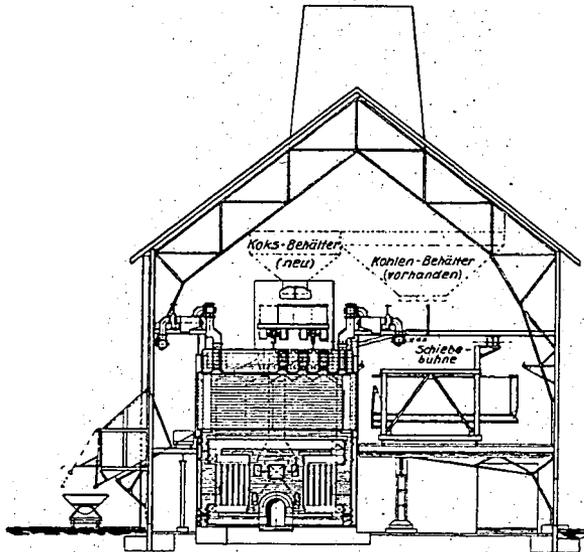


Abb. 64. Horizontalalkammerofen in ein bestehendes Ofenhaus eingebaut.

zu schonen und seine fühlbare Wärme in irgendeiner Form wieder zurückzugewinnen. Dies führte zu kostspieligen Anlagen für trockene Kokskühlung mit eigenen Heißkoksförderanlagen (oft noch mit Hubwerken) mit Kammern aus Metall, Stein oder Beton, gas- und dampfdichten Verschlüssen, Armaturen, Rohrleitungen, Gebläsen, Röhrenkesseln usw. Trotz der wünschenswerten Rückgewinnung dieser Wärme haben sich solche Anlagen infolge der hohen Beschaffungs- und Instandhaltungskosten weder im In- noch im Auslande in nennenswertem Umfang einführen lassen.

Eine einfache Lösung der Kokslöschung und Wärmerückgewinnung ohne Anhäufung von Apparaten und Fördermitteln hat die Firma Didier gefunden mit ihrer Kühlkammer. Dadurch ist es ihr tatsächlich

gelungen, die Vorteile des Vertikalofens mit ununterbrochener Wanderladung, bei dem der Koks im Ofen gekühlt und gelöscht wird, auf den unterbrochenen Betrieb des Horizontalofens zu übertragen, wobei keinerlei Wertminderung des Kokes eintritt wie bei dem Ofen mit Wanderladung. Bei den nassen Löschverfahren, die sich außerhalb des Ofens vollziehen, wird die fühlbare Kokswärme, die dem Ofen entzogen wurde, tatsächlich vernichtet (mit Ausnahme der oben angedeuteten Rückgewinnungsanlagen), während sie bei der Didier-Kühlkammer dem Ofen (wie beim Ofen mit Wanderladung) wieder restlos zurückgegeben wird. Bei diesem schließt sich an einen Horizontalofen für kleine Leistung noch eine zweite unbeheizte Kammer an (Abb. 64). Ist die Kohle ausgegart, dann wird sie von der Maschinenseite aus um die Länge der beheizten Kammer in die unmittelbar anschließende Kühlkammer geschoben. Hier kann sofort mit der Wassergasherstellung begonnen werden (s. S. 133). Der Wasserdampfzusatz in der Kühlkammer wird fortgeführt bis zur völligen Kühlung des Kokes, der bei seiner Entleerung normalerweise keiner Nachlöschung mehr bedarf.

Da diese Kokslöschung jeden Zwischentransport zu irgendwelchen außerhalb des Ofens liegenden Löscheinrichtungen vermeidet und im Ofen selbst geschieht, also ohne all die vorgenannten kostspieligen Anlagen, und da die frei werdende Löschwärme dem Ofen, dem sie entnommen wurde, wieder zurückgegeben wird, so ist nach dem heutigen Stand der Löschtechnik kaum ein Verfahren denkbar, das noch billiger, mit weniger Verschleiß und wärmewirtschaftlich richtiger arbeiten könnte. Bemerkenswert ist auch, daß die Ofenänderung, d. h. die Verlängerung durch Anbauen der Kühlkammer, sogar ohne Betriebsunterbrechung der in Betrieb befindlichen Öfen vorgenommen werden kann. Die Kammer erhält solange eine provisorische Abschlußwand. Es wird erst der neue Kammerboden ausgeführt und dann nacheinander die linke und die rechte Kammerwand. Die Möglichkeit eines solchen Kühlkammeranbaus besteht sowohl bei den Kleinkammern als auch bei den mittleren und Großkammern, soweit die Platzverhältnisse hinter dem Ofen dies gestatten.

Bei Horizontalkammeröfen, die nicht mit Kühlkammern ausgerüstet sind, bei denen sich die Löschung außerhalb des Entgasungsraumes vollzieht, ist man bestrebt, beim Ausdrücken den Koks in möglichst niederer Schicht breit auszulegen (Wagen, Rampe, Löschurm), damit die durch das Abbrausen erreichte Oberflächenkühlung möglichst groß wird und auch die Auskühlung in der Tiefenrichtung wirksam vor sich gehen kann¹⁾.

¹⁾ Siehe auch Preisausschr. d. DVGW. (Binder, Buchholz, Rodde, Gas- u. Wasserrf. 66 (1923), S. 314, 410 u. 518).

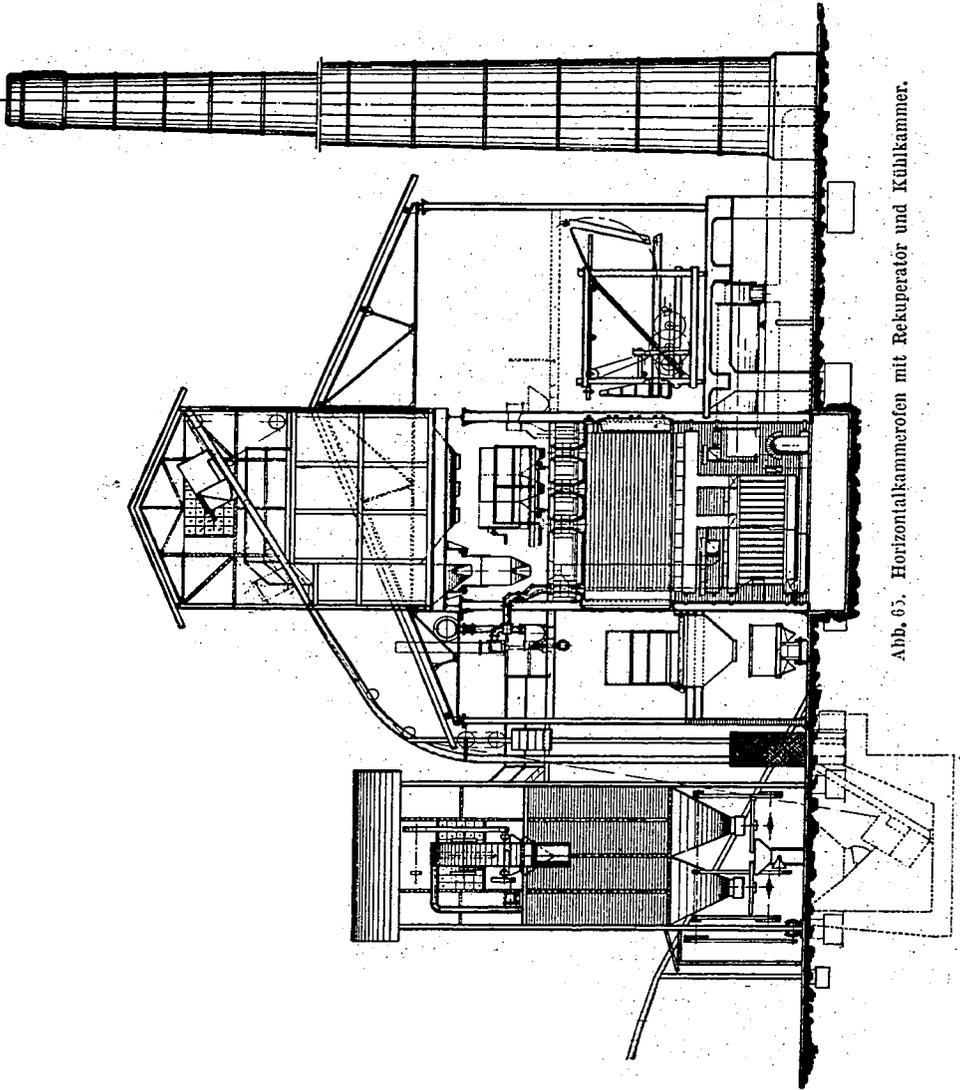


Abb. 65. Horizontalkammerofen mit Rekuperator und Kühlkammer.

2. Verbindung von Entgasungskammer mit der Kühlkammer.

Eine bemerkenswerte Neuerung im Bau von Gaserzeugungsöfen stellt der Didier-Horizontalkammerofen mit Kühlkammer dar. Zunächst kann die Horizontalkammer in ihrer ganzen Länge (5 m) als normale Entgasungskammer beschickt werden. Dafür sind Heizzüge, Rekuperator, Generator und die Ausdrückmaschine usw. eingerichtet (Abb. 65). Soll dieser Ofen aber zur Hälfte als Kühlkammer betrieben werden, so wird auf der Seite der Kühlkammer all das stillgelegt, was nicht benötigt wird. Die oberen Fülllöcher in der Decke und die Gas- und Luftkanäle zur Beheizung der Wände werden abgemauert, und der Generator wird in seiner wirksamen Fläche durch Vermauern der oberen Stufen des flach liegenden Treppenrostes verkleinert.

Wird der Ofen ohne Kühlkammer, also vollgeladen betrieben, und wird der Koks ungelöscht ausgestoßen, so muß dieser in der üblichen

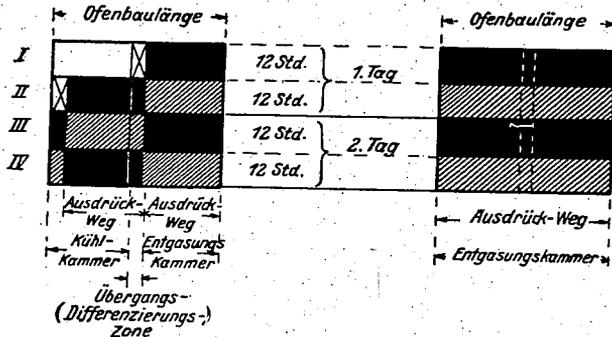


Abb. 66. Betriebsplan für Didier-Horizontälöfen.

Weise in einem Löschurm gelöscht werden; wird der Ofen aber mit Kühlkammer, also zur Hälfte geladen betrieben, d. h. wird der Koks im Ofen selbst mit Dampf gelöscht, so wird nur noch ein Kaltkoks-transport benötigt.

In letzterem Falle geht der Betrieb praktisch so vor sich, daß die Kohle etwa 12 h in der Garungskammer bleibt, worauf der Koks in die Kühlkammer geschoben wird, um dort nochmals 12 h zur Wassergas- und Spüldampferzeugung einschließlich Kühlung bzw. Löschung zu verbleiben. Die nebenstehende Darstellung (Abb. 66) läßt deutlich den Ladeplan bei der doppelt möglichen Verwendungsweise des Ofens erkennen.

Man erkennt, daß es sich hier um einen Horizontalkammerofen handelt, der in sich eine 100proz. Bereitschaft hat, wenn die hintere Kammerhälfte nicht als Kühlkammer, sondern ebenfalls als Entgasungs-

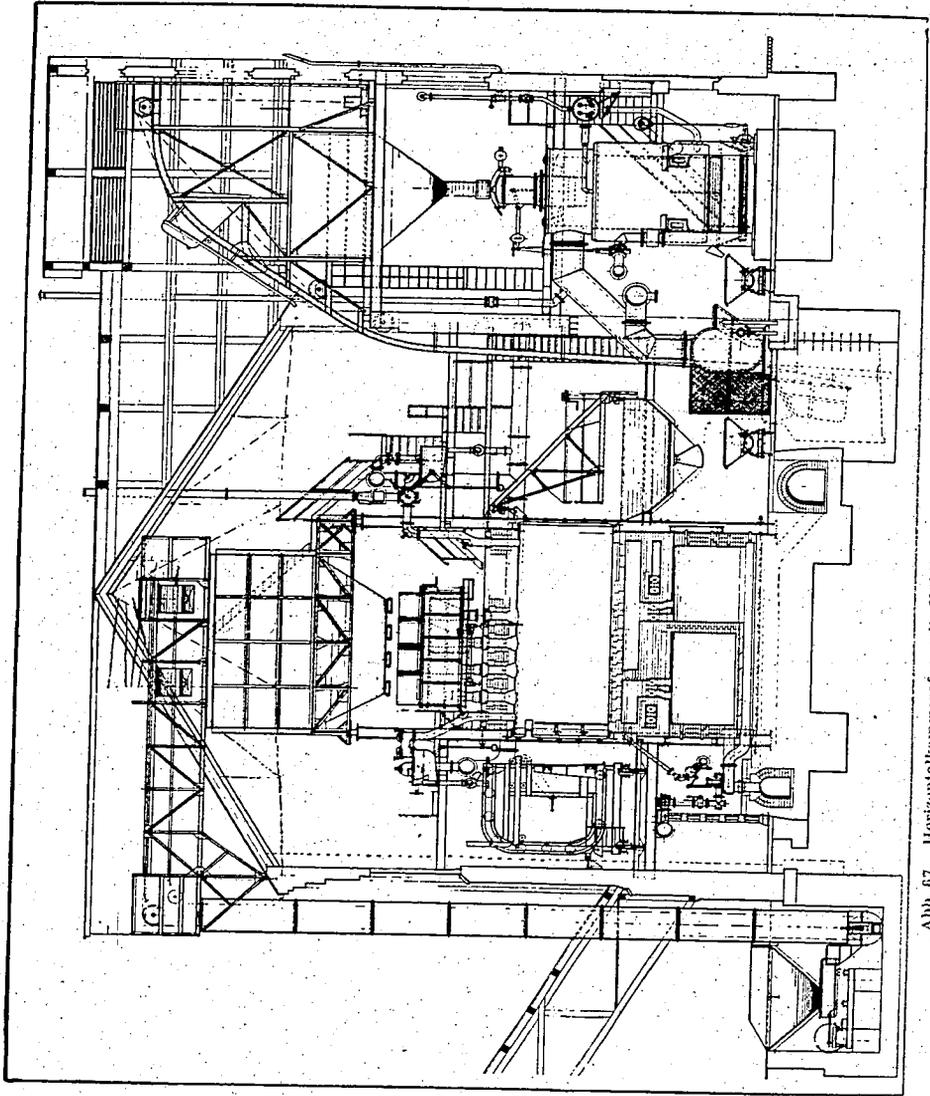


Abb. 57. Horizontalkammerofen mit Kühlkammer, Regenerator und Zentralgenerator.

raum Verwendung findet, d. h. die Leistung einer solchen Ofenanlage auf gegebener Grundfläche verdoppelt sich auf die Länge der Horizontal-kammer. Diese Bauart ist aus kleinen Anfängen hervorgegangen, und zwar zunächst aus zweireihigen Kleinkammern mit 1 m bis 1,2 m Kammerhöhe und 0,34 m mittlerer Breite und bis 5 m Länge, wobei der vordere Teil der Kammer, und zwar $2\frac{1}{4}$ m als Garungsraum, 0,5 m als »Differenzierungsraum« und weitere $2\frac{1}{4}$ m als Kühlraum ausgebildet waren. Die damit erzielten Erfolge ermutigten die Firma Didier, diese Einrichtung auch bei einreihigen Kammern mit Füllung von oben einzuführen, wobei schrittweise die lichte Kammerhöhe auf 1,5 m, dann 2 m und zuletzt auf 2,5 m bei einer Gesamtlänge von 5 m anwuchs (Abb. 67).

Würden Garungs- und Kühlkammer übergangslos aneinanderstoßen, so würde der ausgegarte Koks, nachdem er in die Kühlkammer gedrückt wurde, zwar mit seiner Schmalseite zunächst die eingesetzte Frischkohle beheizen, in weiterem Verlauf der Kühlung aber wieder abkühlen. Es fände ein ständiger Wärmeabfluß nach der Kühlkammer statt, und beim Leerdrücken würde eine Zone nichtgelöschten Kokses mit ausgestoßen. Um diese gegenseitige Beeinflussung beider Kammerfüllungen unwirksam zu machen, war die Zwischenschaltung der sog. Differenzierungszone in einer Tiefe von $\frac{1}{2}$ m notwendig. Sie ist nach dem Ausdrücken der Kammer stets angefüllt mit dem letzten Teil des Kohleneinsatzes, der bisher an der Türe der Maschinenseite lag und eben ausgegart wurde, und erhält hier in der Trennzone gewissermaßen noch eine Nachgarung. Beim nächsten Ausstoßen wandert die Füllung dieser Zone bis an die Ausstoßtüre. Hier wird sie mit in die Kühlung einbezogen und das nächste Mal mit ausgestoßen. Da sich beiderseitig der Zone deutlich eine sog. Koksnaht bildet, bleibt beim Ausstoßen eine senkrechte Koks wand bestehen.

Beim erstmaligen Füllen bleibt die Kühlkammer unbesetzt. Die Trennzone wird durch ein miteingesetztes Holzschild angedeutet, das mit entgast und später mit ausgestoßen wird. Bis dahin hat sich aber die Kohle bei der Verkokung schon so weit verfestigt, daß die vordere Schmalseite als senkrechte Wand stehenbleibt. Von hier aus beginnt der vorgeschilderte Normalbetrieb.

Der Vorteil der Kühlkammer besteht darin,

1. daß der Koks bei der Dampf löschung in der Kühlkammer gegenüber dem Abschreckverfahren mit kaltem Löschwasser wesentlich mehr geschont wird. Es können sich langsam innere Spannungen ausgleichen, ohne den Koks zu zersprengen, und der Koks kommt trocken aus der Kammer, wodurch für Lagerkoks im Winter die Gefahr der Wertminderung durch Frost verkleinert wird,

2. daß der sonst übliche Löschwasserverbrauch mit der damit verbundenen Eingefriergefahr entfällt, mit dem wegfließenden Überschußwasser, das leicht zu Verstopfungen der Werkskanalanlage führt. Ferner verbessert sich das Aussehen des Kokes, da sich bei der trockenen Löschung kein Koksgrus anhängt, wie bei der Naßlöschung,
3. daß die Löschung selbst ganz ohne durch Kraftantrieb bewegte Löscheinrichtungen vor sich geht, deren Reparaturen sonst zwischen den Ladezeiten von der Werkstatt erledigt werden mußten, und daß für die Abfuhr nur mehr ein wenig beanspruchtes Kaltkoksfördermittel in Frage kommt,
4. daß beim Löschen in der Kühlkammer kein Flugkoksstaub entsteht, der mit den Löschschwaden fortgerissen wird und sich irgendwo im Werk und seiner Umgebung absetzt, und daß die sonst gen Himmel aufsteigenden Löschdampfswolken damit verschwunden sind,
5. daß die in der Garungskammer aufgenommene fühlbare Wärme durch die Kühlkammer dem Ofen fast restlos wieder zurückgegeben wird unter Bildung von Spüldampf und Wassergas, ohne die sonst üblichen Geldmittel bindenden und hohem Verschleiß unterliegenden Wärmerückgewinnungsanlagen,
6. daß die Möglichkeit besteht, bei steigendem Gasbedarf in kurzer Zeit und mit geringen Änderungen die Kühlkammer ebenfalls als Garungsraum verwenden zu können.