

HORIZONTAL- KAMMERÖFEN

VON

Prof. Dr. HEINRICH HOCK



VERLAG von R. OLDENBOURG
MÜNCHEN

HANDBUCH DER GASINDUSTRIE
in Einzeldarstellungen herausgegeben von
HORST BRÜCKNER

Die Drucklegung der Arbeit erfolgte 1938
Satz, Druck und Buchbinder R. Oldenbourg
Graphische Betriebe G. m. b. H., München

A. Geschichtlicher Überblick über die Entwicklung der Horizontalkammeröfen, Einführung von Großraumöfen auf Gaswerken.

Während die im Jahre 1792 einsetzende Entwicklung des Retortenofens für die Entgasung der Steinkohle zur Leuchtgasgewinnung sich über einen Zeitraum von mehr als 100 Jahren erstreckte, vollzog sich die Einführung der Kammeröfen wesentlich rascher und war in knapp 10 Jahren als abgeschlossen zu betrachten. Was insbesondere den Eingang des Horizontal-Kammerofens in den Gaswerksbetrieb anlangt, so war bekanntlich diese Ofenbauart bereits im Kokereiwesen, also auf einer besonders breiten Grundlage, in jahrzehntelanger Entwicklungsarbeit zu einer großen Vervollkommnung gelangt. Die horizontale Verkokungskammer auf Kokereien wurde schon um etwa 1850 bei den Öfen von Smet, Laumonier, Frommont, Francois-Rexroth und anderen Konstruktionen benutzt. Die Smetöfen, s. Z. bei einer ganzen Anzahl westfälischer Kokereien eingeführt, waren 7,8 m lang und etwa 1,50 m hoch, wobei die Ofenfüllung $2\frac{1}{2}$ bis 5 t betrug. Beim Ofen von Frommont war besonders kennzeichnend, daß derselbe zwei übereinanderliegende Ofenkammern besaß. Die untere derselben hatte eine Länge von 3 m, eine Höhe von 1 m und eine Breite von 1,10 m. Die Maße der oberen Kammer waren jeweils um ungefähr 20 cm kleiner. Die Beschickung dieser Öfen erfolgte nur zur Hälfte ihrer Höhe mit etwa 1,2 t Kohle. Die Garungsdauer betrug 24 Stunden und das Koksausbringen 65 bis 67%. Dieser Ofen entspricht somit weitgehend den später auf Gaswerken gebräuchlichen Kleinkammer-Horizontalöfen, die zumeist aus dem Umbau von Horizontalretortenöfen hervorgegangen sind.

Die Horizontalkammeröfen von Francois-Rexroth hatten bereits senkrechte Heizzüge, wodurch die Standfestigkeit der Kammerwände erhöht und eine Verringerung ihrer Wandstärke ermöglicht wurde. Die Kammerbreite des Ofens betrug bis zu 0,9 m, bei einer Ofenladung von 3 t war die Garungszeit 48 Stunden. Mit der horizontalen, durch seitliche, senkrechte Heizzüge beheizten Kammer hat Francois-Rexroth die Grundform für die noch heute üblichen Koksöfen und damit auch gleichzeitig für die im Gaswerksbetriebe späterhin eingeführten Horizontalkammeröfen gegeben.

Etwa 1865 wurden diese Systeme durch einen neuen Horizontalkammerofen von Coppée abgelöst, der 1867 in Deutschland von Dr. C. Otto gebaut wurde (Abb. 1). Er verband die Vorzüge der früheren Konstruktionen, so daß der Grundsatz der Verkokung in einer schmalen, hohen Kammer, also großer Heizfläche bei kleinem Inhalt, weitgehend durchgeführt wurde. Die Länge der Öfen betrug rd. 10 m, ihre Höhe 1,7 m, bei einer mittleren Breite von 600 mm. Die Türen bestanden meist aus Gußeisen mit feuerfester Ausfütterung; vorwiegend wurden

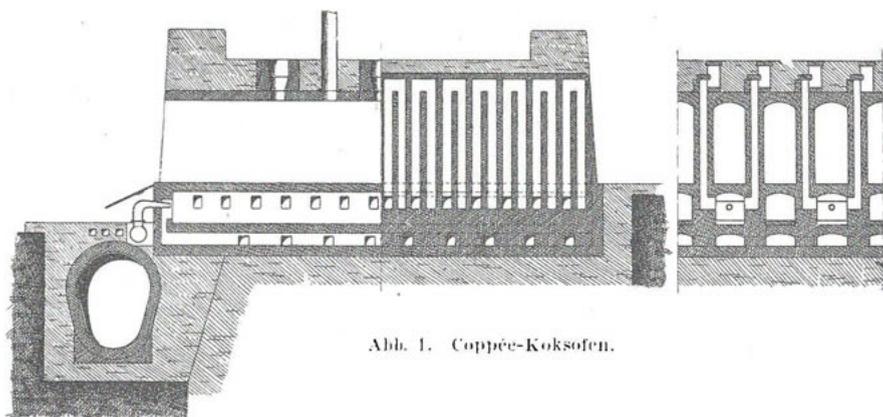


Abb. 1. Coppée-Koksöfen.

Schiebetüren verwendet, die mittels Hebel aufgezogen wurden. Das gesamte anfallende Destillationsgas diente zur Beheizung der Kammern. Erst einige Zeit später ging man beim Betrieb der Kokereiofen dazu über, das gesamte Gas durch Kondensations- und Nebenproduktengewinnungsanlagen zu schicken und das zum Heizen der Öfen erforderliche Gas zum Ofen zurückzuleiten. Der Anstoß zu dieser Maßnahme erfolgte von der Leuchtgasherstellung aus, indem man die dort bei der Leuchtgasbehandlung benutzten Einrichtungen zur Kühlung und Wäsche des Gases auf den Kokereibetrieb übertrug. Im Jahre 1881 begann sich auch die Firma C. Otto in Dahlhausen mit dem Horizontalkammerofen mit Nebenproduktengewinnung zu beschäftigen und errichtete auf Zeche Holland bei Wattenscheid eine aus 20 Ofenkammern bestehende Versuchsanlage.

Um diese Zeit erfolgte ein weiterer, sehr wichtiger technischer Fortschritt, indem Dr. von Bauer zum ersten Male das Prinzip der Wärmerückgewinnung beim Bau der Horizontalkammeröfen auf Kokereien angewendet hat. Durch die Anwendung der von Siemens erfundenen Regeneratoren war es möglich, die Ofentemperaturen durch Vorwärmung der Verbrennungsluft zu erhöhen. G. Hoffmann erbaute 1881 in Niederschlesien eine erste solche Anlage mit Nebenproduktengewinnung, eine weitere Anlage mit 20 Öfen folgte auf Zeche Pluto bei Wanne

(1883). Auf Grund der gemachten Erfahrungen wurden dann später von Dr. Otto Regenerativöfen, die sog. Otto-Hoffmann-Öfen erbaut, wobei auf der Maschinen- bzw. Koksseite der Batterie je zwei nebeneinanderliegende Längsregeneratoren vorhanden waren, von denen der eine zur Vorwärmung des Steinkohlengases, der andere zur Erhitzung der Verbrennungsluft diente. Später wurde dann nur je 1 Regenerator auf jeder Seite des Ofens für die Vorwärmung der Luft vorgesehen, da sich mittlerweile herausgestellt hatte, daß die Vorwärmung von Koks- ofengas keinen Zweck hat. Diese Otto-Hoffmann-Öfen fanden sehr bald erhebliche Verbreitung. In der Folgezeit wurde an diesen Öfen eine ganze Reihe von Verbesserungen durchgeführt, die alle grundsätzlich darauf hinausgingen, eine möglichst wirtschaftliche und damit gleichmäßige Beheizung der Ofenkammern zu erzielen, indem auf eine möglichst gute Verteilung und restlose Verbrennung der Heizgase Bedacht genommen wurde.

Da indessen die regenerativ beheizten Otto-Hoffmann-Öfen noch allerlei Mängel zeigten, verließ man das Regeneratorprinzip zunächst wieder. Insbesondere zeichneten sich die von Brunck erbauten Horizontalkammeröfen (1884) durch eine sehr vorteilhafte Wärmeverteilung aus, wodurch eine Überhitzung einzelner Ofenteile vermieden wurde,

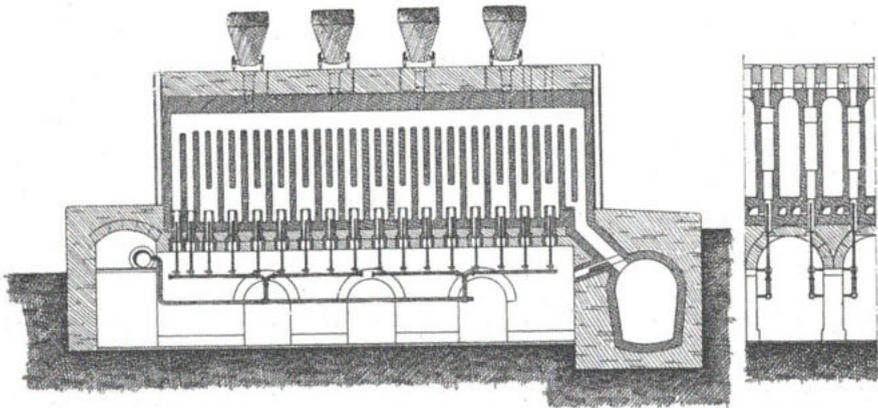


Abb. 2. Unterbrennerofen.

was insbesondere in der guten Koksqualität zum Ausdruck kam. Die günstigen Ergebnisse dieser ohne Luftvorwärmung arbeitenden Anlagen veranlaßten auch die Firma Otto, Koksöfen ohne Regeneratoren zu erbauen, wobei die Abhitze zur Dampferzeugung verwendet wurde. In diesem Bestreben entstand 1895 der sog. Otto-Unterbrennerofen, der durch die in Richtung der Kammer durchgeführte Unterkellerung gekennzeichnet ist (Abb. 2.) Von diesen Gewölben aus erfolgte die Zuführung des Heizgases (Koks- ofengas) und der Verbrennungsluft in zahl-

reichen Brennern für jede Heizwand. Die auf die ganze Kammerlänge gleichmäßige Gasverteilung bewirkte in dieser Richtung eine gleichmäßige Beheizung. Die Gase brannten in mehreren Heizzügen nach oben, sammelten sich im oberen Horizontalkanal und zogen durch einige nicht beheizte Heizzüge am Ende des Ofens zum Fuchs. Die ersten Unterbrenneröfen hatten sieben Brenner auf 10,25 m Länge, die zunächst unter der Ofensohle angeordnet waren, alsdann jedoch in die Heizwände verlegt wurden, wobei durch die Anwendung von Bunsenbrennern eine kurzflammige Verbrennung erzielt wurde. Außer den Nebenprodukten konnte noch etwa 1 t Dampf je t Kohle aus der Abhitze erzeugt werden.

Als sich jedoch etwa um das Jahr 1900 das Bedürfnis nach möglichst viel überschüssiger Energie in Form von Gas geltend machte, kehrte man wieder zur regenerativen Wärmerückgewinnung zurück, und zwar diesmal mit vollem Erfolg. Von diesem Zeitpunkte ab nahmen alsdann eine ganze Reihe deutscher Firmen den Bau von Horizontalkammeröfen für Kokereien auf, wodurch dieses Gebiet ganz außerordentlich befruchtet wurde. In der nun folgenden Entwicklungszeit bildeten sich schrittweise die neueren Ofenkonstruktionen heraus, wie sie uns in ihrer derzeitigen Vollendung begeben.

Die so auf den Kokereien im Verlaufe vieler Jahrzehnte entwickelten Horizontalkammeröfen wurden alsdann in entsprechender Anpassung an die besonderen Betriebsverhältnisse auch auf Gaswerken eingeführt, und zwar in Fällen, wo entweder größere Verbrauchsgebiete oder ausgedehntere Bezirke mit Gas beliefert werden sollten. So haben sich die Horizontalkammeröfen als eigentliche »Großraumöfen« auf den zentralen Gaswerken großer Städte einerseits und auf Werken zur Gruppengasversorgung andererseits eingeführt. Zwischen derartigen Anlagen mit einem Kammerladegewicht von 10 t Kohlen und mehr und einer Zechenkokerei bestehen heutigentags kaum mehr wesentliche Unterschiede. Selbstverständlich sind die »Gaswerks-Kokereien«, wie man sie auch nennen kann, auf die speziellen von ihnen zu erfüllenden Anforderungen und Aufgaben zugeschnitten. Umgekehrt haben auch gewisse, für Gaswerke seit langem typische Einrichtungen, wie z. B. der Naßbetrieb der Kammern, in letzter Zeit auf den Zechenkokereien in dem Maße Eingang gefunden, als bei letzteren die Gaserzeugung und die Belieferung mit Ferngas an Bedeutung und Umfang zugenommen hat, d. h. eine Erhöhung der Gasausbeute und eine Regelung des Heizwertes wünschenswert geworden ist. Eine besondere Bedeutung haben solche Maßnahmen für die Abdeckung des Spitzenbedarfes und somit für eine elastische Gestaltung der Gasabgabe.

Hinsichtlich der Anpassung der Großraum-Horizontalkammeröfen an den Gaswerksbetrieb spielt auch die im Vergleich zu den Zechenkokereien wohl zumeist anders geartete Rohstoffgrundlage eine

nicht unwesentliche Rolle. So verfügen die Zechenkokereien, wie z. B. diejenigen des Ruhrgebietes, in Gestalt der Fettkohle (Kokskohle) über eine eigene, praktisch sehr gleichmäßige und gleichartige Rohstoffgrundlage über längere Zeiten. Die Art der jeweiligen Rohstoffgrundlage, d. h. der Charakter der zu entgasenden Kohle, ist jedoch von wesentlichem Einfluß auf die Wahl der Kammern, besonders auf die Kammerbreite. Für stärker inkohlte Steinkohlen sind z. B. sehr oft breitere Kammern empfehlenswert, um etwaigen Treiberscheinungen der Kohlen zu begegnen. Auch für normale Fettkohlen geht man im Ruhrgebiet nach den mit schmälere Kammern gemachten Erfahrungen nicht unter eine mittlere Kammerbreite von 450 mm, die sich durchweg eingeführt und als zweckmäßig erwiesen hat, herunter, um bei günstigen Garungszeiten eine für metallurgische Zwecke günstige Stückigkeit des Koks zu erzielen, die von der Kammerbreite abhängt. Demgegenüber ist jedoch bekannt, daß jüngere Kohlen, wie Gaskohlen usw., die für sich oder in Mischung z. T. auch von Großgaswerken als Rohstoff herangezogen werden, sich in schmälere und daher kürzer garenden Kammern günstiger verkoken lassen, d. h. einen besseren Koks ergeben. Dessen ungeachtet lassen sich solche Kammern aber auch für Fettkohlen als solche verwenden. Daher hat man bei einer Anzahl von Horizontalkammeranlagen auf Gaswerken die Kammerbreite mitunter etwas kleiner (400 mm) gewählt. Die schmälere Kammern geben hinsichtlich der Auswahl der zu verarbeitenden Kohlenarten eine größere Bewegungsfreiheit. Diese elastische Betriebsgestaltung ist nicht zuletzt dadurch bedingt, daß zumeist die eigene Kohlengrundlage fehlt und ein Wechsel der Bezugsquelle eintreten kann. Die Verbraucher des auf den Gaswerken erzeugten Koks benötigen auch zumeist kleinere Stückgrößen als ein Teil der Zechenkoksverbraucher, so daß es oft nicht einmal wünschenswert ist, die Stückigkeit des Koks über ein gewisses Maß hinaus zu treiben.

Die Einführung des Horizontalkammerofens, wenigstens von seiten deutscher Erbauerfirmen, ist wohl im Jahre 1892 durch die Fa. Aug. Klönne in Dortmund erfolgt, die auf dem Gaswerk Rotterdam eine Horizontalkammerofenanlage mit einer Kohlenladung von 5 t je Kammer errichtete. In der Folgezeit hat man allerdings bei der Anwendung von Kammern sich mehr dem Schrägkammerofen zugewandt, und erst im Anschluß hieran begann man mit der Übertragung von Kokereikammeröfen in Gaswerke bzw. mit der Anpassung dieser Öfen für Zwecke der Gaserzeugung in Städten.

Die Entwicklung von den Retortenöfen zu den Kammeröfen, speziell zu dem für die Großgaserzeugung besonders geeigneten Kokereiofen, vollzog sich im Zeichen der Erhöhung der Leistung, der Verkürzung der Garungsdauer je Einheit der Gaserzeugung, Verbesserung der Wärmewirtschaft, Verbesserung der Erzeugnisse, Vergrößerung der Ent-

gasungsräume, Verminderung der Arbeiterzahl und Vergrößerung des Durchsatzes. Eine größere Ofenleistung hängt im wesentlichen ab von der Möglichkeit, die Entgasungstemperaturen im Ofen steigern zu können, was insbesondere durch die Verwendung von Silikasteinen als Baustoff ermöglicht worden ist, die höheren Temperaturen standhalten als Chamottesteine. Im Gegensatz zu den sonstigen Kammeröfen und ebenso den sog. Kleinraum-Horizontalkammeröfen mit Kammerladungen bis zu wenigen Tonnen, sind die Großraum-Horizontalkammeröfen ebenso wie die Kokereiöfen durchweg für regenerative Beheizung eingerichtet. Bei Schwachgasbetrieb wird das zur Beheizung dienende Schwachgas in besonderen Zentralgeneratoranlagen aus einem Teile des anfallenden Kokes hergestellt und nach seiner Reinigung und der damit verbundenen Kühlung in kaltem Zustande nach den Öfen geführt, wo es, ebenso wie die Verbrennungsluft, in Regeneratoren vorgewärmt wird. Diese sind vorzugsweise für das Arbeiten bei höheren Temperaturen geeignet und ermöglichen auch eine weitergehende Wärmerückgewinnung als Rekuperatoren, da die Temperaturen der Abgase beim Regenerativofen wesentlich niedriger sind als beim rekuperativen Wärmeaustausch, was naturgemäß den Aufwand an Unterfeuerung entsprechend verringert.

Hinsichtlich ihrer Betriebsweise gleichen die Horizontalgroßraumöfen auf Gaswerken den mit Schwachgas beheizten Verbundöfen der Kokereien, lassen sich aber ebenso wie letztere wahlweise ganz oder z. T. mit Starkgas (Leuchtgas) betreiben, was die Elastizität sowohl hinsichtlich der Gaserzeugung als auch der Kokserzeugung außerordentlich erhöht.

B. Allgemeine Kennzeichen der neueren Horizontalkammeröfen in bezug auf Bau und Arbeitsweise.

1. Fortschritte im Ofenbau, Beheizungsarten, Ofenleistungen, Kammerbreite, Garungszeit und Koksqualität, Wärmeleitung und Wärmeübertragung beim Kammerofen.

Im folgenden soll kurz über die allgemeinen Kennzeichen sowie über die wärmetechnischen Fragen der neueren Horizontalkammerofensysteme einiges ausgeführt werden, besonders über diejenigen, die in Gaswerksbetrieben Anwendung gefunden haben. Es handelt sich hierbei um Kammerinhalte, die für etwa 10 t Kohle und mehr bemessen sind, so daß sie sich auch in ihren Ladegewichten im allgemeinen wenig oder überhaupt nicht von den Kokereiöfen unterscheiden, die, wie früher bemerkt, etwa seit dem Jahre 1900 in ein sehr lebhaftes und fruchtbares Entwicklungsstadium getreten waren, wovon natürlich die sich

etwa seit 1909 entwickelnden Großgaswerke (Wien-Simmering, Leopold-
au usw.) in gleicher Weise Nutzen zogen.

Den bereits erwähnten Fortschritten in der Durchbildung der Heiz-
wand und der Gasführung (Dr. C. Otto) reiht sich die Erfindung der
Einzelregeneratoren durch H. Koppers, Essen, wohl als die be-
merkenswerteste Neuerung auf diesem Gebiete an; sie ermöglicht es
auch, die Heizwand unmittelbar ohne Verteilungskanäle mit den Wärme-
speichern zu verbinden. Die Erbauung der Verbundöfen zur wahlweisen
Beheizung mit Leuchtgas oder mit Schwachgas (Generatorgas) war
wesentlich abhängig von der wirkungsvollen Ausnutzung des Raumes
unter den Öfen.

Neben der weitgehenden Mechanisierung des Betriebes hat man
sich beim modernen Ofenbau insbesondere von drei Richtlinien leiten
lassen, nämlich der Erhöhung der Kammerleistung, der Verminderung
des Bedarfes an Unterfeuerung und der Verbesserung der Gas- und Koks-
qualität.

Was die Beheizung der Öfen betrifft, so ist bekanntlich eine mög-
lichst gleichmäßige Abgarung des ganzen Kammerinhaltes anzustre-
ben, was mit zunehmender Ofenhöhe schwieriger wird. Allerdings spielt
letzterer Umstand wohl nicht die Rolle wie bei den Kokereiofen als sol-
chen, bei denen die immer weitergetriebene Erhöhung der Öfen von der
Erreichung möglichst maximaler Kammerleistungen diktiert wurde. Zur
Erzielung einer gleichmäßigen Durchgarung des Kokskuchens in der
Vertikalen hat man verschiedene Wege eingeschlagen, wie bei den ein-
zelnen Ofenbauarten noch ausgeführt werden wird. Dabei ist beim
Betrieb mit Schwachgas (Generatorgas) infolge der größeren Flammen-
länge schon an sich eine verhältnismäßig gleichmäßigere Beheizung zu
erreichen.

Über die Gleichmäßigkeit der Abgarung des Kammerinhaltes in
horizontaler und vertikaler Richtung hat neuerdings K. Baum¹⁾ um-
fangreiche Untersuchungen an Koksöfen im Betriebe durchgeführt.
Mit Hilfe von durch die Füllochdeckel der Kammer in verschiedenen
Höhen über der Ofensohle eingeführten Thermoelementen wurde der
Temperaturanstieg an den verschiedenen Stellen der Längsmittlebene
des Ofens (Koksnaht) in Abhängigkeit von der Zeit festgestellt. Bei
gleichmäßiger Abgarung wird die Endtemperatur in der Koksnaht an
allen Meßstellen gleichzeitig erreicht. Zuzufolge der horizontalen Kammer-
verjüngung müssen die Heizzugtemperaturen von der Maschinenseite
der Batterie nach der Koksseite entsprechend ansteigen. Die Gleich-
mäßigkeit der Abgarung ist naturgemäß auch von Einfluß auf den für
die Verkokung erforderlichen Wärmearaufwand.

¹⁾ Glückauf **65** (1929), S. 774 ff., 812 ff. u. 850 ff.

Was die mittleren Heizzugtemperaturen anlangt, so ist man nach Einführung der Silikasteine für den Ofenbau zu immer gesteigerten Temperaturen übergegangen und hat bereits Großraumöfen bei einer mittleren Heizzugtemperatur von 1500° betrieben, die bei einer mittleren Kammerbreite von 450 mm in weniger als 12 Stunden abgärt werden konnten.

Die unten beschriebenen Ofenbauarten haben durchweg senkrecht angeordnete Heizzüge, die im sog. Wechselzug bei etwa halbstündiger Umstellung der Gas- und Luftwege betrieben werden. Hinsichtlich der Führung der Heizgase in den Heizwänden sind zu unterscheiden die Ausführungsform als halbgeteilter Ofen, den Koppers alternativ bei größeren Ofenhöhen auch in Viertelteilung ausgeführt hat, ohne daß aber diese Form auf Gaswerken Anwendung gefunden hat. Als ein weiterer Schritt in der letztgenannten Richtung kann die Ausführung in Zwillingsgruppen gelten (Hinselmann) und schließlich der eigentliche Zwillingszugofen von Otto, der durch kürzere Gaswege und kleine Überführungskanäle gekennzeichnet ist, was ebenso für den Kreisstromofen von Koppers gilt. Über die grundsätzlichen Unterschiede hinsichtlich der Beheizung in zwei Wandhälften und der Zwillingszugbeheizung berichten Hilgenstock und Demann¹⁾ unter Hinweis auf den Fortfall des Horizontalkanals, wodurch insbesondere das Auftreten nachteiliger Druckunterschiede zwischen Heizwand und Koks-kammer vermieden wird.

Bei gegebenen Abmessungen der Ofenkammer ist deren Leistung abhängig von der je Quadratmeter und Stunde von den Wänden auf die Beschickung übertragenen Wärmemenge. Letztere steigt naturgemäß mit der Betriebstemperatur der Kammerwände bzw. der Heizzüge. Über das Anwachsen des Wärmedurchganges durch die Koks-ofenwand in Abhängigkeit von steigenden Heizzugtemperaturen macht Koppers nähere Angaben²⁾. Anstatt auf die übertragene Wärmemenge kann die spezifische Heizflächenleistung auch auf die je Quadratmeter und Stunde verkockte Kohlenmenge bezogen werden³⁾.

Unter im übrigen gleichen Verhältnissen hängt jedoch die auf den Kammerinhalt übertragene Wärmemenge auch noch von der jeweiligen Kammerbreite ab, indem bei schmäleren Kammern je Quadratmeter und Stunde mehr Wärme auf den Kammerinhalt übertragen wird. Diese Erscheinung hat ihren Grund in der größeren Verkokungsgeschwindigkeit, die sich bei dünneren Kohleschichten (Schmalkammern) gegenüber dickeren (breitere Kammern) zeigt, da ja mit zunehmender Abgarung des Kammerinhaltes der von der Wärme zurückzulegende Weg und damit der Wärmewiderstand zusehends größer wird. Für die Abhängig-

¹⁾ Techn. Blätter der Deutschen Bergwerks-Ztg. 1926, S. 177.

²⁾ Koppers Mitteilungen 3 (1921), Heft 2, S. 44.

³⁾ Koppers Mitteilungen 9 (1927), S. 15.