

**RUHRKOHLE
UND
TECHNIK**





41
302



RUHRKOHLE UND TECHNIK



RHEINISCH-WESTFÄLISCHES KOHLEN-SYNDIKAT
ESSEN
JUNI 1928

S. 67
S. 71
S. 8F
S. 97
S. 07

RUHRKOLLE
UND
TECHNIK

622.33(43-316.2):662.6



26806

D350/60

Zum Geleit.

Gäste kommen in den Ruhrbezirk. Deutsche Ingenieure sind es, also Mitarbeiter auf dem großen Felde der Technik, der Industrie und der damit in Verbindung stehenden Wissenschaften. Mannigfache Interessen und Beziehungen verbinden uns Bergleute mit ihnen. Da rüstet sich auch der Bergbau zum Empfang; er ruft den Besuchern als Willkommengruß ein herzliches Glückauf entgegen und widmet ihnen dieses Büchlein.

Wenn liebe Gäste kommen, dann zeigt der Gastgeber ihnen das Haus. Auch der Bergbau wird gern seine Werke und Anlagen besichtigen lassen und wird sich des Interesses der Besucher freuen. Und wenn die Beziehungen zwischen Gästen und Gastgebern so eng sind wie die zwischen dem Verein Deutscher Ingenieure und dem Bergbau, dann wird man die schon vorhandenen freundschaftlichen Beziehungen zu vertiefen suchen. Man wird sprechen von früheren Zeiten, von der Tagesarbeit, von den wirtschaftlichen Nöten, die den Bergbau bedrücken, von Zukunftsorgen und Zukunftsaufgaben. Wir sind sicher, daß unsere Freunde Teilnahme, Verstehen und Mitfühlen zeigen werden.

Mit Stolz blickt unser Bergbau auf seine Entwicklung in der Vergangenheit zurück. Zwar soll man in einem Geleitwort wie diesem nicht viel mit Zahlen arbeiten. Immerhin mögen zwei Zeilen mit nur wenigen Zahlen, die den Aufschwung unseres Bezirkes in den letzten 60 Jahren vor dem Kriege widerspiegeln, gestattet sein. Im Oberbergamtsbezirk Dortmund betrug

im Jahre	die Steinkohlen- förderung	die Kokserzeugung	die Belegschaft
1853	2 187 000 t	122 000 t	17 162 Mann
1913	110 765 000 t	24 183 000 t	397 339 „

Diese gewaltige Entwicklung, die der Krieg naturgemäß unterbrochen, aber doch nicht unterbunden hat, innerhalb eines Zeitraums von nur 60 Jahren erscheint um so erstaunlicher, wenn man bedenkt, daß sie in einem Bezirke vor sich ging, der nicht etwa Neuland für den Bergbau bildete, wo vielmehr dieser schon seit Jahrhunderten heimisch gewesen war. Der natürliche Reichtum des rheinisch-westfälischen Steinkohlenvorkommens kann deshalb allein die überraschende Entwicklung nicht erklären. Vielmehr mußten besondere fördernde Umstände hinzukommen, die gerade in diesen Jahrzehnten in die Erscheinung traten und das außergewöhnliche Aufblühen des Bergbaues bewirkten.

Da ist an erster Stelle die Befreiung von der früher bestehenden staatlichen Bevormundung der Zechen-Betriebsleitungen die Aufhebung des sog. Direktionsprinzipes — eingeleitet 1851 und vollendet 1860 — zu nennen. Die Gewerken erhielten freie Hand in der Verwaltung und Betriebsführung ihres Bergwerksbesitzes. Mit weitschauendem Blick haben sie von der verliehenen Freiheit Gebrauch gemacht.

Hinzu kam, daß die Erwerbung von Bergwerksbesitz auf der dem deutschen Bergbau eigentümlichen Grundlage der „Bergbaufreiheit“ wesentlich erleichtert wurde und von 1853 an allein durch Bohrlochaufschlüsse erfolgen konnte. Diese Vorschrift schuf die Möglichkeit, mit geringem Kostenaufwand im Westen, Norden und Osten unseres Bezirks unter den anschwellenden Deckgebirgsschichten Kohle zu erschürfen und Bergwerkseigentum zu erwerben. So dehnten sich die Grenzen der verliehenen Bergwerksfelder rasch aus.

Eine weitere Vorbedingung für die schnelle Entwicklung des Bergbaues lag in dem Bau der Eisenbahnen. Bis dahin hatte die Steinkohlengewinnung eine vorwiegend örtliche Bedeutung. Nur die in der Nähe schiffbarer Wasserstraßen gelegenen Gruben konnten auf einen in der Ferne liegenden Absatz rechnen. Jetzt regte sich überall die Nachfrage nach Kohle, und die Absatzmöglichkeiten der Bergwerke wuchsen nach allen Seiten hin.

Schließlich, aber nicht in letzter Linie, findet das machtvolle Aufblühen des heimischen Bergbaues seinen Grund in dem weltgeschichtlichen Wirken und Schaffen eines Mannes, der als „eiserner

Kanzler“ für alle Ewigkeit leben wird. Die Gründung des Deutschen Reiches durch Bismarck bereitete den Boden für die Entwicklung der deutschen Industrie; seine von ihm eingeleitete und durchgeführte Wirtschaftspolitik gab ihr und vor allem der Industrie der Kohle und des Eisens Luft und Licht für dauerndes Gedeihen.

Die große Zeit fand im Ruhrbezirk ein würdiges Geschlecht. Emil Kirdorf einigte im Jahre 1893 den zersplitterten rheinisch-westfälischen Bergbau im Kohlensyndikat. Das segensreiche Wirken dieses Zusammenschlusses machte sich bald fühlbar. Die so lange aus jedem ungünstigen Anlaß immer wieder weichenden Kohlenpreise gewannen einen festen Halt, da das gegenseitige Unterbieten aufhörte. Eine ruhige, feste Zuversicht auf das weitere Aufblühen und Gedeihen des Bergbaues griff Platz und hielt bis zum Ausbruch des Weltkrieges an. Dies führte unter anderem auch zu einem wirtschaftlichen Haushalten mit den unterirdischen Schätzen, indem selbst dünne, von ausländischen Fachgenossen vielfach als unbauwürdig angesehene Flöze abgebaut werden konnten.

Kluge, weitblickende und tatkräftige Männer wie Kirdorf, Ed. Kleine, Krabler, Krupp, Rob. Müser, Stinnes, Thyssen und viele andere gaben dieser Zeit das Gepräge und führten den Bergbau zu einer glänzenden Höhe.

Die fortschreitende Aufwärtsentwicklung unseres Bergbaues wurde jäh unterbrochen, als der unerwartete Ausbruch des Krieges eine gewaltsame und gewaltige Änderung aller wirtschaftlichen Verhältnisse hervorrief. Zunächst ging die Förderung infolge der Einberufung eines großen Teiles der Belegschaft zu den Fahnen um etwa 40% zurück. Je länger desto mehr zeigte sich, daß der Krieg ein Kampf der Roh- und Betriebsstoffe wurde. Die Förderung nahm wieder eine aufsteigende Richtung an. Selbst das Jahr 1918, in dessen letzten Monaten die Wirren der Staatsumwälzung ihren schädigenden Einfluß geltend machten, ergab eine Förderung von etwa 84% der letzten Friedensförderung. Daß Deutschland über 4 Jahre allen Stürmen widerstehen und die Feinde von den deutschen Grenzen fernhalten konnte, verdankt es nicht in letzter Linie der Kohle, die unser Bezirk der Kriegsindustrie zur Verfügung stellte.

Wenn die Kriegszeit den Betrieb lediglich erschwert und gehemmt hatte, so erschütterten die Nachkriegszeit und die Folgen

der Revolution den Bergbau in seinen Grundfesten. Übereilte gesetzliche Maßnahmen (insbesondere die Verkürzung der Schichtzeit von $8\frac{1}{2}$ Stunden einschl. Ein- und Ausfahrt auf 7 Stunden), die Geldentwertung und schließlich die Besetzung des Ruhrbezirks durch Feindesmacht versetzten den Bergbau in eine Lage, die für die Werke wie für die Belegschaft zum bösen Verhängnis wurde. Erst mit der Wiederaufrichtung unserer Währung Ende 1923 begannen sich wieder gesündere Verhältnisse anzubahnen. Freilich galt es ein Trümmerfeld aufzuräumen. Die von dem Bergbau hierbei ergriffenen Maßnahmen faßte man unter dem Ausdruck „Rationalisierung“ zusammen. Ihr Zweck war, unter Anpassung an die neuen Arbeitsverhältnisse die Wettbewerbsfähigkeit der Werke zu stärken und die verlorengegangene Rentabilität wieder zu gewinnen.

Die Rationalisierung wirkte sich in der einen Richtung in einer Erhöhung der technischen Leistungsfähigkeit der Werke und in Verbesserung und Verbilligung des Betriebes aus. Im einzelnen ist hier zu nennen der Übergang zur maschinellen Kohlegewinnung, die in den letzten Jahren nahezu ganz durchgeführt ist. Statt mit der Keilhaue oder mit Bohrer und Sprengarbeit wird die Kohle jetzt mit Schrämmaschine und Abbauhammer gewonnen. Allein von den letzteren waren im Ruhrbezirk im Jahre 1927 rund 70000 Stück im Betrieb. Im Zusammenhange hiermit wurde die Bereitstellung wesentlich größerer Druckluftmengen notwendig. Hand in Hand mit der Einführung der mechanischen Kohlegewinnung ging eine Zusammenfassung der Abbaubetriebe zu großen leistungsfähigen Einheiten mit schnell fortschreitendem Verrieb. Die Schichtzeit wurde auf 8 Stunden einschl. Ein- und Ausfahrt erhöht. Durch planmäßig streng geregelte Ordnung der Ein- und Ausfahrt und durch Beförderung der Bergleute mit Lokomotiven bis zu ihren Arbeitspunkten konnte ein Teil des durch die noch verbleibende Schichtverkürzung entstandenen Arbeitsverlustes wieder ausgeglichen werden.

Über Tage fand die Betriebsumstellung unter anderem durch die schnelle Verbreitung des für die Verbrennung minderwertiger Brennstoffe eingerichteten Wanderrostkessels, durch die Einführung der Kohlenstaubfeuerung, durch die Aufstellung großer Turbo-

kompressoren und durch den Bau leistungsfähiger Zentralkokereien mit stark vermindertem Bedarf an menschlicher Arbeitskraft ihren Ausdruck.

Wenn dieser Teil der Rationalisierung vom allgemein volkswirtschaftlichen Gesichtspunkte in jeder Hinsicht zu begrüßen war, so gilt das nicht von anderen Maßnahmen, zu denen die Not den Bergbau ebenfalls zwang, nämlich von den Betriebsstillegungen ganzer Gruben und der Einstellung des Abbaues der minderwertigeren Flöze. Nicht allein, daß hierdurch viele Bergleute und Beamte erwerbslos geworden sind, auch der Volkwohlstand hat durch die preisgegebenen Kohlenvorräte namhafte Verluste erleiden müssen.

Der Erfolg der unter dem Zwange der Not nach den beiden angegebenen Richtungen hin durchgeführten Rationalisierung war überraschend groß. Die Leistung je Mann und Schicht, die 1913 im Ruhrbezirke nur 0,943 t betrug, stieg bis Januar d. J. um 23% auf 1,162 t. Der Erfolg war aber nicht groß genug, um einen Ausgleich dafür zu bieten, daß die Kohlenpreise gegenüber den Löhnen, den stark erhöhten sozialen Lasten und den Steuern stark zurückblieben. Tatsächlich hat der Ruhrbergbau eine genügende Rentabilität bisher nicht wieder erlangt. Der mangelnde Erfolg findet seine Erklärung in erster Linie durch die Zwangswirtschaft, unter der der Kohlenbergbau leidet. Während vor 60 bis 70 Jahren die Entwicklung des Bergbaues durch die Gesetzgebung begünstigt wurde, ist jetzt das Gegenteil der Fall. Das bei der Revolution in die Massen geworfene Schlagwort der Sozialisierung fand für den Bergbau seinen Niederschlag in dem Gesetz über die Regelung der Kohlenwirtschaft. Danach wurde der gesamte Kohlenbergbau in Zwangssyndikaten und diese wieder in dem Reichskohlenverbände zusammengefaßt. Das oberste Organ der kohlenwirtschaftlichen Selbstverwaltung bildet der Reichskohlenrat, der aus Arbeitgebern, Arbeitnehmern, Verbrauchern, Händlern und einigen Sachverständigen zusammengesetzt ist und die Aufgabe hat, „die Brennstoffwirtschaft einschließlich der Ein- und Ausfuhr nach gemeinwirtschaftlichen Grundsätzen zu leiten“. Der Reichswirtschaftsminister hat die Aufsichtsrechte des Reiches auszuüben und kann insbesondere die festgesetzten Verkaufspreise herabsetzen. Demgegenüber ist das Reichsarbeitsministerium in letzter Instanz für Arbeiter- und Lohn-

fragen zuständig und kann die ergangenen Schiedssprüche im öffentlichen Interesse für verbindlich erklären.

Auf Grund dieser Rechtslage sind wirtschaftlich mögliche Kohlenpreiserhöhungen wegen „Gefährdung des öffentlichen Wohls“ verhindert worden, während auf der anderen Seite Lohnerhöhungs-Schiedssprüche trotz fehlender Rentabilität des Bergbaues aus „Gründen des öffentlichen Interesses“ für verbindlich erklärt wurden. Man wird bezweifeln dürfen, ob diese Behandlung eines für das Wohl des Volkes so wichtigen Wirtschaftszweiges tatsächlich von höherer Warte aus gesehen dem öffentlichen Wohle entspricht. —

Wenn im Vorstehenden im wesentlichen die wirtschaftliche Seite des Bergbaues in den Vordergrund gestellt ist, so mögen zum Schluß noch einige wichtige technische Fragen, die als Zukunftsaufgaben des Bergbaues vor uns liegen, kurz gestreift werden. Auch sie werden hoffentlich bei unseren technischen Freunden Interesse wecken.

Es ist oben gesagt, daß die mechanische Kohlengewinnung nahezu ganz durchgeführt ist. Die Mechanisierung ist in der Hauptsache durch Abbauhämmer erfolgt, während in England und Amerika die Schrämmaschinen eine viel bedeutendere Rolle spielen. Es entsteht die Frage, ob die starke Bevorzugung der Abbauhämmer, wie sie bei uns je länger desto mehr hervorgetreten ist, endgültig und dauernd sein oder ob nicht vielleicht doch noch die Schrämmaschine später wieder an Boden gewinnen wird.

Der Kampf zwischen Druckluft und Elektrizität ist noch nicht beendet. Zwar kann man jetzt schon sagen, daß keine der beiden Energieversorgungen die andere völlig auf unsern Gruben aus dem Felde schlagen wird. Bei Bohr- und Abbauhämmern wird die Druckluft unumschränkt weiter herrschen, ebenso die Elektrizität bei den großen Haspeln, den Hauptwasserhaltungsmaschinen und den Lokomotiven, wo mit Rücksicht auf die Schlagwettersicherheit Oberleitungen möglich sind. Unentschieden bleibt die Frage der Energieverwendung für Schüttelrutschen, Schrämmaschinen, Luttenventilatoren, Kleinhaspeln und Lokomotiven in Strecken mit Schlagwettergefahr.

Neue, durchaus erfolgversprechende Versuche finden zur Zeit mit Bandförderungen statt, die bei flacher Lagerung an Stelle der

Wagenförderung in Abbaustrecken und Bremsbergen zu treten berufen scheinen. Gelingen diese Versuche, so wäre damit ein großer Schritt weiter in der Richtung der Mechanisierung des Grubenbetriebes getan.

Für Hauptförderschächte wird nach wie vor weiter eifrig an der Einführung der Gefäßförderung an Stelle der Wagenförderung auf Gestellen gearbeitet. Die amerikanischen Vorbilder locken. Freilich liegen bei uns die Verhältnisse in mancher Beziehung anders als drüben.

Nach den Zusammenbrüchen der Schächte Franz Haniel und Auguste Viktoria³ ist die Standsicherheit der Tübbingschächte der Gegenstand erneuter Untersuchungen und Verhandlungen geworden. Damit in Zusammenhang steht die Frage des Abbaues der Schachtsicherheitspfeiler unter schwimmendem Deckgebirge, wie es insbesondere im nordwestlichen Teile des Bezirks auftritt. Ein Stehenlassen der Kohle in solchem Umfange, daß der Schacht dem Einwirkungsbereiche der Abbauwirkungen gänzlich entzogen wird, bedeutet allzu große Verluste, wogegen der Abbau den Schacht in große Gefahr bringt.

Die Beschaffung der erforderlichen Versatzberge wird für unseren Bergbau je länger desto mehr zu einer brennenden Frage. Die im Grubenbetriebe fallenden Berge reichen für einen ordnungsmäßigen Versatz nicht hin. Die über Tage befindlichen alten Halden bieten zur Zeit noch Ersatz, werden aber in wenigen Jahren verbraucht und wieder in die Grube gewandert sein. Im Norden des Bezirks liegen südlich und nördlich der Lippe erhebliche, für den Versatz vorzüglich geeignete Sandmengen in der Hardt, den Borkenbergen, der hohen Mark und den Baumbergen. Der Bergbau hat auf diese Sandlager bereits die Hand gelegt. Wie aber werden nun die gewaltigen erforderlichen Sandmassen in den eigentlichen Kohlenbezirk gefördert und hier auf die einzelnen Zechen verteilt werden? Es eröffnen sich hier schwerwiegende auf technisch-wirtschaftlichem Gebiete liegende Fragen.

Schließlich sei hier noch die Ferngasversorgung erwähnt, mit deren Hilfe das in gewaltigen Mengen vorhandene überschüssige Koksofengas des Bezirks fortgeleitet werden soll, um fern im ganzen Lande für häusliche und industrielle Zwecke nutzbar gemacht zu

werden. Der Ruhrbergbau erhofft von der Ausführung für sich eine Milderung des sogenannten Sortenproblems und die Möglichkeit eines gleichmäßigeren Kohlenabsatzes, für die Allgemeinheit eine erhöhte Ausnutzung unserer Brennstoffvorräte, insbesondere eine Verbesserung der gesamten Energieversorgung und damit der wichtigsten Grundlage für die Wirtschaft und den Wohlstand des Volkes. —

Diese kleine Blütenlese von Zukunftsaufgaben zeigt, daß unser Kohlenbezirk von technischen wichtigen Fragen aller Art geradezu erfüllt ist. Mögen unsere Gäste und Freunde daran Anteil nehmen, möge es dem einen oder andern unter ihnen aber auch vielleicht vergönnt sein, an der Lösung dieser und ähnlicher Probleme des Bergbaues erfolgreich mitzuarbeiten!

Bochum, im Mai 1928.

Bergschuldirektor Prof. Dr.-Ing. e. h. Heise.

Die Kohlen des Ruhrgebiets, ihre Gewinnung und Veredelung durch Aufbereitung, Brikettierung, Verkokung und Schwelung.

Von Bergassessor F. W. Wedding, Essen.

Die Steinkohle ist aus teils längst ausgestorbenen Pflanzenarten, wie riesigen Farnen, Schachtelhalmen, Bärlappgewächsen, Schuppen- und Siegelbäumen entstanden, die vor Millionen von Jahren an vielen Stellen der Erde bei tropischem Klima in sumpfigen Urwäldern üppig wucherten und dann, als sie abstarben, ausgedehnte Torfmoore bildeten. Diese wurden durch große Flüsse aus dem naheliegenden Hochgebirge oder dem angrenzenden Meere mit Sand-, Kies-, Ton- und anderen Mineralmassen überspült, die später zu festen Gesteinen erhärteten. Durch die Gesteinsschichten von der Außenluft abgeschlossen, konnte sich der mit der Verforfung eingeleitete Verkokungsvorgang, bei dem unter Abgabe von Wasser, Kohlensäure und Kohlenwasserstoffgas (Methan) eine Anreicherung von Kohlenstoff stattfand, weiter fortsetzen. Dabei preßten die darüberliegenden Gesteinsschichten das nach und nach in Kohle übergehende Torfmoor zu einem schmalen Streifen zusammen, den man heute Flöz nennt. Wiederholte sich der Vorgang öfter, d. h. bildeten die ein Moor bedeckenden Gesteinsschichten den Boden für ein neues Moor, das wiederum von Mineralmassen bedeckt wurde und so fort, so entstand eine ganze Folge von Flözen und dazwischen gelagerten Gesteinsschichten, die der Bergmann in ihrer Gesamtheit als Steinkohlengebirge bezeichnet.

Im Ruhrbezirk hat das Steinkohlengebirge, soweit es bergmännisch erschlossen ist, eine „Mächtigkeit“ von 3000 m und führt im Mittel 46 unbedingt und 48 wahrscheinlich „bauwürdige“ Flöze, die zusammen eine Stärke von rund 80 m haben. Die dünnsten

der im Abbau begriffenen Flöze sind etwa 0,50 m, die dicksten 2,50 m mächtig.

Die zu unterst gelegenen, also ihrer Entstehung nach ältesten Flöze haben infolge des hier schon weit fortgeschrittenen, mit Gasabgabe verbundenen Verkohlungs Vorgangs den geringsten, die jüngsten den höchsten Gasgehalt. Man unterscheidet dementsprechend drei große Flözgruppen, nämlich:

oben die Gasflam- und Gaskohlen mit etwa 28—38% Gasgehalt	
in der Mitte die Fettkohlengruppe	„ „ 19—27% „
unten die Magerkohlengruppe	„ „ 5—18% „

Ursprünglich waren die Flöze und die Gesteinsschichten, in die sie eingebettet sind, nahezu flach abgelagert. Späterhin haben sie aber durch starke Schub- und Zugkräfte, die mit der fortschreitenden Zusammenschrumpfung der Erdrinde auftraten, eine Faltung zu Mulden und Sätteln und Zerreißen und Verschiebungen in senkrechter und wagerechter Richtung erfahren. Infolgedessen zeigen die Flöze heute zahlreiche starke „Störungen“, die den bergmännischen Betrieb sehr erschweren, außerdem bilden sie zur Horizontalen einen mehr oder weniger starken Neigungswinkel, den man als Einfallen bezeichnet und der wenige Grad bis zum rechten Winkel betragen kann. Je nachdem das Einfallen 0—25°, über 25—55° oder über 55—90° beträgt, bezeichnet man das Flöz als flach, mittel oder steil.

Das gesamte Steinkohlengebirge geht im Süden des Ruhrbezirks, also an der Ruhr selbst zutage aus, so daß die in den Ruhrbergen früher gebauten Flöze größtenteils durch Stollen erschließbar waren. Nach Norden hin senkt sich das ganze Gebirge unter immer stärker werdende jüngere Schichten, weshalb die Flöze hier nur durch tiefe Schächte erreichbar sind, von denen jetzt schon einige über 1000 m Teufe haben.

Soll ein Grubenfeld in Abbau genommen werden, so bedarf es erst, ehe die eigentliche Kohlengewinnung einsetzen kann, langer Vorarbeiten, die man als Aus- und Vorrichtung bezeichnet, und die darin bestehen, daß man das ganze Feld vom Schachte aus planmäßig mit einem Netz stollenartiger, nahezu wagerechter Gänge, sog. Querschläge und Strecken, oder in den Flözen ansteigender Bremsberge oder schließlich sog. Blindschächte (Stapel) erschließt,



Abb. 1. Abbauhämmer.

die teils der Fahrung, d. h. der Fortbewegung von Menschen dienen, oder der Wetterführung, d. h. Zuführung frischer Luft, die durch das ganze Grubengebäude mittels großer Ventilatoren gesaugt wird, teils der Förderung der gewonnenen Kohle und der Zuführung von Materialien, Maschinen u. dgl. zu den einzelnen Betriebspunkten.

Kohlengewinnung.

Sind die der Aus- und Vorrichtung dienenden Grubenbaue fertiggestellt, so kann mit der Kohlgewinnung in großem Maßstabe begonnen werden. Während noch bis vor wenigen Jahren vorwiegend die Handarbeit mit der Hacke (Keilhaue) sowie die Sprengarbeit (das Schießen) der Hereingewinnung der Kohle dienten, hat jetzt der Abbauhämmer hierbei die Führung übernommen. Er ist eine kleine, handliche, mit Preßluft angetriebene Maschine, die ähnlich einem in Kesselschmieden und Eisenbuanstanlen gebräuchlichen Niethammer ausgebildet ist und bei sehr großer Schlag-



Abb. 2. Stangenschrämmaschine.

zahl des Kolbens ein Spitzeisen in den „Kohlenstoß“ treibt, worauf der Hauer die vor dem Eisen sitzende Kohle mit dem Hammer abdrückt. Durch die Kohलगewinnung mit Hilfe des Abbauhammers konnte der Förderanteil je Mann und Schicht gegenüber der Handarbeit nicht unerheblich erhöht und die in dem Schießverfahren liegende Gefahrenquelle ausgeschaltet werden. Ein weiterer Vorzug des Abbauhammers liegt in der Möglichkeit, reinere und stückreichere Kohle als durch die Schießarbeit zu erzielen, da er gestattet, in die Flöze eingebettete Gesteinsstreifen, sog. Bergemittel, leicht auszuhalten und auch Bergepacken am Hangenden und Liegenden, d. h. im Gestein unmittelbar über oder unter einem Flöz, die beim Schießen hereinbrechen und die Kohle verunreinigen, anzubauen.

Im letzten Jahre sind bereits rund 75% der Förderung des Ruhrbezirks mit Abbauhämmern allein gewonnen worden.

Bei zähharter Kohle, die sich allein schwierig mit dem Abbauhämmer gewinnen läßt, muß die Schrämmaschine mithelfen, die



Abb. 3. Auslauf einer Schüttelrutsche.

je nach ihrer Bauart einen Schlitz in den Kohlenstoß hineinfräst oder -stößt und diesen dadurch lockert. In Abb. 2 ist z. B. eine Schrämmaschine zu sehen, deren sich drehende, mit scharfen Meißeln besetzte Stahlstange durch Weiterrücken der Maschine am Kohlenstoß den Schramm herstellt. Unter Mitwirkung von Schrämmaschinen sind 1927 rund 8% der Förderung des Ruhrbezirks hereingewonnen worden, mit Maschinen also insgesamt 83%, während der Rest auf die Hand- und Schießarbeit entfiel.

Die Fördermittel, mit deren Hilfe die hereingewonnene Kohle bis an den Schacht gebracht wird, sind entsprechend den von den Flözverhältnissen abhängigen Abbauverfahren und den einmal vorhandenen Betriebseinrichtungen verschieden. In allen Fällen gehören Förderwagen von meist 750 bis 1000 Liter Inhalt in die Reihe der Transportmittel.

Bei steiler Lagerung gleitet die Kohle von selbst herab, um dann in Förderwagen abgezogen zu werden, bei mittelsteil ein-

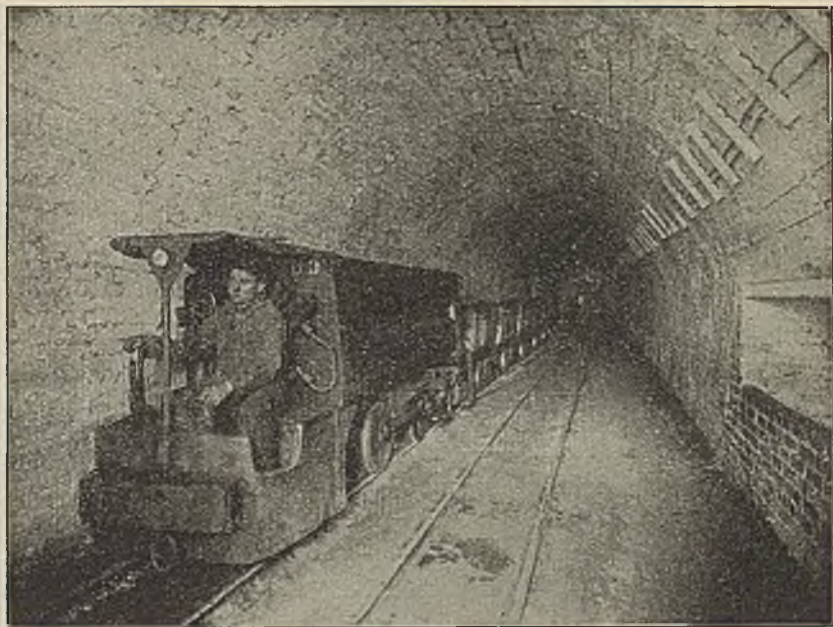


Abb 4. Druckluftlokomotive mit Förderwagenzug.

fallenden Flözen wird das Herabgleiten für gewöhnlich durch Winkelbleche, sog. festliegende Rutschen, erleichtert, und bei flacher Lagerung wird sie im allgemeinen durch Schüttelrutschen, die mittels besonderer Preßluftmotoren in hin- und hergehende Bewegung versetzt werden, in die Förderwagen geschafft. In Abb. 3 ist der Austrag eines Schüttelrutschenstranges und der darunter stehende Förderwagen zur Aufnahme der Kohle zu sehen.

Die Förderwagen werden, nachdem sie durch Menschen, Pferde oder Maschinen von den einzelnen Betriebspunkten zur Hauptförderstrecke gebracht sind, dort meist mit elektrischen oder Druckluftlokomotiven zum Schachte gezogen (vgl. Abb. 4), um am „Füllort“ (Abb. 5) in den mehrstöckigen, an starken Stahlseilen hängenden Förderkörben zutage gehoben zu werden.

Aufbereitung.

Die aus dem Schachte kommende Kohle, die sog. Förderkohle, ist nicht nur ein sehr ungleichmäßiges, sondern auch unreines Er-

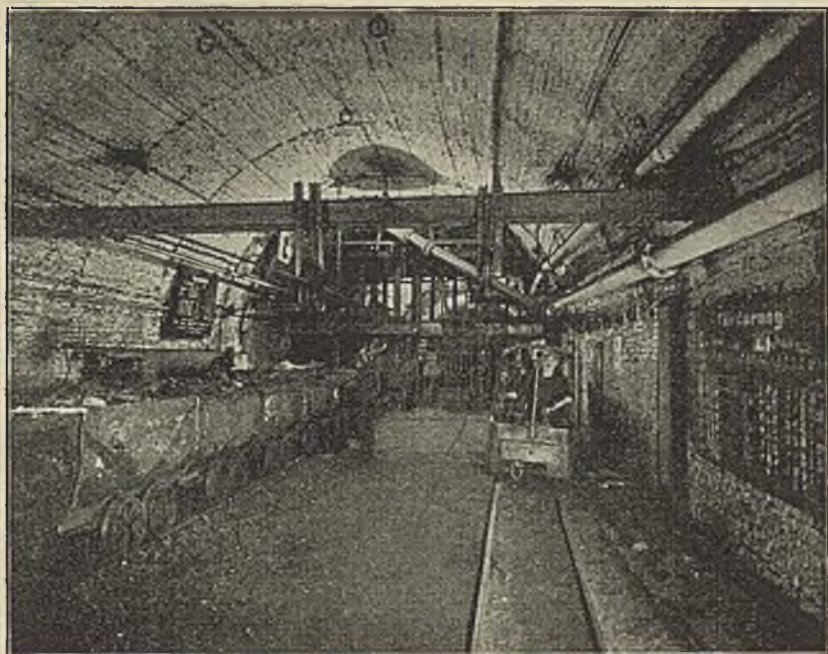


Abb. 5. Füllort. (Sammelbahnhof unter Tage.)

zeugnis, denn sie bildet ein Gemisch, das von den größten Stücken abwärts bis zum feinsten Staube alle Korngrößen umfaßt und mehr oder weniger große Mineralmengen enthält, die bei der Gewinnung aus den hangenden oder liegenden Gesteinsschichten sowie den Bergemitteln hineingeraten sind, soweit sie nicht überhaupt Bestandteile der Kohle bilden, die von Natur aus, fein in ihr verteilt oder innig mit ihr verwachsen, darin vorkommen.

Da diese unverbrennlichen Bestandteile der Kohle ihren Heizwert vermindern und als wertloser Ballast ihren Transport verteuern, müssen sie daraus entfernt werden. Daneben ist auch eine Korngrößeneinteilung erforderlich, denn eine gleichmäßige Kohlenstückgröße vereinfacht die Verbrennungseinrichtungen, vor allem den Rost, ganz erheblich. Anlagen zur Reinigung und Klassierung der Kohle bezeichnet man als Aufbereitungen. Die Gesamtansicht einer Ruhrzeche mit Aufbereitungsanlage ist in Abb. 6 dargestellt.



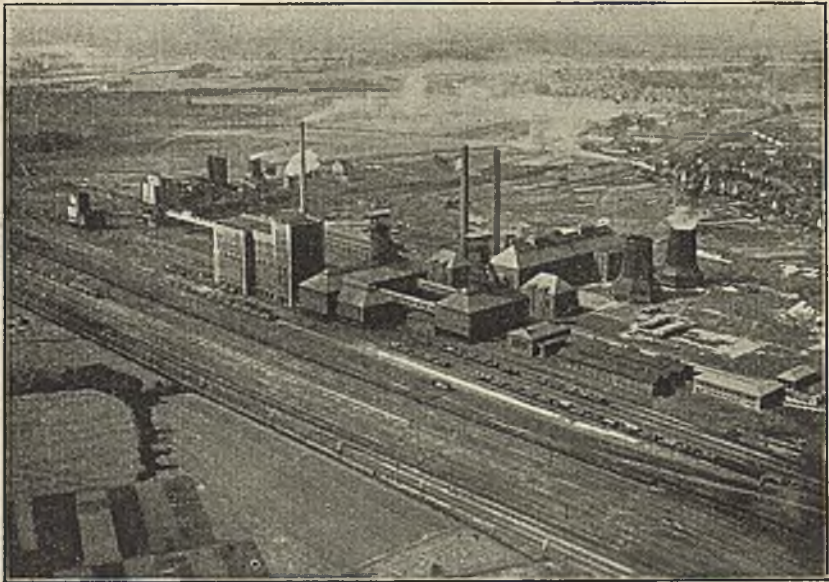


Abb. 6. Ansicht einer Ruhrzeche.

In nahezu allen Steinkohlen-Aufbereitungen des Bezirks wird gegenwärtig die Reinigung der Kohle von den Bergemengen erst nach vorausgegangener Korngrößentrennung (Klassierung) vorgenommen. Während diese auf trockenem Wege in der Separation vor sich geht, erfolgt die Reinigung der Kohle von den Bergen mit Ausnahme der größten Stücke durch nasse Verfahren in der Wäsche. Die Trocken- oder Luftaufbereitung, der man häufig in England oder Nordamerika begegnet, ist bei uns noch nicht eingeführt.

Der Gang einer Steinkohlenaufbereitung, deren Hauptziel es sein muß, die Trennung von Kohle und Bergen unter weitgehender Schonung der ersteren bei geringsten Kosten und Kohlenverlusten durchzuführen, ist im allgemeinen folgender:

Die aus dem Schachte kommenden kohlenbeladenen Förderwagen werden zunächst durch automatisch arbeitende Kreiselwippen auf mechanisch bewegte Rosten mit meist 80 mm Maschenweite entleert, die, wie der Seltnerrost, aus einem festen und einem beweglichen Rahmen mit eingesetzten Maschenstäben bestehen

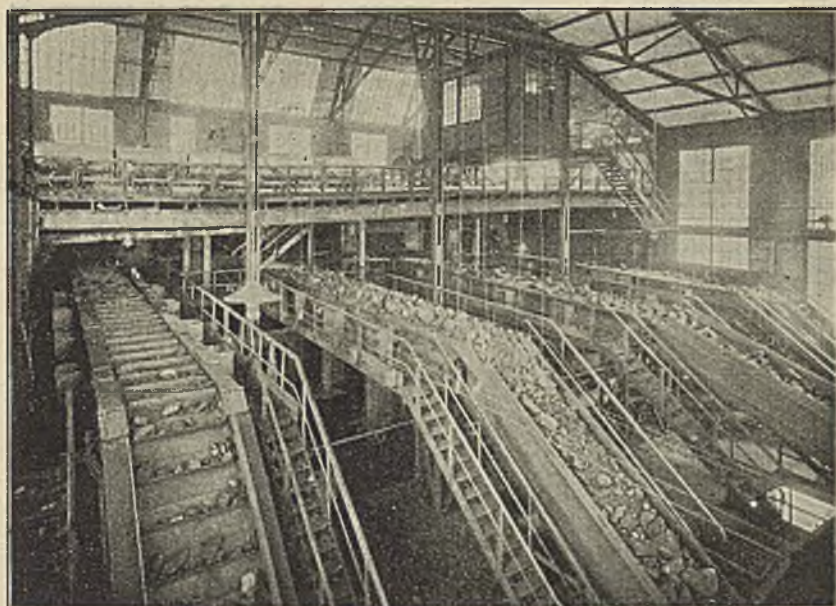


Abb. 7. Lesebänder.

und die Schonung auch weicher Kohle gewährleisten. Die von den Rosten ausgetragenen Stücke fallen auf Lese- und Verladebänder, wie sie Abb. 7 darstellt. Hier werden die Bergestücke von Hand ausgeklaut, um dann als Bergeversatz, d. h. zur Ausfüllung der durch den Kohlenabbau in den Flözen entstandenen Hohlräume verwendet zu werden. Die Stückkohle dagegen läuft auf den Bändern weiter und gelangt an ihrem Ende meist unmittelbar mit Hilfe heb- und senkbarer Verladearme in die Eisenbahnwagen.

Der Rostdurchfall, also die Kohle unter 80 mm Korngröße, gelangt gewöhnlich in eine Vorratsgrube, aus der sie mit Hilfe eines Becherwerks in die Wäsche gehoben wird, um dort zunächst durch Schwingsiebe in Grobkohle über und Feinkohle unter 10 mm Korngröße vorklassiert zu werden, wodurch sich die Weiterverarbeitung sehr viel wirtschaftlicher gestalten läßt.

Gleichzeitig wird fast in allen Fällen zur Einschränkung der großen Schwierigkeiten, mit der die Schlammwirtschaft verbunden ist, der feinste Kohlenstaub bis zu 0,3 mm Korngröße durch Wind-



Abb. 8. Schnitt durch die Grobkorn-Setzmaschine.

sichter abgesaugt, um entweder nach voraufgegangener Vermahlung in Kohlenstaubfeuerungen oder ohne Vermahlung zusammen mit andern minderwertigen Brennstoffen auf Wanderrosten unter Kesseln verbrannt zu werden.

Die Grobkohlen sowohl als auch die Feinkohlen werden dann den „Setzmaschinen“ zugeführt (vgl. Schnittzeichnung, Abb. 8), in denen ein fließender und gleichzeitig durch Kolben auf und ab bewegter Wasserstrom auf das über wagerechte Siebe geführte Gut in der Weise einwirkt, daß die spezifisch schwereren Berge bei jeder Abwärtsbewegung des Wassers schneller fallen als die Kohlestückchen und daher vor dem nächsten Kolbenhub bereits durch das Sieb gehen, ehe die Kohle dort anlangt. Diese wird vielmehr bei jeder neuen Aufwärtsbewegung des Wassers immer wieder an die Oberfläche hochgehoben und gleichzeitig durch den Wasserstrom über dem Sieb weitergespült, bis sie schließlich am andern Ende der Maschine ausgetragen wird, während die durch das Sieb gegangenen Berge sich im untern Teil der Maschine sammeln, um

dann von dort abgezogen zu werden. Die auf diese Weise gewaschenen Grobkohlen werden auf Schwingsieben entwässert und nach voraufgegangener Abbrausung des entstandenen Abriebs in 4 bis 5 verkaufsfähige Korngrößen klassiert, die man als Nußkohlen bezeichnet. Die Feinkohle, deren Reinigung von den Bergen schwieriger ist, muß unter Umständen zum Teil noch über eine Nachwaschsetzmaschine geführt werden. Ihre Trocknung erfolgt in besonderen Türmen, während der entstehende Schlamm in Klärsümpfen getrocknet wird. Er wird unter Kesseln auf Wanderrosten verfeuert und unter Umständen nach weitergehender Reinigung in sog. Flotationsanlagen der Kokskohle zugesetzt.

Brikettierung.

Da die aus der Wäsche kommende Magerfeinkohle sehr schlecht als Feuerungsmaterial verwendbar ist, muß sie erst aus diesem Zustande in Stückform überführt werden. Zu diesem Zwecke wird sie in Telleröfen oder Trockentrommeln getrocknet, um dann unter Zusatz von 7—8% Pech in Briketts verschiedener Form und Größe verwandelt zu werden. Das Pech, ein Destillationsrückstand des Teeres, wird der Kohle fein gemahlen in Mischschnecken zugesetzt. Das Gemisch erfährt dann unter Zuführung von überhitztem Dampf nochmals in besonderen Rührwerken eine sorgfältige Durchknetung, um schließlich in großen Stempel- (vgl. Abb. 9) oder Walzenpressen bei einem Druck bis zu 200 at zu Briketts geformt zu werden.

Die dauernden Preisschwankungen des Pechs, die durch den Saisonabsatz im Straßenbau hervorgerufen werden, haben Veranlassung gegeben, nach einem anderen Bindemittel Umschau zu halten. Brauchbare Ergebnisse hat man z. B. mit Sulfidlauge erzielt, wenn auch die damit hergestellten Briketts nicht die Widerstandsfähigkeit der Pechbriketts haben. Im übrigen ist eine Übertragung anderer im Kleinversuch gelungener Verfahren in den Großbetrieb von keinem Erfolg gekrönt gewesen.

Kokerei.

Das wichtigste der chemischen Veredelungsverfahren der Steinkohle ist die Verkokung, worunter eine Erhitzung unter Luftabschluß

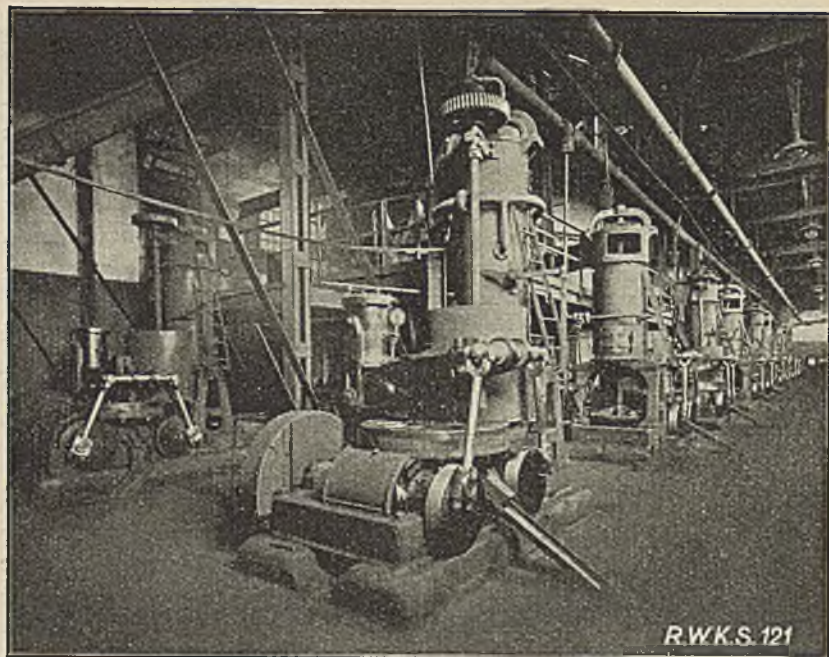


Abb. 9. Couffinhalpressen.

auf etwa 1000° und darüber verstanden wird. Als Kokskohle dient im Ruhrbezirk in erster Linie gewaschene Fett-Feinkohle, die sich durch ihre gute Backfähigkeit auszeichnet.

Vorteilhaft ist es, die Kokskohle, die für gewöhnlich auch nach eintägiger Lagerung in den Trockentürmen noch einen Feuchtigkeitsgehalt zwischen 10 und 14% hat, vor der Verkokung weiter zu trocknen, um das Ofenmaterial zu schonen und auch die unten erwähnte Nebenproduktengewinnung wirtschaftlicher zu gestalten. Die Trocknung kann entweder mechanisch durch Zentrifugen und dgl. erfolgen, oder auf thermischem Wege in Trockentrommeln mit Hilfe von Abgasen und Koksofengas. Beide Verfahren haben sich allerdings aus Gründen, deren Erörterung hier zu weit führen würde, nur in sehr geringem Umfange eingeführt.

Um einen möglichst gleichmäßigen Koks zu erhalten, ist es zweckmäßig, die in ihrer chemischen Zusammensetzung voneinander abweichenden Fettkohlen verschiedener Flöze zu mischen.

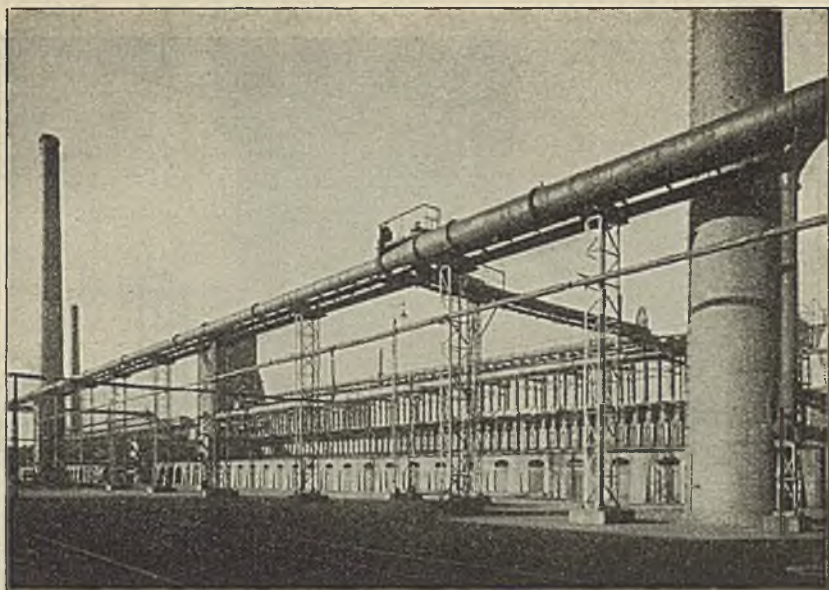


Abb. 10. Gesamtansicht einer Kokerei.

Zu diesem Zwecke sind neuerdings eine Reihe großer Mischanlagen mit Bunkern, Abstreiftellern, Förderbändern und Desintegratoren, die eine innige Mischung der verschiedenen Kohlsorten gewährleisten, errichtet worden. Die gemischte Feinkohle gelangt heute für gewöhnlich mit Hilfe von Förderbändern in den in der Mitte einer Koksofenbatterie errichteten Kokskohlenturm.

Die neuzeitlichen Batterien bestehen für gewöhnlich aus 65 bis 70 großen Öfen an jeder Seite des Turms (vgl. Abb. 10). Derartige Anlagen ermöglichen, daß bei etwa 20stündiger Garungszeit eines Ofens sämtliche Öfen innerhalb 24 Stunden mit je einem Maschinensatz, also einem Füllwagen, einer Ausdrückmaschine und einem Löschwagen nach bestimmtem Fahrplan gedrückt werden können. In derartigen Batterien lassen sich infolgedessen ohne weiteres bis zu 50000 t Koks jährlich erzeugen. Die meisten der neuerbauten Öfen haben Kammerabmessungen in etwa folgenden Grenzen:

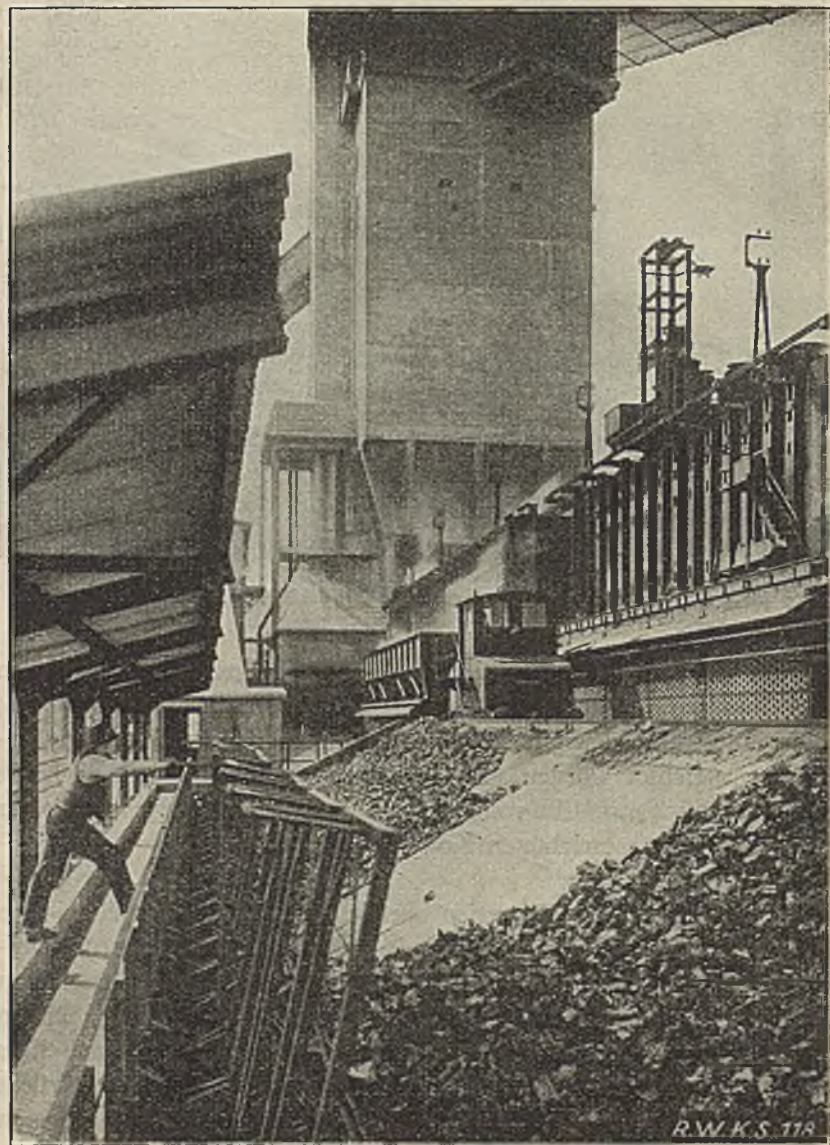


Abb. 11. Kokslöschwagen und Abwurframpe.

Scheitelhöhe	4—5 m
mittlere Breite	0,4—0,45 m
Länge	12—13 m

Bei derartig bemessenen Öfen liegt der Nutzraum etwa zwischen 19 und 22 cbm je Kammer. Die größten Öfen des Bezirks haben 6 m Höhe und fassen etwa 30 cbm.

Sämtliche neueren Öfen sind nach dem Regenerativsystem ausgebildet, und zwar als sog. Verbundöfen, in denen die zur Ofenbeheizung erforderlichen Gase und die Verbrennungsluft vorgewärmt werden und die je nach Bedarf entweder mit überschüssigem Koks- ofengas oder sog. Schwachgas beheizt werden können, das aus Koks- grus und sonstigen Koksabfällen in besonderen Generatoren erzeugt werden kann. Auf diese Weise ist man in der Lage, das beim Ver- kokungsvorgang sich bildende wertvolle Koks ofengas in seiner gesamten Menge als Ferngas, sei es zu industriellen Zwecken oder an Stadt- und Landgemeinden, abzugeben.

In Berücksichtigung der Ferngasabgabe werden neue Kokereien heutzutage auch mit Kompressoranlagen ausgerüstet, die in der Lage sind, das Gas auf mehrere Atmosphären zu komprimieren.

Die Bedienung der Koksöfen spielt sich folgendermaßen ab:

Die in dem Koks kohlenturm (vgl. Abb. 10 u. 11) befindliche Feinkohle wird in große elektrisch angetriebene Füllwagen ab- gezogen, die einen ganzen Kammerinhalt fassen. Der Wagen fährt auf der Ofenbatterie entlang und wird durch Klappen über Öff- nungen, die sich in jeder Kammer befinden, in den zu beschickenden Ofen, dessen Wände noch von der letzten Füllung glühend sind, entleert. Ist der Koks gar geworden, wozu, wie schon erwähnt, etwa 20 Stunden erforderlich sind, so werden die Türen, die neuer- dings meist selbstdichtend ausgebildet sind, auf mechanischem Wege hochgewunden, sodann drückt die Ausdrückmaschine, die gegenwärtig ein Gewicht bis zu 150 t hat, den glühenden Koks- kuchen aus dem Ofen heraus und schiebt ihn durch ein Führungs- schild in den elektrisch angetriebenen Löschwagen, der sich auf der anderen Ofenseite befindet. Dieser Wagen fährt den glühenden Koks unter einen Löschurm, wo er nach ganz genau bemessener Zeit mit Wasser abgebraust wird, um dann auf eine Schrägrampe gestürzt zu werden. Von dort aus gelangt er mit Hilfe eines Förder-

bandes auf die Sieb- und Brechanlage, wo seine Trennung in verschiedene Korngrößen stattfindet.

Die sog. trockene Kokskühlung mit Hilfe indifferenten Gase ist, wenn auch heute noch selten ausgeführt, bei Neuanlagen meist vorgesehen.

Nebenproduktengewinnung.

Das sich beim Verkokungsvorgange entwickelnde Gas enthält eine Reihe sehr wertvoller Bestandteile, die in großen Anlagen, den sog. Nebenproduktenanlagen, gewonnen werden. In erster Linie kommen in Betracht: Teer, Ammoniak, das meist gleich auf der Anlage selbst zu Ammoniumsulfat oder sonstigen besonders für die Landwirtschaft wichtigen Stickstoffverbindungen umgewandelt wird, und schließlich das Benzol mit seinen Homologen. Das Gas zieht in Steigleitungen aus den einzelnen Ofenkammern hoch und sammelt sich in einer über die ganze Ofenbatterie hinziehenden U-förmigen Vorlage. Hier scheidet sich bereits infolge Abkühlung durch die Außenluft ein großer Teil des Teers ab, der durch eine mit Gefälle versehene Leitung fließt und in Behältern gesammelt wird.

Das von der Hauptmenge des Teers in der Vorlage befreite und gleichzeitig abgekühlte Gas wird mit Hilfe großer Sauger durch eine abfallende Rohrleitung bis in die Kühlanlage geführt, in der sich weitere Teermengen und ein großer Teil des im Gas enthaltenen Ammoniaks als Ammoniakwasser abscheiden.

Die neuzeitlichen Kühlanlagen bestehen meist aus mehreren großen Horizontalkühlern, die mit einer Anzahl wagerechter Wasserrohre derart ausgerüstet sind, daß das Kühlwasser darin in Schlangelinien von unten nach oben fließt, während die Gase in entgegengesetzter Richtung durch die Kühler hindurch gesaugt werden. Das hierbei abgeschiedene Kondensat wird in einer besonderen Grube gesammelt. Für die Entfernung des Teers verwendet man auch noch Vorrichtungen, in denen das Gas in feinen Strahlen auf Stoßflächen aufprallt und gleichzeitig seine Richtung ändert. Hierbei sammeln sich die mitströmenden feinen Teerbläschen durch das scharfe Auftreffen auf die Flächen zu Tropfen und fließen als solche ununterbrochen nach unten ab.

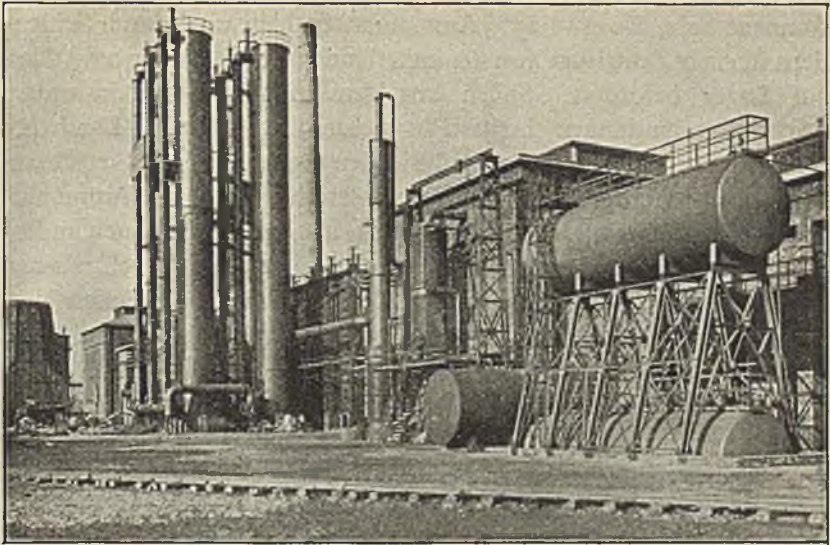


Abb. 12. Nebenprodukten-Gewinnungsanlage.

Der Rest des Ammoniaks, der sich durch Abkühlung allein nicht ausscheiden läßt, wird dem Gas in sog. Ammoniakwäschern entzogen, großen, bis zu 40 m hohen, schmiedeeisernen Zylindern bis zu 5 m Durchmesser, die mit kreuzweise übereinander gelagerten Holzhorden ausgefüllt sind. Auch hier erfolgt die Ausscheidung nach dem Gegenstromprinzip.

Das Ammoniak, das sich teils in freiem Zustande, teils gebunden im Ammoniakwasser befindet, wird in sog. Abtreibvorrichtungen in Gestalt großer eiserner Kolonnenapparate, die mit einer Reihe übereinanderliegender, gußeiserner Hauben ausgerüstet sind, wieder daraus entfernt, und zwar mit Hilfe von Dampf, der das freie Ammoniak verflüchtigt, während das gebundene durch Kalkmilch ausgetrieben wird.

Das gasförmige Ammoniak gelangt durch einen Wasserabscheider in eiserne, innen stark verbleite oder mit säurefesten Steinen ausgekleidete Kästen, die Schwefelsäure enthalten oder denen sie dauernd in dünnen Strahlen zufließt. Hierin bildet sich dann das schwefelsaure Ammoniak als Salz, das durch einen Ejektor mit Hilfe von Preßluft oder Dampf ausgebracht wird. Das auf diese Weise ge-

wonnene Salz, das etwa 25% Ammoniak enthält, wird durch Schleudern in einer Zentrifuge von der anhaftenden Lauge befreit und dann auf Lager befördert. Sollen aus dem Ammoniakwasser andere Stickstoffverbindungen hergestellt werden, welche die Landwirtschaft deswegen bevorzugt, weil sie den Boden weniger versäuern, so wird das verdünnte Ammoniakwasser mit etwa 1% Ammoniak auf 18% konzentriert. Die Möglichkeit, auf diese Weise auch andere Stickstoffverbindungen herzustellen, hat dem hier beschriebenen sog. indirekten Verfahren einen großen Vorrang vor neueren Verfahren gegeben, die man als direkte und halbdirekte bezeichnet.

Das von Teer und Ammoniak befreite Gas wird zur Gewinnung des Benzolvorerzeugnisses hohen Benzolwäschern zugeführt, die ähnlich den Ammoniakwäschern ausgeführt sind, und in denen statt Wasser sog. Waschöl herabrieselt, ein durch Destillation aus Teer gewonnenes Mittelöl.

Die Entfernung des Benzols aus dem gesättigten Waschöl erfolgt durch fraktionierte Destillation.

Verschwelung.

Unter Verschwelung versteht man, soweit es sich um Steinkohlen handelt, ebenso wie unter Verkokung eine Erhitzung unter Luftabschluß, aber bei niedrigeren Temperaturen, die zwischen 400°C und 600°C liegen. Während das Schwelverfahren in der Braunkohlenindustrie schon lange bekannt ist, hat es im Steinkohlenbergbau erst in und nach dem Kriege Eingang gefunden, nachdem man die große wirtschaftliche Bedeutung der aus Steinkohlen gewonnenen Öle in einem so erdölarmeren Lande, wie es Deutschland ist, erkannt hatte. Allerdings mußte man bald einsehen, daß durch die Verschwelung der Steinkohle die Ölfrage noch nicht gelöst werden kann, denn der Steinkohlenschwelteer oder Urteer ist ebenso wie der Kokereiteer lediglich ein Nebenerzeugnis, was für sich allein nicht ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist. Ohne vollen Absatz des anfallenden Schwelkoks, der als eine künstlich gemagerte Kohle anzusehen ist, wäre die Verschwelung unwirtschaftlich.

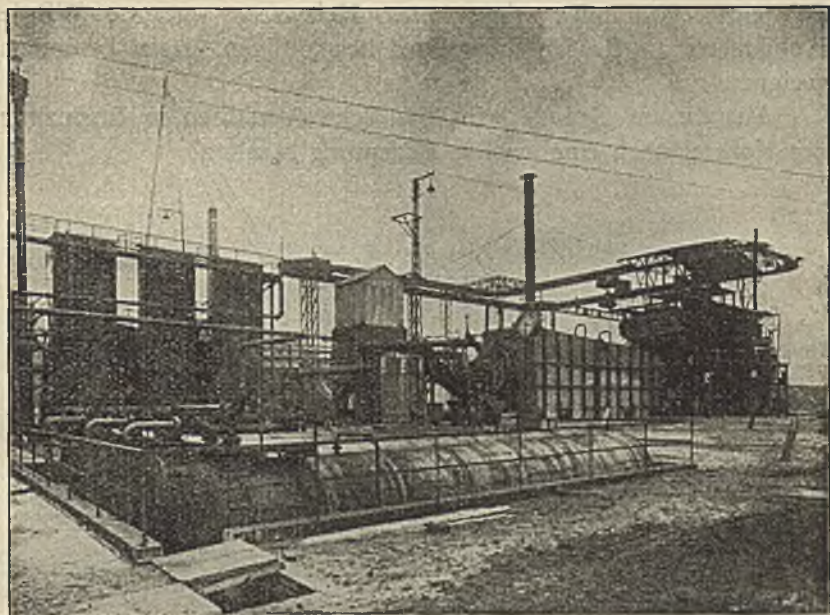


Abb. 13. Ansicht der Schwelanlage Matthias Stinnes $\frac{1}{2}$, Karnap.

Der Hauptwert des Verfahrens liegt besonders darin, daß mit ihm Kohle veredelt werden kann, die sich anderweitig schwer unterbringen läßt, wie z. B. feinkörnige Gasflammkohle. Von den verschiedenen Vorrichtungen zur Verschwelung hat sich im hiesigen Bezirk besonders die Doppeldrehtrommel bewährt, die auf einer Schachtanlage in Karnap bei Essen schon länger in Betrieb ist und Außenbeheizung hat (vgl. Abb. 13).

Der bei dem Verfahren anfallende Schwelteeer, dessen Kohlenwasserstoffe im Gegensatz zum Kokereiteer vorwiegend aliphatischen und hydroaromatischen Charakter haben, enthält bis zu 45% Phenole, für die weitere Absatzmöglichkeiten, besonders auf dem Gebiete der Hygiene, der Schädlingsbekämpfung und der Kunstharzindustrie zu schaffen gelungen ist. Als flüssiger Brennstoff ist der Schwelteeer den übrigen Teeren gleichwertig. Er ergibt bei der Destillation über 60% Öl und hat im Gegensatz zum Kokereiteer einen sehr geringen Pechgehalt. Das dritte Schwelteezeugnis, das

Schwelgas, ist infolge seines hohen Heizwertes von 7000 WE je Kubikmeter als Zusatz zu weniger heizkräftigen Gasen besonders geeignet.

Aus diesem Grunde wird das Schwelverfahren in Ergänzung der Kokerei noch eine gewisse Bedeutung erhalten.



Die Ruhrkohle als Kesselkohle.

Von Direktor Dipl.-Ing. Schulte, Essen.

Bei der Auswahl der Brennstoffe für Dampfkesselfeuerungen sind hauptsächlich technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte maßgebend; von geringerer Bedeutung sind die gesundheitlichen Gesichtspunkte.

Technische Gesichtspunkte.

Zu diesen zählen: Die Kesselbauart, Bauart der Feuerung, die Zugverhältnisse, die Belastung der Anlage, die Belastungsschwankungen, die mechanischen Einrichtungen für die Beförderung des Brennstoffs, die Platzverhältnisse.

Kesselbauart. Trotz starken Rückganges des Flammrohrkessels in den letzten Jahren, insbesondere im reinen Kraftbetrieb, ist seine Verwendung bei ortsfesten Anlagen auch heute noch überwiegend. Durch die Weite der Flammrohre und die auf etwa 2 m beschränkte Länge, ist die Rostfläche bei diesen Kesseln, die in der Regel mit Innenfeuerung ausgerüstet sind, begrenzt und damit auch die Feuerleistung. Während bei anderen Kesselbauarten ein Verhältnis Rostfläche zu Heizfläche von 1:20 bis 1:30 üblich ist, beträgt das Verhältnis bei Flammrohrkesseln in der Regel 1:30 bis 1:40. Dasselbe gilt von ähnlichen Kesseln mit beschränkter Rostfläche, wie z. B. Lokomotiven, Lokomobilen, stehenden und liegenden Feuerbuchskesseln, bei denen das Verhältnis Rostfläche zu Heizfläche oft noch ungünstiger ist als bei Flammrohrkesseln. Für solche Kessel kommt daher bei großen Anforderungen an die Feuerleistung nur hochwertige Kohle in Frage. Soll minderwertige Kohle in Flammrohrkesseln verfeuert werden, so ist die Vergrößerung der Rostfläche notwendig, also u. U. eine Vorfeuerung, falls Platz dafür vorhanden ist.

Bei Wasserrohrkesseln ist zwar die Unterbringung größerer Rostflächen möglich, jedoch werden von solchen Kesseln im allgemeinen auch größere Leistungen als von Flammrohrkesseln verlangt. Während die normale Leistung des Flammrohrkessels etwa 20 kg/qm/h ist, beträgt sie bei Wasserrohrkesseln 40—50 kg. Dementsprechend muß also die Leistung der Rostfläche erhöht werden. Dieses zwingt auch bei Wasserrohrkesseln, trotz der Möglichkeit der Unterbringung größerer Rostflächen, meistens zur Verwendung hochwertiger Kohle, wenn man nicht die mit der Verwendung minderwertiger Brennstoffe verbundene Raummehrbeanspruchung in Kauf nehmen will. Als wichtige Begleiterscheinung der Verwendung hochwertigen Brennstoffes tritt hinzu die um mehrere hundert Grad höhere Feuertemperatur und damit die bessere Ausnutzung der vom Feuer unmittelbar bestrahlten Heizfläche, die sehr wesentlich zur Erhöhung der Gesamtleistung des Kessels beiträgt.

Rostfeuerungen. Wir unterscheiden: Planroste, Schrägroste, Treppenroste; unter den ersteren wieder solche mit Handbeschickung und mit mechanischer Beschickung, mit und ohne Unterwind. Schrägroste sind nur noch in verhältnismäßig geringer Zahl in Anwendung, Treppenroste kommen hauptsächlich für minderwertige Brennstoffe, wie Braunkohle, Holzabfälle und Torf in Frage, neuerdings auch für Abfallstoffe der Steinkohlenaufbereitung. Sie beanspruchen große Rostabmessungen und kommen daher im allgemeinen nur zur Verwendung, wo die Verfeuerung minderwertiger Brennstoffe Vorteile bietet.

Die zuerst genannten Kesselbauarten, nämlich die Flammrohrkessel, Lokomotiven, Lokomobilen, stehende und liegende Feuerbuchskessel, haben in der Regel Planroste mit Handbeschickung, sie können im allgemeinen die billigere Förderkohle verwenden, falls nicht hohe Anforderungen die Verwendung von Nußkohlen oder Stückkohlen notwendig machen. Mechanische Beschickung der Planroste verlangt im allgemeinen ein gleichmäßiges Korn, damit die Beschickung und der Abbrand des Rostes möglichst gleichmäßig ist. Dieses gilt nicht nur von Wurfbeschickern, sondern auch von Wanderrosten, wobei die Wurfbeschicker in erster Linie Nußkohle, die Wanderroste auch Feinkohle von möglichst gleichmäßiger Körnung verfeuern werden. Auch bei Planrosten mit Hand-

beschickung kann Feinkohle mit gutem Erfolg verwandt werden. Voraussetzung bei Feinkohle ist natürlich guter Zug. Ist dieser nicht vorhanden, so muß Unterwind angewandt werden, um den erhöhten Rostwiderstand zu überwinden. Unterwind empfiehlt sich auch in solchen Fällen, wo eine Leistungssteigerung dadurch erzielt werden soll, oder wo die Eigenart der Kohle große Luftgeschwindigkeit verlangt, z. B. bei gasarmen Kohlen. Neuerdings geht man dazu über, auch bei gasreichen Kohlen Unterwind anzuwenden, um die Feuerleistung zu steigern. Natürlich erfordert diese Maßnahme besondere Bauarten der Roste und der Feuerräume.

Stark belastete Kessel verlangen natürlich große Leistungen des Rostes, d. h. große Rostfläche, hochwertige Brennstoffe oder beides. In den meisten Fällen wird man daher bei hohen Anforderungen an die Kessel nur die hochwertige Steinkohle verwenden können. Sicherlich wird auch in vielen Fällen eine Verringerung des Anlagekapitals bei der Dampfkesselanlage dadurch eintreten, daß man hohe Anforderungen an den Kessel stellt und dementsprechend zur Verwendung hochwertiger Kohlen übergeht. Bei starken Schwankungen in der Belastung des Kessels spielt außerdem die Anpassungsfähigkeit der Feuerung bzw. der Kohle eine große Rolle. Bekanntlich sind die mechanischen Feuerungen weniger anpassungsfähig als die Handfeuerungen, und unter ersteren besitzt wieder diejenige mit großem Rost eine größere Trägheit als die mit kleinem Rost. Ein typisches Beispiel hierfür sind die Stokerfeuerungen, die bei großen Rostleistungen bis zu 350 kg/qm/h eine sehr starke Anpassungsfähigkeit besitzen und sich daher besonders gut für Spitzenfeuerungen eignen. Daraus geht hervor, daß die bei Verwendung minderwertiger Brennstoffe notwendigen großen Roste eine geringere Anpassungsfähigkeit besitzen als die bei Verwendung hochwertiger Steinkohle möglichen kleineren Roste.

Aus zahlreichen Versuchen, die seiner Zeit von Professor Kammerer gemacht wurden, geht hervor, daß gerade die Feuerungen für hochwertige Steinkohlen eine außerordentliche Anpassungsfähigkeit an Belastungsschwankungen besitzen, so daß beispielsweise bei Versuchen der Wirkungsgrad der Kesselanlage innerhalb der Grenzen von 15 bis 25 kg/qm/h nahezu gleich blieb. Bei Verwendung hochwertiger Steinkohlen kann man daher sehr häufig auf die Anlage

eines Speichers verzichten, wo er bei minderwertigen Brennstoffen eine Notwendigkeit sein würde. Insbesondere verträgt die gewöhnliche Planrostfeuerung mit Handbeschickung Schwankungen in außerordentlich weiten Grenzen, ohne daß die Wirtschaftlichkeit wesentlich sinkt, und ohne daß die Gefahr des Verlöschens besteht. Auch ermöglicht die Handbeschickung und die Stokerfeuerung das zeitweise völlige Abdecken des Feuers in Betriebspausen und die ebenso schnelle Wiederbereitstellung des Kessels zur vollen Dampfentwicklung, was natürlich im allgemeinen nur mit hochwertigen Kohlen möglich ist.

Kohlenstaubfeuerungen. Der wesentliche Unterschied bei Kohlenstaubfeuerungen gegenüber Rostfeuerungen besteht darin, daß der Brennstoff in feinster Körnung in der Schwebelage im Zeitraum von wenigen Sekunden verbrennt, während er bei Rostfeuerungen in grober Körnung in Ruhe im Zeitraum von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Stunden verbrennt. Die Staubfeuerung verlangt vorherige Aufbereitung, also Trocknung und Vermahlung der Kohle bis zur Staubfeinheit, sie ermöglicht aber die Verwendung jeden Brennstoffes, insbesondere der im Preise billigen Feinkohle. Die Ausnutzung im Dauerbetriebe dürfte etwas höher als bei mechanischen Feuerungen und wesentlich höher als bei Handfeuerungen sein. Bei richtiger Einstellung arbeitet sie ohne Rauch- und Rußentwicklung und paßt sich leicht Betriebsschwankungen an. Die Notwendigkeit der Aufbereitung beschränkt die Anwendung der Kohlenstaubfeuerung auf sehr billige Brennstoffe, die bei niedrigen Preisen günstige technische Voraussetzungen bieten, z. B. niedrigen Wassergehalt, Feinkörnigkeit, gute Mahlbarkeit. Die Grubenfeuchtigkeit der Ruhrkohle beträgt etwa 1—4%. Ungewaschene Ruhrkohle ist daher im allgemeinen ohne Trocknung für die Vermahlung geeignet, wenn sie nicht auf dem Transport Wasser aufnimmt. Die meisten Mühlen sind imstande, Kohlen bis zu 6% Feuchtigkeit zu vermahlen. Da die Trocknungskosten u. U. höher sind als die Mahlkosten, so spielt dieser Gesichtspunkt eine wesentliche Rolle. Die Mahlbarkeit gruppiert sich nach Rosinschen Versuchen in folgender Reihe:

1. Ruhr-Fettkohle,
2. sächsische Kohle,

3. mitteldeutsche Braunkohle,

4. Ruhr-Magerkohle,

5. rheinische Braunkohle.

Hiernach besitzt also die Ruhr-Fettkohle die günstigste Mahlbarkeit. Wie die Aufstellung ergibt, sind nur fünf Sorten untersucht worden. Es bedarf weiterer Versuche, um auch die Mahlbarkeit der Eßkohlen und Gasflammkohlen festzustellen. Die Aufstellung zeigt aber bereits, daß die alte Anschauung, wonach die jungen Kohlensorten die beste Mahlbarkeit besitzen, nicht zutrifft. Sie zeigt auch, daß die Ruhr-Steinkohle mit ihrer Hauptmenge, der Fettkohle, in der Mahlbarkeit an erster Stelle steht. Für die Mahlkosten ist noch von großer Wichtigkeit der Aschegehalt, da bei großem Aschegehalt diese auch zur Staubfeinheit vermahlen werden muß und dadurch die Mahlkosten, bezogen auf die Reinkohle, u. U. stark erhöht werden können. Auch die Körnung ist für die Mahlkosten von Wichtigkeit. Ein feinkörniger Brennstoff macht die Vorzerkleinerung überflüssig und beansprucht weniger Kraft bei der Vermahlung. Die aschearme feinkörnige Ruhrsteinkohle hat daher für die Aufbereitung besonders günstige Eigenschaften.

Für die Verfeuerung des blasfertigen Staubes ist der Zündpunkt und die Brennzeit von großer Wichtigkeit. Die bisherigen Anschauungen hierüber haben in neuerer Zeit eine Wandlung erfahren. Nach einer neuen Arbeit Bleibtreus nimmt die Höhe des Zündpunktes allerdings vom Anthrazit bis zur Braunkohle ab, jedoch ist die Brennzeit bei der Fett- und Eßkohle ebenso kurz als bei der Braunkohle, während sie nach der Anthrazit- und Gasflammkohle zu ansteigt. Für die Wärmeübertragungsverhältnisse ist dann noch von Wichtigkeit die erzeugte Verbrennungstemperatur, die bei den jungen Kohlensorten natürlich am niedrigsten, bei Fett- und Gasflammkohle wieder am höchsten ist, während sie nach der Anthrazitkohle zu schwach abfällt. Auch hiernach sind die verbrennungstechnischen Grundbedingungen für die Ruhrsteinkohle recht günstig. Die Schlackenfrage spielt bei der Kohlenstaubfeuerung eine geringere Rolle als bei anderen Feuerungen, da man gelernt hat, sie durch geeignete Bauart der Feuerungen, Führung der Flamme, Kühlung und Abschreckung an der Anfallstelle zu meistern.

Wirtschaftliche Gesichtspunkte.

Zu den technischen Verhältnissen treten als ebenso wichtig die wirtschaftlichen Vorbedingungen hinzu, die sich in erster Linie ausdrücken im Heizwert und im Preise des Brennstoffs. Hier zeigt sich insbesondere die Überlegenheit hochwertiger Steinkohle. Wurde bereits oben gezeigt, daß aus technischen Gründen bei den meisten Dampfkesselfeuerungen die Verwendung hochwertiger Steinkohle geboten erscheint, so wird der Kohlenverbraucher dabei den Preis berücksichtigen und sich den Wärmepreis oder den Dampfpreis aus Heizwert und Tonnenpreis der Kohle berechnen. Er wird dabei in den meisten Fällen, abgesehen von eng begrenzten Zonen am Gewinnungsort der minderwertigen Brennstoffe, zu dem Ergebnis kommen, daß die hochwertigste Kohle für den Betrieb die billigste ist.

Nachstehende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über den Wärmepreis je 1 Million WE und über den Preis je t Dampf, und zwar in Spalte 3 und 5 am Gewinnungsort, in Spalte 4 und 6 in einer Entfernung von 50 km vom Gewinnungsort, also unter Einrechnung der Eisenbahnfracht und der Anfuhr, wobei für die Anfuhr *R.M.* 1,50 für die t gerechnet ist. Der Dampfpreis ist bezogen auf Normaldampf von 640 kcal/kg bei einem angenommenen gleichen Wirkungsgrad der Kesselanlage von 75%. Die Zusammenstellung zeigt die Wirtschaftlichkeit der Ruhrkohle, insbesondere wenn der Fracht- und Anfuhrzuschlag zu berücksichtigen ist. Vor allem ergeben die billigen Steinkohlensorten einen außergewöhnlich niedrigen Wärme- und Dampfpreis.

Endlich sind noch

die gesundheitlichen Gesichtspunkte

zu beachten, die veranlaßt werden durch die Rauch- und Rußentwicklung der Feuerungen und durch den Flugaschenauswurf. Die Rauch- und Rußentwicklung läßt sich bekanntlich durch mechanische Feuerungen vollständig beseitigen, durch zweckentsprechende Feuerungsart bei gasreichen Kohlen mit Handbeschickung stark vermindern. Sie ist bei mageren Brennstoffen überhaupt nicht vorhanden. Durch Mischung von mageren und gasreichen Brennstoffen

Wärmepreis in $\mathcal{R}M/1000000$ kcal und Dampfp Preis in $\mathcal{R}M/t$ für verschiedene Kohlsorten.

Kohlsorten		1	2	3	4	5	6
		Preis in $\mathcal{R}M$ je t ¹⁾	Heizwert WE/kg	Preis in $\mathcal{R}M$ je 1000 000 WE	Preis in $\mathcal{R}M$ je 1000000 WE bei 50 km Entfernung und Anfuhr ²⁾	Preis in $\mathcal{R}M$ je t Dampf ³⁾	Preis in $\mathcal{R}M$ je t Dampf bei 50 km Entfernung und Anfuhr
Fettkohlen	Förderkohlen	16,87	7 200	2,34	2,91	2,00	2,48
	gew. Nuß III	21,50	7 600	2,83	3,37	2,42	2,88
	„ „ IV	20,30	7 500	2,71	3,25	2,31	2,77
	„ Feinkohlen	18,10	7 400	2,45	3,00	2,09	2,56
Gas- und Gasflamm- kohlen	Gasflammförderkohlen .	17,70	7 200	2,46	3,03	2,10	2,59
	gew. Nuß III	21,50	7 400	2,91	3,46	2,48	2,95
	„ „ IV	20,30	7 250	2,80	3,37	2,39	2,88
	„ Feinkohlen	18,10	7 200	2,51	3,08	2,14	2,63
Eßkohlen	Förderkohlen	16,00	7 300	2,19	2,75	1,87	2,35
	gew. Nuß III	25,70	7 700	3,34	3,87	2,85	3,30
	Feinkohlen	13,50	7 200	1,88	2,45	1,60	2,09
Magerkohlen westl. Rev.	gew. Anthrazit Nuß IV	17,75	7 600	2,34	2,88	2,00	2,46
	ungew. Feinkohlen . . .	10,95	7 200	1,52	2,09	1,30	1,78

¹⁾ Preise gültig ab 1. 5. 1928. ²⁾ (Anfuhr = 1,50 $\mathcal{R}M/t$) + (Frachtkosten = 2,60 $\mathcal{R}M/t$) = Summa 4,10 $\mathcal{R}M/t$.

³⁾ Bezogen auf Normaldampf von 640 kcal/kg bei einem Kesselwirkungsgrad von 75%.

läßt sich daher auch eine rauchlose Feuerung betreiben, worauf weiter unten näher eingegangen werden soll. Bei der fortschreitenden Mechanisierung der Feuerungen tritt die Frage der Rauch- und Rußbelästigung immer mehr in den Hintergrund.

Belästigungen der Nachbarschaft durch Flugasche sind bei solchen Brennstoffen am stärksten, die mit starkem Zug verfeuert werden müssen, und bei denen die Asche sehr feinkörnig anfällt. Sie tritt bei Ruhrkohle erfahrungsgemäß im allgemeinen nicht in Erscheinung, ausgenommen bei Staubfeuerungen.

Gehen wir nun zu den Eigenschaften der verschiedenen Ruhrkohlenarten über. Bekanntlich liefert das Ruhrgebiet Steinkohlen aller Gattungen, die nach alter Gewohnheit nach ihrem Gasgehalt eingeteilt werden, was gleichbedeutend ist mit ihrem Alter in dem Sinne, daß die gasarmen, mageren Steinkohlen die ältesten, die gasreichsten die jüngsten sind. Der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen beträgt bei Anthrazit- bzw. Magerkohlen 6—11%, bei Eßkohle 12—18%, Fettkohle 19—27%, Gas- und Gasflammkohle 28—38%. Nach dem Gasgehalt richtet sich Zündpunkt, Brennzeit, Flammenlänge, Verhalten des Brennstoffes im Feuer und Verhalten des Koks.

Die Magerkohle und der Anthrazit, an Heizwert die wertvollsten Kohlen, brennen langsam mit kurzer Flamme. Die geringere Brenngeschwindigkeit dieser Kohlenarten läßt sich durch starken Schornsteinzug bzw. durch Anwendung von Unterwind erhöhen. Der große Vorteil derselben ist die vollkommen rauchlose Verbrennung und daher die Vermeidung von Verlusten durch Rauch- und Rußentwicklung. Sie können auch vorteilhaft zur Magerung gasreicher Kohlen verwandt werden, um die bei diesen auftretende Rauchentwicklung zu mildern oder gar ganz zu beseitigen. Während es bis vor kurzem sehr schwer war, Magerkohle und Anthrazit auf Wanderrosten zu verfeuern, ist dieses Problem in neuerer Zeit gelöst worden. Es ist zur Zeit möglich, diese Kohlenarten in der für Wanderroste in Frage kommenden Körnung mit annähernd gleichem Wirkungsgrad wie gasreiche Kohle und mit gegen früher bedeutend erhöhter Leistung zu verbrennen.

Die Eßkohlen brennen wegen ihres höheren Gehalts an flüchtigen Bestandteilen schneller mit etwas längerer Flamme, jedoch noch praktisch rauchfrei. Sie werden daher mit Vorliebe dort verwandt, wo Rauchbelästigung vermieden werden muß.

Die Fettkohlen sind die besten Kesselkohlen. Sie brennen lebhaft mit ziemlich langer Flamme und ermöglichen bei gutem Schornsteinzug große Leistungen der Kessel. Sie sind daher besonders geeignet als Lokomotiv- und Schiffskohlen.

Die Gas- und Gasflammkohle eignet sich ebenfalls sehr gut für die Dampfkesselfeuerung. Wegen ihres hohen Gasgehalts kann die Wärmeentwicklung bei ihnen plötzlich sehr stark gesteigert werden, und es lassen sich daher leicht große Leistungen mit ihnen erzielen. Feuerungen, die mit Gas- und Gasflammkohle betrieben werden, sind daher sehr anpassungsfähig. Ihre etwas stärkere Rauchentwicklung kann durch Zumischung von Magerkohle beseitigt oder gemildert werden.

Die Kohlenmischung gewinnt in den Betrieben in letzter Zeit immer größere Bedeutung, zumal wenn außer technischen auch noch wirtschaftliche Vorteile erzielt werden sollen.

Die Zahlentafel zeigt den großen Unterschied im Wärmepreis bei den verschiedenen Kohlensorten aus dem Ruhrgebiet. Durch Zumischung von billigen, jedoch an sich hochwertigen Kohlensorten, können daher im Betriebe große wirtschaftliche Vorteile erzielt werden, so z. B. durch die Zumischung billiger Feinkohle zu andern Kohlensorten. Neuerdings bürgert sich für den Wanderrost immer mehr die Feinkohle ein, worauf natürlich in der Wahl der Roststäbe und der Weite der Rostspalten Rücksicht genommen werden muß. Etwa mangelnde Zugstärke kann durch Anwendung von Unterwind behoben werden.

Für Verbrauchsstellen, bei denen der Kohlenpreis mit großen Frachtkosten belastet ist, kommt natürlich vorzugsweise Kohle mit hohem Heizwert, in erster Linie also Nußkohle, in Betracht. In der Nähe des Ruhrkohlengebietes wird man dagegen aus wirtschaftlichen Gründen vielfach zur Verfeuerung auch der weniger hochwertigen Kohlensorten übergehen können.

Die neuere Feuerungstechnik trägt der Verschiedenheit der Kohlenarten und -sorten weitgehend Rechnung durch Anpassung

der Bauart des Rostes, Auswahl der Roststäbe, Bemessung der Rostspalten, Anwendung von Unterwind und künstlichem Zug, Größe und Bauart der Zündgewölbe, Höhe des Feuerraums. Die Wurff Feuerungen sind zu großer Vollkommenheit entwickelt und gestatten durch Anwendung verschiedener Wurfweiten die Anpassung an Kohlen verschiedenster Körnung. Der Nachteil niedriger Feuertüren, wodurch die Bedienung des Feuers bei Handbeschickung (bei auftretenden Störungen) erschwert wurde, ist neuerdings dadurch beseitigt, daß man die Wurfschaufel als Feuertür ausgebildet hat. Bei den Wanderrosten hat sich mit der Zeit eine gewisse Normalbauart entwickelt, jedoch zeigen sich in den Einzelausführungen noch manche Verschiedenheiten. Bemerkenswert ist das Bestreben, durch besondere Bauart oder Hilfseinrichtungen die Reinigung der aus dem Feuer tretenden Roststäbe zu bewirken. Die Zündgewölbe zeigen je nach der verfeuerten Kohlenart sehr große Verschiedenheiten. Bei gashaltigen Kohlen wählt man nur noch ganz kurze Zündgewölbe, die sehr hoch (bis 2,5 m) über dem Rost liegen. Die Feuerräume werden bei gashaltigen Kohlen nach amerikanischem Muster bis zu 4 m hoch gebaut, während bei gasarmen Kohlen etwa 1,6 m genügen. Die Anwendung des Unterwindes ist sowohl bei Handfeuerung als auch bei mechanischer Feuerung heute weit verbreitet und ermöglicht die wirtschaftliche Verbrennung von Kohle, die früher nicht möglich war, z. B. der Magerkohle und der Abfallstoffe der Kohlenaufbereitung. Durch alle diese Maßnahmen ist es also möglich, sich je nach den Verhältnissen den verschiedenen Kohlenarten und -sorten anzupassen und dadurch seinen Betrieb wirtschaftlich zu gestalten. Die bereits oben erwähnten großen Fortschritte im Bau der Wanderroste haben die Verwendungsmöglichkeit dieses Rostes auch für magere Brennstoffe wesentlich erweitert. Ist es doch gelungen, unter sinnge- mäßer Durchbildung und feiner Einstellungsmöglichkeit der Unterwindzuführung magere Brennstoffe auf dem Wanderrost mit kurzem Zündgewölbe mit guter Leistung und Ausnutzung zu verbrennen. Auch die Stokerfeuerungen gewinnen in neuerer Zeit in Deutschland immer mehr Eingang. Bei ihnen sind die verbrennungstechnischen Vorgänge besonders günstig, allerdings sind sie von der Kohlenbeschaffenheit in stärkerem Maße abhängig als der Wanderrost

Bei der

Auswahl des Brennstoffes

wird der Kesselbesitzer demjenigen Brennstoff den Vorzug geben, der die meisten technischen und wirtschaftlichen Vorteile bietet und ihm die größte Anpassung an den Betrieb ermöglicht.

Die Ausführungen dürften gezeigt haben, daß die Ruhrkohle wegen ihrer Mannigfaltigkeit die meisten Bedingungen, die der Betrieb an die Eigenschaften der Kohle stellen muß, erfüllt. Die große Zahl der Kohlenarten und -sorten in ihrer Gliederung nach chemischer Zusammensetzung, Koksausbeute, flüchtigen Bestandteilen, Heizwert und Korngröße, machen es den Kesselbesitzern leichter als bei jeder anderen Kohle, die geeignete Auswahl zu treffen. Bei Flammrohrkesselanlagen mit schwachem Betrieb wird man die billige Förderkohle oder Magerfeinkohle wählen, bei starkem Betrieb Fettförderkohle, Gasflammförderkohle oder Fett- und Gasflammnüsse, zur Verminderung der Rauchentwicklung u. U. vermischt mit Magerkohlen. Bei mechanischen Feuerungen, bei denen die Rauchentwicklung sich leicht vermeiden läßt, braucht dieser Gesichtspunkt weniger beachtet zu werden. Bei schwachem Betriebe wird man Magerkohlen mit geringer Brenngeschwindigkeit, bei starkem Betriebe Fettkohlen und Gasflammkohlen bevorzugen. Wurffeuerungen beanspruchen im allgemeinen Kohlen von gleichmäßiger Korngröße; bei Wanderrostfeuerungen können auch Feinkohlen vorteilhaft verwertet werden.

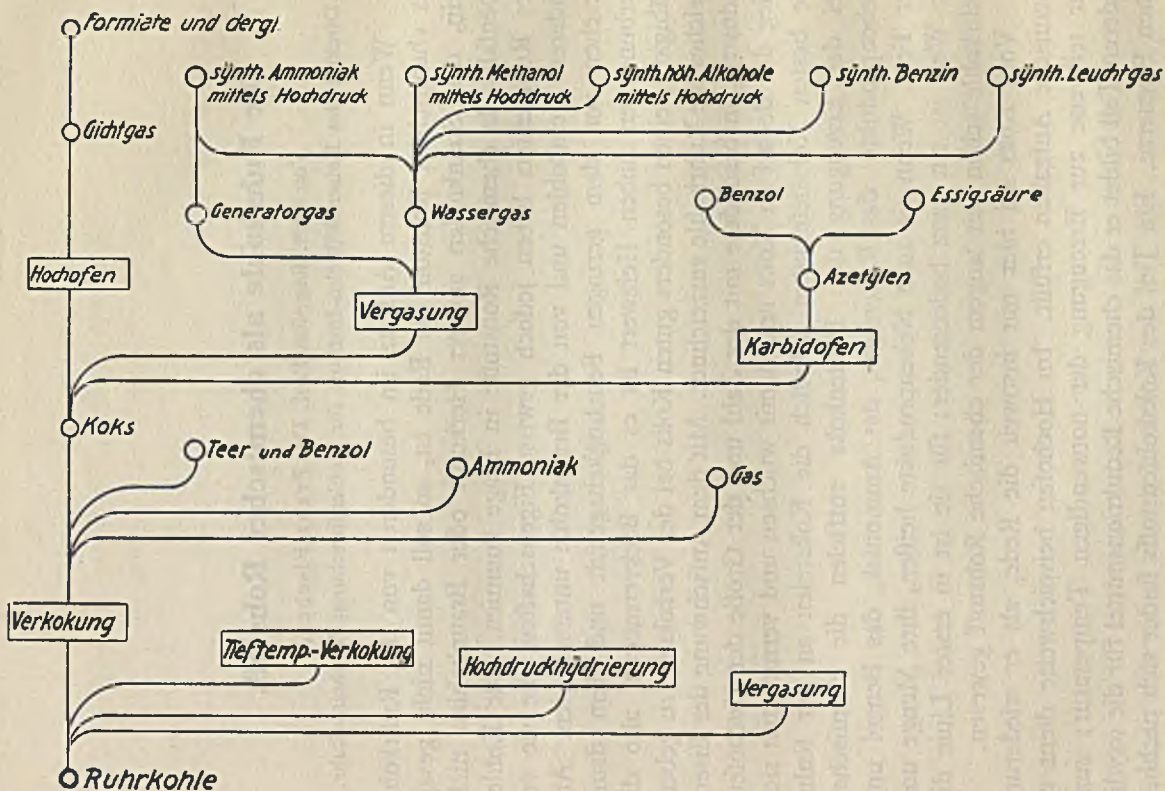
Die Ruhrkohle als chemischer Rohstoff.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Franz Fischer,

Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung, Mülheim-Ruhr.

Wenn in diesem Aufsatz im besonderen von der Ruhrkohle als chemischem Rohstoff die Rede ist, so soll damit nicht gesagt sein, daß Steinkohlen anderer Herkunft oder Braunkohlen nicht ebenfalls als chemische Rohstoffe in Frage kommen. Die Kohlen des Ruhrgebiets haben jedoch gewisse Eigenschaften, die sie vor anderen Steinkohlen und von der Braunkohle unterscheiden. Abgesehen von dem geringen Feuchtigkeitsgehalt und dem damit verbundenen hohen Heizwert ist es das Bäckvermögen, also die Fähigkeit, einen besonders guten Koks bei der Verkokung zu geben, welches die Ruhrkohle auszeichnet. Mit dem Aufschwung der Eisenindustrie, insbesondere mit der Zahl und der Größe der Hochöfen, stieg der Bedarf an Koks und damit wuchsen und vermehrten sich die besten Kokslieferanten, nämlich die Kokereien an der Ruhr. Bei der Erzeugung des Hüttenkoks entfielen die chemischen Nebenprodukte: das Kokereigas, das Ammoniak, das Benzol und der Teer. Wenn sie auch Nebenprodukte heißen, ihre Menge und ihr Wert ist ein ganz bedeutender; für sie ist in erster Linie die Ruhrkohle schon seit langem der chemische Rohstoff gewesen.

Vom Koks sei hier nur insoweit die Rede, als er wiederum chemische Aufgaben erfüllt. Im Hochofen beispielsweise dient er nur teilweise zur Erzeugung der notwendigen Temperatur; zum anderen Teil bildet er das chemische Reduktionsmittel für die oxydischen Eisenerze. Ein Teil des Kokskohlenstoffs findet sich nachher im Roheisen, weitaus die größte Menge aber als Kohlenoxyd im Gichtgas. Zwar wird heute in den fortgeschritteneren Industrieländern das Gichtgas zur Wärme- oder Krafterzeugung, soweit es



geht, benutzt. Aber Zeiten mögen kommen, in denen das Hochofengichtgas seines Kohlenoxydgehaltes wegen vorteilhafter als chemischer Rohstoff Verwendung findet und wo man es in seinen bisherigen Verwendungszwecken durch Kohlenstaubfeuerung direkt oder auf dem Wege über Hochdruckkessel und Dampfmaschinen oder Dampfturbinen ersetzen wird. Wenn man eine Art von Stamm-
baum aufstellt, der durch seine Äste und Zweige die aus Kohle gewonnenen chemischen Produkte darstellen soll, so ist, wie aus nebenstehender Abbildung ersichtlich, der weitaus stärkste Ast derjenige, der über die Verkokung zu den Produkten des Koksofens führt und der stärkste Nebenast derjenige des Koksens und damit auch des Gichtgases.

Die Verwendung des Koksens für chemische Zwecke ist mit seiner Benutzung als Reduktions- und Kohlungsmittel in der Eisen- und in der sonstigen Metallindustrie nicht erschöpft. Die Herstellung von Kalziumkarbid ist ein wichtiges Anwendungsgebiet für ihn. Vom Kalziumkarbid führt der Weg weiter zum Kalkstickstoff, einem wertvollen künstlichen Düngemittel, oder zum Azetylen, welches wiederum die Quelle für weitere chemische Produkte ist; es sei nur an die Essigsäure erinnert. Auch die Herstellung von synthetischem Benzol würde an das Azetylen angeschlossen werden können, wenn nicht der zu hohe Preis des Kalziumkarbids diese Synthese einstweilen wirtschaftlich unmöglich machte.

Eine große Bedeutung hatte der Ruhrkoks und damit seine Muttersubstanz, die Ruhrkohle, für die Herstellung von Wassergas und Generatorgas, Gase, die in Oppau und in noch viel größerem Maßstabe in den Leuna-Werken zur Herstellung von synthetischem Ammoniak benutzt werden. Wenn man auch in den Leuna-Werken aus frachtlichen und anderen Gründen damit beschäftigt ist, den Ruhrkoks durch Braunkohlenhalbkoks für diese beiden Arten der Gaserzeugung zu ersetzen, so darf doch an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß die Fabrikation der ungeheuren Mengen von synthetischem Ammoniak, die in den Leuna-Werken erzeugt wurden, auf den Vergasungsprodukten des aus Ruhrkohlen hergestellten Ruhrkoksens aufgebaut war. Das Generatorgas lieferte den Stickstoff und das Wassergas den noch fehlenden Wasserstoff für die Ammoniaksynthese.

Das Wassergas bildet das Rohmaterial für die Hochdrucksynthese des Methylalkohols und der höhersiedenden Alkohole, die unter dem Namen Synthol zusammengefaßt werden. Schließlich kann das Kokswassergas auch den Wasserstoff für die Hochdruckhydrierung der Kohle nach Bergius und für die Normaldrucksynthese von Benzin und Erdöl nach Franz Fischer und Tropsch liefern, wenn es nur wohlfeil genug sich herstellen läßt. Denn man muß sich darüber klar sein, daß das Ausgangsmaterial für die synthetischen Benzinarten sehr billig sein muß, wenn sie an den kleinen im Lande verteilten Pumpen zu einem Preis zwischen 25 und 30 Pfennig verkauft werden sollen. Steckt doch in dem Kleinverkaufspreis, wie mir von verschiedenen Seiten versichert wurde, ein Betrag von 10 bis 15 Pfennig allein für die sogenannte „Distribution“. Ist das Wassergas einmal wirklich zu einem sehr niedrigen Preise zu erhalten, dann eröffnet sich auch die Möglichkeit, es auf katalytischem Wege in synthetisches Leuchtgas entweder allein oder in Verbindung mit der Benzinsynthese umzuwandeln, etwaige Koksüberschüsse also in solchen Formen zu versenden und zu verkaufen.

Die Ruhrkohle ist nicht nur der Ausgangsstoff für den weitaus größten Teil des in Deutschland produzierten Zechenkokes; aus ihr stammen gleichzeitig auch die größten Mengen unseres Kokereiteeres, des Benzols, Kokereiammoniaks und des Kokereigases.

Was zunächst den Kokereiteer und das Benzol angeht, so kann ich mich darauf beschränken, die große Bedeutung hervorzuheben, die er für die Industrie der Farbstoffe, der Heilmittel und Sprengstoffe schon lange hat. Man ist bestrebt, den Kokereiteer auch noch durch Hydrieren unter Druck nach Bergius in leichtsiedende Kohlenwasserstoffe umzuwandeln, um auf diesem Wege den Bedarf an einheimischen leichten Motorenbetriebsstoffen decken zu helfen. Nicht vergessen sei, daß es schon vor Jahren gelungen ist, aus dem festen Naphthalin durch katalytische Hydrierung das flüssige Tetralin herzustellen.

Die Bedeutung des Kokereiammoniaks für die Düngemittelindustrie und zur Herstellung von Salpetersäure ist nach wie vor groß, wenn auch heute durch die Erfolge der Ammoniaksynthese mehr Ammoniak auf letzterem Wege durch die I.-G. Farbenindustrie

A.-G. erzeugt wird als von seiten der Kokereien. Aber die Industrie der Ruhrkohle ist energisch dabei, da die Produktion an Kokereiammoniak nur mit dem gleichzeitigen Anwachsen der Kokereindustrie wesentlich gesteigert werden könnte, nun ebenfalls die Herstellung von synthetischem Ammoniak in die Hand zu nehmen. Das Rohmaterial dazu hat sie.

Das Kokereigas mit seinem teils aus der Kohle, teils von unvermeidbaren Undichtigkeiten der Öfen herrührenden nicht unbeträchtlichen Stickstoffgehalt läßt sich nämlich beispielsweise durch Ausfrieren des Methans und mittels einiger anderer Korrekturen leicht in ein Gas verwandeln, in welchem Stickstoff und Wasserstoff in dem Verhältnis enthalten sind, wie sie für die Ammoniaksynthese benötigt werden. Da das Kokereigas, wie man aus den Bestrebungen der Gasfernversorgung weiß, im Ruhrgebiet im Überfluß vorhanden ist bzw. verfügbar gemacht werden kann, so macht es keine Schwierigkeit, die auf der Ruhrkohle basierende Ammoniakproduktion mittels der Synthese wieder ganz beträchtlich zu steigern. Das beim Ausfrieren des Methans ebenfalls gewinnbare Äthylen wird hoffentlich die Möglichkeit bilden, durch Polymerisation mit Borfluorid auch die hochwertigsten Schmieröle auf dem Wege über die Kohle herzustellen.

Auch für die Herstellung synthetischer Petroleumprodukte nach dem Verfahren von Franz Fischer und Hans Tropsch kann das Kokereigas mit Vorteil herangezogen werden. Im Prinzip ist dazu nur notwendig, es durch Zumischung von Dampf und durch Überleiten über kobalthaltiges Katalysatormaterial in der Hitze zu verändern, dergestalt, daß aus dem Methan Kohlenoxyd und Wasserstoff entstehen. Ähnliches könnte man selbstverständlich auch mit dem erwähnten ausgefrorenen Methan machen, um so die Herstellung von synthetischem Ammoniak und synthetischem Benzin zu kombinieren. Derartige Kombinationsmöglichkeiten gibt es übrigens noch mehrere. Schließlich besteht natürlich auch die Möglichkeit, Kokereigas zuerst nach obiger Art umzuwandeln und hierauf das in ihm enthaltene Kohlenoxyd bei niedrigerer Temperatur mit Wasserdampf in Kohlensäure und Wasserstoff umzusetzen. Nach Auswaschung der Kohlensäure ist man dann zu einem so-

hochprozentigen Wasserstoff gelangt, daß er zu der Hochdruckhydrierung der Kohle nach Bergius benutzt werden kann.

Alle bisher beschriebenen Prozesse sind letzten Endes auf der üblichen Verkokung der Ruhrkohle aufgebaut. Es gibt jedoch noch eine Reihe anderer Möglichkeiten, die Ruhrkohle als chemischen Rohstoff heranzuziehen, die sich mehr oder weniger in Entwicklung befinden und ihrer Tragweite wegen nicht übergangen werden dürfen.

Zunächst ist hier die Tieftemperaturverkokung zu nennen, deren Hauptprodukt, mengenmäßig betrachtet, der Halbkoks, d. h. rauchlose Kohle sein muß, eine Kohle, die zwar noch mit Flamme, aber ohne jegliche Rauchentwicklung brennt. Mit dem Zechenkoks hat der Halbkoks die Unmöglichkeit einer Rauchentwicklung gemein, mit der Kohle aber die Leichtentzündbarkeit und eine, wenn auch rauchlose Flamme. Eine erfolgreich arbeitende Anlage befindet sich bereits im Ruhrgebiet. Ein besonderer Vorzug der Tieftemperaturverkokung ist die hohe Ausbeute an Urteer, die bei Gasflammkohlen den Betrag von 10—12% erreicht; daneben wird Benzin und hochwertiges Gas gewonnen. Der Urteer der Gasflammkohle ist reich an höheren Phenolen, die mittleren Fraktionen enthalten 40—50% davon und diese Phenole lassen sich auf relativ einfachem Wege in Benzol und Toluol umwandeln, ein Prozeß, der nicht ohne Bedeutung für unsere Benzolproduktion ist, solange die Wissenschaft uns noch keine der Benzinsynthese analoge, vor allem aber genügend billige Benzolsynthese gebracht hat.

Während, wie erwähnt, eine große Anlage zur Durchführung der Tieftemperaturverkokung bereits seit mehr als Jahresfrist in Betrieb ist, ist man im Begriff, eine Anlage zur Hochdruckhydrierung von Kohle nach Bergius zu erbauen. Die Hochdruckhydrierung der Kohle nach Bergius, die bis jetzt auf Braunkohle angewendet, von seiten der I.-G. Farbenindustrie A.-G. auf dem Werk in Leuna in die Praxis umgesetzt ist, soll nun auch auf die Ruhrkohlen Anwendung finden und Öl und Benzin liefern. Hervorgehoben sei nur, daß dabei im Gegensatz zu der Tieftemperaturverkokung etwa 40% vom Gewicht der Kohlen an Öl und Benzin erwartet werden.

Schließlich sei noch der direkten Vergasung der Kohle gedacht. Ebenso wie beim Koks kann sie Generatorgas oder Wassergas liefern, nur daß diesem Gase noch die Destillationsgase der Kohle beigemischt sind. Über die chemische Weiterverwendung gilt im wesentlichen das gleiche, wie das, was für die aus Koks gewonnenen Vergasungsprodukte gesagt wurde. Ein Gas, das dem mit Destillationsgas vermengten Wassergas aus Kohle verwandt ist, ließe sich an und für sich auch gewinnen, wenn man Wasserdampf während oder nach der üblichen Verkokung mit dem glühenden Koks zusammenbringen könnte. Ein derartiges Verfahren wird aber anscheinend nicht ausgeübt, wahrscheinlich bestehen irgendwelche schwerwiegende Bedenken dagegen.

Überblicken wir die gegebene Darstellung, so sehen wir, daß einstweilen die direkte oder indirekte Verwendung der Ruhrkohlen als chemischer Rohstoff weitaus in der Hauptsache auf der Verkokung aufgebaut ist. Aber die Zahl neuer Möglichkeiten wächst von Jahr zu Jahr. Vor 20 Jahren hätte gar mancher, nicht nur im Ruhrgebiet, zum mindesten die Achseln gezuckt, wenn man ihm die Möglichkeiten angedeutet hätte, die heute inzwischen schon eingeführt oder doch bewiesen sind. Und was wird in abermals 20 Jahren sein?

Eines aber wird für die Zukunft aller dieser Dinge Voraussetzung bleiben, nämlich die Beschaffung von billigem Wasserstoff, sei es von solchem allein oder von solchem im Gemisch mit Kohlenoxyd oder anderen Gasen. Auf die Beschaffung wohlfeiler Gase sollte daher in den nächsten Jahren die Aufmerksamkeit der Männer sich richten, die auf dem Gebiete der Gaserzeugung führend sind; denn sie werden die Schrittmacher der beginnenden Entwicklung sein.

Der Ruhr-Zechenkoks im Hüttenbetrieb.

Von Dr.-Ing. P. Bardenheuer, Düsseldorf.

Der Ruhr-Zechenkoks oder auch der „Westfälische Koks“ steht wegen seiner vorzüglichen Beschaffenheit, die ihn besonders zur Durchführung metallurgischer Prozesse geeignet macht, bis über Deutschlands Grenzen hinaus in bestem Ruf. Die gewaltige Entwicklung, welche die Kokserzeugung im Ruhrgebiet zu verzeichnen hat, ist der beste Beweis für die Güte des Erzeugnisses. Nicht zum wenigsten hat auch die ausgezeichnete Grundlage, die im Ruhrgebiet in dem großen Reichtum guter Kokskohle vorhanden ist, zu der riesenhaften Entfaltung der Eisenindustrie in diesem Gebiet beigetragen. Wenn vom Ruhrgebiet, das nennenswerte Lager von Eisenerz nicht aufzuweisen hat, allgemein gesagt wird: „Das Eisen ist zur Kohle gekommen“, so müßte dies richtiger heißen: „Das Eisen ist zum Koks gekommen“, weil bei der Eisen- und Stahlerzeugung vom Erz bis zum Fertigerzeugnis des Walzwerks die weitaus größte Brennstoffmenge vom Hochofen, und zwar in Form von Koks verbraucht wird. Die Güte des Ruhr-Zechenkoks war hier nach zweifellos eine der wichtigsten Grundlagen dafür, daß an der Ruhr das größte und bedeutendste Industriegebiet Europas aufblühen konnte.

Die Entwicklung der Steinkohlenverkokung.

Die Geschichte der Steinkohlenverkokung ist von jeher mit derjenigen der Eisenerzeugung auf das engste verknüpft. Der Eisenerzhochofen war es, der den ersten Anlaß zur Verkokung von Steinkohlen gegeben hat, und es war eine ganz natürliche Entwicklung, daß die Kokserzeugung mit der Eisenerzeugung ungefähr im gleichen Schritt genommen hat.

Seit den ersten Anfängen der Eisenherstellung ist dazu als Brennstoff und Reduktionsmittel Holzkohle verwendet worden. Als mit dem Aufblühen der Eisenerzeugung in den industriereichen Gegenden sich ernste Anzeichen dafür bemerkbar machten, daß der wachsende Bedarf an Holzkohle aus den erreichbaren Wäldern in absehbarer Zeit nicht mehr gedeckt werden konnte, wurde die Frage der Steinkohlenverkokung brennend. Die Industriegegenden des waldarmen Englands wurden zuerst von dem Mangel an einem geeigneten Brennstoff für den Hochofen betroffen, und es ist nicht zu verwundern, daß man hier, wo man in der Verwendung von Steinkohlen schon Erfahrung hatte, die ersten Verkokungsversuche mit Steinkohlen gemacht hat. So wurden gegen Ende des 16. und zu Anfang des 17. Jahrhunderts in England zahlreiche Patente über das Verkoken bzw. Abschwefeln von Steinkohlen erteilt. Im Jahre 1619 ließ sich Dud Dudley ein Verfahren zur Verwendung von Koks bei der Roheisenerzeugung schützen und konnte auch 1621 3 t Roheisen in der Woche mit Koks erblasen.¹⁾ Hauptsächlich wegen eingetretener Mißerfolge kam das Verfahren zum Stillstand, bis es Abraham Darby im Jahre 1735 gelang, erfolgreich und dauernd allein mit Koks Roheisen zu erschmelzen¹⁾. Von jetzt ab nahm die Verwendung von Koks zur Roheisenerzeugung in England rasch zu. Im Jahre 1806 wurden von den 161 Hochöfen in England nur noch zwei mit Holzkohle betrieben, von denen der letzte 1829 (in Sussex) ausgeblasen wurde²⁾.

Dieser Fortschritt in der englischen Eisenerzeugung fand in Deutschland nur sehr langsam Eingang, vielleicht nur aus dem Grunde, weil der Mangel an Holzkohle sich hier noch nicht so stark fühlbar machte wie in England. Der erste deutsche Koks wurde im Jahre 1765 in Sulzbach im Saargebiet hergestellt und in dem dortigen Eisenhochofen verwendet. Zwei Jahre später wurde dieser Ofen ausschließlich mit Koks betrieben. Seit 1824 wurde Saarkoks auf der Saynerhütte und seit 1825 auf den de Wendelschen Werken zu Hayingen zur Roheisenerzeugung regelmäßig benutzt. In Ober-

¹⁾ F. Simmersbach: Die Koksfabrikation im Oberbergamtsbezirk Dortmund, Berlin 1887, bei Ernst u. Korn.

²⁾ L. Beck: Die Geschichte des Eisens, Bd. IV, Braunschweig 1897, bei Friedr. Vieweg und Sohn.

schlesien erblickt der Graf von Reden im Jahre 1789 auf dem Preußischen Hüttenwerk zu Malapane in einem Holzkohlenhochofen das erste Roheisen nur mit Koks. Der erste in Deutschland für den Betrieb mit Koks eigens erbaute Hochofen wurde 1796 in der Nähe von Gleiwitz in Betrieb genommen. In Oberschlesien machte die Umstellung auf Koks im Hochofenbetrieb rasche Fortschritte; um die Jahrhundertwende wurden 6 Hochöfen mit Koks betrieben, im Jahre 1836 waren 11 und 1847 18 Kokshochöfen mit einer Roheisenerzeugung von jährlich 13050 t in Schlesien vorhanden²⁾.

Die Kokerzeugung im Ruhrgebiet.

Im Ruhrkohlengebiet wurde, obwohl dasselbe die größten Vorräte an vorzüglicher Kokskohle besitzt, erst verhältnismäßig spät Koks hergestellt und zur Eisenerzeugung verwendet. Hier soll im Jahre 1789 auf Gruben bei Witten unter der Leitung des Bürgermeisters Engels Koks gebrannt und an die Hütten im Siegerland abgesetzt worden sein³⁾. Nach einer weiteren Mitteilung¹⁾ sind im Jahre 1790 auf der Gutehoffnungshütte und etwas später auf der Antony-Hütte bei Sterkrade Versuche mit Ruhrkoks im Hochofen angestellt worden, allerdings in beiden Fällen mit ungünstigen Ergebnissen. Nach amtlichen Aufzeichnungen haben Siegerländer Metallhütten von 1820 ab von Werken bei Witten regelmäßig Koks bezogen¹⁾. Der erste Kokshochofen im Ruhrgebiet kam im Jahre 1850 auf der Friedrich-Wilhelm-Hütte zu Mülheim-Ruhr in Betrieb, ihm folgte in rascher Folge der Bau weiterer Öfen in Borbeck 1851, in Hochdahl und in Hoerde 1852, auf der Niederrheinischen Hütte in Duisburg-Hochfeld 1853, in Laar bei Ruhrort 1854⁴⁾. Seitdem wurden in Deutschland nur noch Kokshochöfen gebaut.

Das Eisen aus dem Kokshochofen war nur in den wenigsten Fällen dazu geeignet, unmittelbar Gußstücke daraus herzustellen; es ergab sich die Notwendigkeit, dasselbe umzuschmelzen. Dazu

³⁾ Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Herausgegeben vom Verein für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund in Gemeinschaft mit der Westf. Gewerkschaftskasse und dem Rheinisch-Westfälischen Kohlen-Syndikat, Bd. 9, Berlin 1905, bei Julius Springer.

⁴⁾ F. Lürmann, St. u. E. 16 (1896), S. 801/18.

wurde von dem Engländer John Wilkinson ein Schachtofen, der Kupolofen oder Kuppelofen; eingeführt, in dem das Eisen in abwechselnden Lagen mit Koks heruntergeschmolzen wird. Der Kuppelofen hat sich seitdem in den Eisengießereien erhalten; er ist der größte Abnehmer an Gießereikoks geworden.

Wenn auch im Ruhrgebiet, besonders in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, die Verwendung von Koks im Eisenhochofen nur sehr langsame Fortschritte machte, so waren doch andere Umstände für die Entwicklung der Kokerei günstig, weil die Vorzüge der Koksfeuerung wegen des Fehlens der Rauchentwicklung und der Flamme für manche Feuerungen sehr willkommen waren. Einen starken Aufschwung nahm die Koksherstellung seit der Einführung der Eisenbahn in Deutschland vom Jahre 1835 ab, da damals die Heizung der Lokomotiven mit Koks erfolgte. So wurden im Jahre 1850 noch 90% des erzeugten Koks zur Lokomotivheizung benutzt. Im Ruhrgebiet hatte man beachtenswerte Erfahrungen in der Koksherstellung gemacht und die dazu benutzten Öfen schon weit entwickelt, als dort die ersten Kokshochöfen in Betrieb genommen wurden.

Die Verkokung erfolgte anfangs ausschließlich in offenen Meilern unter Verwendung von Stückkohlen. Die ersten geschlossenen Öfen, in denen auch Feinkohle verkocht werden konnte, errichtete die Firma Franz Haniel auf Zeche Schölerpad bei Essen im Jahre 1836. Die offenen Koksöfen wurden später verboten, der letzte kam 1869 außer Betrieb. Über die Entwicklung der Kokerei im Oberbergamtsbezirk Dortmund von 1850 bis 1900 gibt die nachstehende Tabelle Aufschluß.

Jahr	Produktion t	Zahl der Öfen
1850	73 112	448
1855	224 187	559
1860	197 588	—
1865	188 457	642
1870	341 033	1 232
1875	585 460	1 971
1880	1 291 130	3 100
1885	2 341 618	4 906

Jahr	Produktion t	Zahl der Öfen
1890	3 727 075	5 641
1895	4 989 742	7 026
1900	9 102 486	9 948

Der Rückgang der Kokserzeugung in den 60er Jahren ist auf die Einführung von Steinkohlenfeuerung in den Lokomotiven zurückzuführen; nach dieser Zeit ist der Verbrauch der Kokshochöfen für die Entwicklung der Kokerei im Ruhrgebiet maßgebend.

Aus einem Vergleich dieser Zahlen mit den zu der gleichen Zeit im Saargebiet erzeugten Koksmengen geht hervor, daß das ältere Kokserzeugungsgebiet an der Saar einen Vorsprung bis etwa 1870 aufzuweisen hatte und von hier ab vom Ruhrgebiet schnell überholt wurde.

Kokserzeugung im Saargebiet¹⁾.

1850	69 000 t
1860	313 000 t
1870	377 000 t
1880	510 100 t
1883	598 500 t
1885/86	578 615 t

Die Kokserzeugung ist in der folgenden Zeit im Saargebiet stark zurückgegangen; im Jahre 1926 betrug sie nur 255 000 t.

Der Aufschwung der Kokserzeugung im Ruhrgebiet geht am deutlichsten aus dem prozentualen Anteil an der gesamten deutschen Kokserzeugung (einschließlich Saargebiet) hervor:

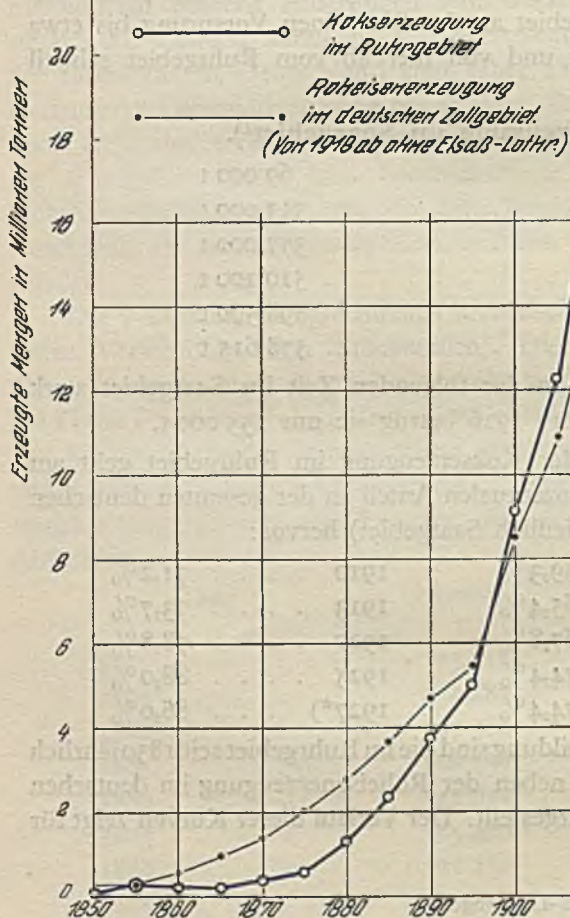
1885 59,3 %	1910 71,2 %
1890 65,4 %	1913 73,7 %
1895 67,8 %	1920 78,8 %
1900 74,4 %	1925 88,0 %
1905 74,4 %	1927*) 86,0 %

In umstehender Abbildung sind die im Ruhrgebiet seit 1850 jährlich erzeugten Koksmengen neben der Roheisenerzeugung im deutschen Zollgebiet**) bildlich dargestellt. Der Verlauf dieser Kurven zeigt für

*) erstes Halbjahr.

**) Von 1918 ab ohne Elsaß-Lothringen.

*Die Hoheisenzeugung
im Ruhrgebiet und die deutsche
Roheisenherzeugung
seit 1850.*



die Zeit bis zum Jahre 1918 den unverkennbaren Zusammenhang zwischen der Ruhrkokserzeugung und dem in Deutschland erblasenen Roheisen. Der Verlust eines großen Teiles der eisenerzeugenden Gebiete durch das Versailler Diktat läßt die Kurve der Eisenerzeugung zwar erheblich tiefer unter die der Ruhrkokserzeugung absinken, zeigt aber durch den gleichen Verlauf, wie eng die beiden Industrien miteinander verknüpft sind.

Im Jahre 1927 wurden nach der Mitteilung des Rheinisch-Westfälischen Kohlen-Syndikates insgesamt 20 975 044 t Hochofen- und Gießereikoks, das sind 78,63% des Gesamtabsatzes (ohne Zechenselbstverbrauch), erzeugt. Diese Menge verteilt sich auf Hochofen- und Gießereikoks sowie auf den Verbrauch im Inland und im Ausland wie folgt:

	Hochofenkoks	Gießereikoks	Summe
	t	t	t
Inland	11 991 122	1 843 566	13 834 688
Ausland	6 778 806	361 550	7 140 356
Gesamtabsatz	18 769 928	2 205 116	20 975 044

Hiervon entfällt auf den Werksselbstverbrauch:

	Hochofenkoks	Gießereikoks	Summe
	t	t	t
Inland	10 851 350	664 221	11 515 571
Ausland	904 209	3 061	907 270
Ges. Selbstverbrauch	11 755 559	667 282	12 422 841

Die im Jahre 1927 im Inland abgesetzte Menge von rheinisch-westfälischem Hochofenkoks würde bei einem mittleren Koksverbrauch von 920 kg je t Roheisen ausgereicht haben, die gesamte in Deutschland 1927 erzeugte Menge Roheisen von 13 102 528 t zu erblasen. Es ist bemerkenswert, daß vom gesamten Inlandsabsatz an Hochofenkoks mehr als 90% von den mit den Zechen verbundenen Hüttenwerken selbst verbraucht werden; vom Gießereikoks sind dies nur 36%. Von der gesamten auf den Selbstverbrauch entfallenden Koksmenge werden 86,76% für metallurgische Zwecke verwendet.

Am Inlandsabsatz des Ruhrkoks einschließlich Werksselbstverbrauch haben die einzelnen Verbraucherguppen folgenden Anteil:

Staats- und Privatbahnen	0,12%
Gas- und Wasserwerke	0,10%
Elektrizitätswerke	0,06%
Hausbrand, Landwirtschaft, Kleingewerbe .	18,47%
Chemische Industrie	8,66%
Stein-, Kohle- und Schamotteindustrie . . .	2,50%
Textilindustrie	0,29%
Erzgewinnung, Eisen- und Metallerzeugung und -verarbeitung	67,39%
Zuckerfabriken, Brennerien, Brauereien, Nahrungsmittel- und Kalisalzwerke . . .	0,74%
Sonstige Industrie	1,67%
	<hr/> 100,00%

Etwa zwei Drittel des gesamten Inlandsabsatzes entfällt hiernach auf den Verbrauch für Gewinnung und Verarbeitung der Metalle.

Aus dieser Aufteilung der Ruhrkokserzeugung des vergangenen Jahres geht also mit aller Deutlichkeit hervor, daß der überragend größte Anteil des Verbrauchs an Ruhrkoks auf den Hochofen und die Gießerei entfällt; der Anteil der übrigen Verbraucherguppen ist zum Teil verschwindend klein.

Der Ruhrkoks als Hochofenkoks.

Über den Ruhrkoks als Hochofenkoks im Vergleich zu anderen deutschen Kokssorten äußerte sich H. Wedding⁵⁾ im Jahre 1890 in einem Vortrag zu Pittsburg wie folgt:

„Leider sind nicht alle Kohlenbecken so beschaffen, daß die Kohlen guten Koks für den Hochofenprozeß liefern können; ja, genau genommen, ist es eigentlich nur ein Kohlenbecken, dasjenige von Westfalen oder das Ruhrbecken, welches derartige Koks*) liefert, wie sie der Hochofenmann wünschen muß. In anderen Gegenden wie in dem Saarrevier lassen sich zwar auch noch Koks herstellen; aber sie stehen weit zurück gegen diejenigen

⁵⁾ St. u. E. 10 (1890), S. 928.

*) Wedding gebraucht die früher übliche Schreibweise „die Koks“ (Mehrzahl).

des Ruhrbeckens. In Oberschlesien sind die Koks, die man trotz aller Sorgfalt aus den dort geförderten Kohlen erhält, so beschaffen, daß ein Fremder, der guten Hochofenkoks kennt, kaum glauben möchte, daß mit denselben ein ordentlicher Hochofenbetrieb zu führen ist. Das hat vielleicht mehr als in irgendeinem anderen Lande dazu beigetragen, sorgfältig alle Hilfsmittel zu erwägen, zu versuchen und, soweit sie sich bewährten, zu benutzen, um auch aus schlechter Kokskohle brauchbare Koks herzustellen.“

Wenn auch die wissenschaftliche Erforschung der Vorgänge bei der Verkokung sowie insbesondere auch die Vervollkommnung der Koksöfen eine weitgehende Verbesserung des Koks auch aus den Kohlenbecken mit weniger geeigneter Kokskohle herbeigeführt haben, so zeugt das Urteil Weddings doch von der überlegenen Qualität des westfälischen Hochofenkoks.

Die Bewertung der Brauchbarkeit der verschiedenen in Deutschland zur Verfügung stehenden Kokssorten ist lange Jahre hindurch dem Hochofen allein überlassen worden. Die Betriebszahlen mußten ausweisen, mit welchem Koks die besten Ergebnisse zu erreichen waren. Die Zusammenhänge zwischen Koksbeschaffenheit und Hochofengang sind erst erkannt worden, als man geeignete Verfahren zur Prüfung der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Koks gefunden und als man bis zu einem gewissen Grade Einblick in die Vorgänge im Hochofen erhalten hatte. Erst nach Schaffung dieser Grundlagen war man imstande, zu beurteilen, welche Eigenschaften des Brennstoffs für einen günstigen Schmelzbetrieb anzustreben sind; soweit als möglich mußten dabei die Brennstoffbeschaffenheit und der Hochofenbetrieb einander angepaßt werden.

Um die Vorzüge des westfälischen Koks als Hochofenkoks richtig zu kennzeichnen, soll im folgenden an Hand der Vorgänge im Hochofen, soweit wir uns ein Bild von denselben machen können, kurz darauf eingegangen werden, welche Anforderungen an einen guten Hochofenkoks zu stellen sind.

Von entscheidender Bedeutung für den Ofengang ist das Verhalten des Brennstoffs vor den Windformen. Als erster hat F. Wüst⁶⁾ die Vorgänge, die sich hier abspielen, richtig erkannt und wiederholt darauf hingewiesen, von welchem maßgebenden Einfluß dieselben

⁶⁾ St. u. E. 30 (1910), D. 1715/22.

auf die Ofenleistung, den Brennstoffverbrauch und die Zusammensetzung bzw. die Qualität des erzeugten Eisens sind.

Vor den Formen verbrennt der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff der Gebläseluft zunächst zu Kohlensäure, die aber bei der hohen Temperatur und dem Überschuß an Kohlenstoff in dieser Zone nicht beständig ist und mit einem weiteren Teil des vorhandenen Kohlenstoffs Kohlenoxyd bildet. In der oxydierenden, sauerstoff- und kohlen säurehaltigen Zone, die namentlich bei engen Öfen und bei langsamer Verbrennung des Koks einen beträchtlichen Teil des Ofenquerschnitts einnimmt, werden größere Mengen der in feiner Verteilung niederrieselnden Eisentröpfchen wieder oxydiert; damit wird ein großer Teil der Reduktionsarbeit, die im Schacht und in der Rast des Hochofens geleistet worden ist, wieder vernichtet. Die wichtigen Legierungselemente des Eisens, Silizium und Mangan, die leichter oxydieren als das Eisen selbst, werden am meisten davon getroffen. Wie F. Wüst⁷⁾ an dem sehr treffenden Beispiel des Rennfeuers zeigte, betrug bei diesem Verfahren, bei dem die Wieder- oxydation des reduzierten Eisens vermieden wurde, die Leistung je Kubikmeter Ofenraum mehr als das Doppelte von der eines nach unserer heutigen Auffassung gutgehenden Hochofens. Aus diesem Grunde wird also jedes Mittel, das geeignet ist, die Reaktion des Brennstoffs mit dem Luftsauerstoff und der Kohlensäure zu beschleunigen, und dadurch die Ausdehnung der oxydierenden Zone vor den Formen zu verkleinern, den Ofengang günstig beeinflussen, Erhöhung der Windtemperatur und andere Mittel, welche die Temperatur vor den Düsen steigern, tragen hierzu wesentlich bei. Der beste Beweis hierfür liegt darin, daß die Winderhitzung beim Hochofen neben einer erheblichen Mehrerzeugung eine Ersparnis an Brennstoff zur Folge hatte, die einem Vielfachen der durch den heißen Wind in den Ofen eingeführten Wärmemenge entspricht⁶⁾. Ähnlich ist die Wirkung der Windtrocknung, durch die Wärmeverluste infolge Verdampfung des mitgeführten Wassers in der Düsenzone vermieden werden.

Was nun den Brennstoff betrifft, so weisen die mit der leicht verbrennlichen Holzkohle erzielten besseren Betriebsergebnisse im

⁷⁾ St. u. E. 46 (1926), S. 1213/21.

Hochofen schon darauf hin, daß die Reaktionsfähigkeit des Brennstoffs auf den Ofengang in dem oben erwähnten Sinne in hohem Maße einwirkt. Je leichter ein Koks mit dem Luftsauerstoff und der Kohlensäure bei hoher Temperatur reagiert und je mehr Wärme er bei der Verbrennung entwickelt (niedriger Gehalt an Asche und Wasser), um so besser ist er für den Hochofen. Die Reaktionsgeschwindigkeit eines Brennstoffs, der zum größten Teil aus festem Kohlenstoff besteht, mit dem Sauerstoff eines Gasstromes, ist bei einer bestimmten Temperatur in erster Linie von seiner physikalischen Beschaffenheit, und zwar von der Größe der reaktionsfähigen Oberfläche abhängig, die mit dem Gasstrom in Berührung kommt. Ein poröser Brennstoff verbrennt also unter sonst gleichen Bedingungen schneller als ein dichter. Man hat vielfach versucht, die Porosität des Koks, d. h. das Verhältnis von Porenvolumen zum Gesamtvolumen, als Maßstab der Reaktionsfähigkeit anzunehmen. Das hat aber meistens zu Täuschungen und Fehlschlüssen geführt, weil das Bestimmungsverfahren der physikalischen Beschaffenheit der Porenwände keine Rechnung trägt. Sind dieselben dicht, so sind nur die an der Oberfläche liegenden Poren dem Gasstrom zugänglich, nicht aber auch die im Innern liegenden. An Stelle der Bestimmung der Porosität wurde daher von P. Bardenheuer und G. Thanheiser⁸⁾ die Gasdurchlässigkeit als Maßstab der Reaktionsfähigkeit des Koks eingeführt*).

Ein bei niedriger Temperatur (etwa 700 bis 800⁰) hergestellter Koks hat zwischen den Porenräumen gasdurchlässige Wände. Die gleiche Struktur entsteht bei normaler Kokskohle, wenn die Garung schnell erfolgt. Findet dagegen die Verkokung bei höherer Temperatur statt, oder erfolgt sie sehr langsam, so überziehen sich die Porenwände mit einer Schicht von dichtem Graphit, der die Gasdurchlässigkeit sehr stark herabsetzt. Die folgenden Versuchswerte mögen den Wert der Bestimmung der Gasdurchlässigkeit zur physikalischen Prüfung von Koks kennzeichnen.

⁸⁾ Mitt. a. d. K.-W.-Inst. f. Eisenforsch. 5 (1924), S. 13/20.

*) Die Brauchbarkeit dieses Verfahrens ist durch die Arbeiten von L. Zerzog (Gieß.-Ztg. 22 (1925), S. 476/85 u. 528/39 sowie von G. Agde u. H. Schmitt (Z. f. angew. Chem. 40 (1927), S. 1003/8 u. 1027/32) bestätigt worden.

Nr.	Probe	Gasdurchlässigkeit ccm N/min d. Würfel 1 cm Kantenlänge Druck 10 cm H ₂ O	Druckfestig- keit in der Probe 30x30x50mm kg	Porosität
1a*)	Koks, Garzeit 24 std.	397	392	37,58
1b)	„ „ 24 std. u. 12 std. Überstand)			
1c)	Koks, Garzeit 36 std.	67	830	47,30
2	Gießereikoks	33	1 217	35,39
		40	1 205	54,23

Der Einfluß des Überstehens und der längeren Garzeit geht aus diesem Versuch deutlich hervor. Ferner zeigt es sich, daß die Porosität irgendwelche Schlüsse auf den physikalischen Aufbau von Koks nicht zuläßt.

Aus der stark backenden Kokskohle des Ruhrgebiets, meist Fettkohle mit 19 bis 27% flüchtigen Bestandteilen, läßt sich ohne besondere Schwierigkeiten ein nach den erwähnten Gesichtspunkten reaktionsfähiger Koks mit durchlässigen Porenwänden herstellen, der trotz seines lockeren Aufbaues noch genügend Festigkeit und Zähigkeit besitzt, der mechanischen Beanspruchung im Hochofen zu widerstehen. Die Fortschritte im Studium der Verkockungsvorgänge sowie die zweckentsprechende Anwendung der Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten auf den Bau und Betrieb der Koksöfen (namentlich Breite der Kammern und Garungsdauer), haben zu wesentlichen Verbesserungen des Ruhrkoks bezüglich seines Verhaltens im Hochofen geführt.

Was die Festigkeit von Hochofenkoks betrifft, so fordert O. Simmersbach⁹⁾ mindestens 100 kg/cm². F. Wüst und G. Ott¹⁰⁾ stellten bei westfälischem Hochofenkoks (36 Proben) eine mittlere Druckfestigkeit von 127 kg/cm² fest. C. Holthaus¹¹⁾ fand bei Ruhrkoks von vier verschiedenen Zechen Werte zwischen 143 und 175 kg/mm². Außer der Druckfestigkeit wird vom Hochofenkoks noch eine gewisse Zähigkeit verlangt, damit ein Abbröckeln von kleinen Teilchen auf dem Transport und im Hochofen nach Möglichkeit vermieden wird. Gerade der Ruhrkoks zeichnet sich durch diese mechanischen Eigenschaften von allen übrigen deutschen Kokssorten aus.

*) Beiden Proben 1a u. 1c handelt es sich um Ruhrkoks aus ein und derselben Kohle.

⁹⁾ O. Simmersbach: Kokschemie, 2. Aufl., Berlin 1914, bei J. Springer.

¹⁰⁾ St. u. E. 26 (1906), S. 841/44.

¹¹⁾ St. u. E. 46 (1926), S. 33/39.

Im Hochofen hat der Aschengehalt, der im Ruhrkoks im Durchschnitt etwa 9% beträgt, eine Vergrößerung der Schlackenmenge zur Folge. Jedes Prozent Asche im Koks hat unter Berücksichtigung des geringeren Heizwertes je Tonne Eisen einen Mehraufwand an Koks von rund 14 kg zur Folge; dadurch erhöhen sich die Gesteungskosten der Tonne Roheisen um etwa 0,30 *R.M.* Der Aschengehalt des Ruhrkoks ist hauptsächlich durch das der Kohle mechanisch beigemengte taube Gestein bedingt; je nach dem Grad der Entfernung desselben in der Kohlenwäsche wird der Aschengehalt in weitem Maße bestimmt. Je vollkommener bzw. je sorgfältiger die Absonderung der Berge in der Kohlenwäsche vorgenommen wird, desto reiner kann der Ruhrkoks geliefert werden. Mit zunehmendem Reinigungsgrad nehmen allerdings die Verluste an Kohle zu, so daß dem Grade der Reinigung dadurch eine Grenze gesetzt ist.

Der Schwefelgehalt des Ruhrkoks liegt im Durchschnitt zwischen 0,9 bis 1,2%; er geht nur selten über diese Gehalte hinaus.

Der aus der Ruhrkohle erzeugte Hochofenkoks stellt also hiernach einen hochwertigen Brennstoff für den Hochofen dar. Wenn er auch nicht die Holzkohle, die als der ideale Brennstoff zur Roheisenerzeugung anzusehen ist, vollwertig ersetzen kann, so kommt er ihr doch in weitem Maße nahe. Von der weiteren Erforschung der Vorgänge bei der Verkokung und der Anwendung der Ergebnisse auf die technische Kokserzeugung wird der Hochofenkoks noch manche Verbesserung erfahren können. Andererseits ist aber auch beim Übergang vom Holzkohlen- zum Kokshochofen der Bau und Betrieb des Ofens bereits in mancher Hinsicht dem neuen Brennstoff angepaßt worden. Leider ist man dabei nur sehr langsam vorwärts gekommen, weil unsere Erkenntnis der Vorgänge im Hochofen noch nicht sehr weit fortgeschritten ist. Nach endgültiger Klarstellung dieser Vorgänge wird sich noch in mancher Hinsicht der Ofen und sein Betrieb dem Brennstoff anpassen lassen, wodurch weitere Fortschritte zu erhoffen sind.

Der Ruhrkoks als Gießereikoks.

In der Gießerei ist, namentlich dann, wenn Metalle mit hohem Schmelzpunkt im Tiegel oder im Schachtofen in einen gut vergieß-

baren Zustand gebracht werden müssen, ein dichter Brennstoff mit hoher Konzentration an Kohlenstoff erwünscht, der bei der Verbrennung mit Gebläseluft in der Raumeinheit eine möglichst große Wärmemenge und damit eine hohe Temperatur entwickelt. Ferner muß ein geringer Gehalt an Schwefel verlangt werden, da eine Schwefelaufnahme aus den Verbrennungsgasen die Eigenschaften der meisten Metalle, namentlich des Nickels und des Eisens sehr stark verschlechtert. Im Gegensatz zum Hochofenkoks wird vom Gießereikoks eine große Reaktionsfähigkeit nicht gewünscht; derselbe muß vielmehr reaktionsträge sein, damit er erst in derjenigen Zone des Ofens verbrennt, in der eine hohe Konzentration an Wärme verlangt wird.

Der größte Teil des Gießereikoks wird zum Erschmelzen von Gußeisen, und zwar im Kuppelofen verwendet. Gerade hier wird ein Koks verlangt, der möglichst dicht und arm an Schwefel und Asche ist. Der Koks muß dicht sein, weil der Brennstoff durch den Schacht möglichst unangegriffen von der aufsteigenden Kohlendensäure bis in die Schmelzzone gelangen muß, um erst hier unter starker Wärmeentwicklung vollständig, d. h. zu Kohlendensäure zu verbrennen. Ein dichter Gießereikoks mit hohem Heizwert hat im Kuppelofen eine verhältnismäßig kurze aber sehr heiße Schmelzzone zur Folge, in der das Eisen sehr rasch schmilzt und die Beschickung ebenso rasch nachsinkt. Je kürzer die Durchsatzzeit, um so weniger wird der Koks oberhalb der Schmelzzone vorgewärmt und um so weniger kann er mit der aufsteigenden Kohlendensäure reagieren. Je reiner, dichter und damit reaktionsträger der Gießereikoks ist, um so brauchbarer ist er für das Kuppelofenschmelzverfahren.

Die besonderen Anforderungen, die in der Gießerei an den Koks gestellt werden müssen, scheinen sehr lange nur wenig bekannt gewesen zu sein. F. Wüst und G. Ott¹¹⁾ fanden bei einer vergleichenden Untersuchung von Hochofen- und Gießereikoks keine nennenswerten Unterschiede in der Zusammensetzung, dem Brennwert, der Festigkeit und der Porosität; nur die Angreifbarkeit durch Kohlendensäure war beim Gießereikoks um rund 12% geringer als beim Hochofenkoks. Vielfach hat man sich darauf beschränkt, für Gießereikoks besonders gute und große Stücke auszusuchen und sorgfältig von Hand zu verladen. Da ein großstückiger Brennstoff wegen der

kleineren äußeren Oberfläche langsamer verbrennt als ein feinstückiger, so war durch diese Maßnahme schon der erste Schritt getan, der Gießerei reaktionsträgen Brennstoff zu liefern. Bei der Besprechung des Hochofenkoks wurde bereits erwähnt, daß Koks um so reaktionsträger wird, je höher die Temperatur und je länger die Dauer bei der Verkokung ist, weil dabei die Porenwände dichter und undurchlässiger für Gase werden. Im Kokereibetrieb wird die Reaktionsfähigkeit des Gießereikoks dadurch herabgesetzt, daß man den Koks einige Stunden überstehen läßt¹³⁾. H. Koppers¹⁴⁾ schlägt vor, die Lieferungsbedingungen, die O. Simmersbach¹⁰⁾ für Gießereikoks aufgestellt hat, dahin zu ergänzen, daß eine Verkokungstemperatur von mindestens 1000° vorgeschrieben wird, um damit eine Sicherheit für genügend geringe Reaktionsfähigkeit zu haben.

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß der westfälische Gießereikoks durchweg den Anforderungen genügt, die an einen guten Schmelzkoks gestellt werden können. Seine Überlegenheit gegenüber Koksqualitäten aus anderen Gebieten wird sich bei vergleichenden Schmelzversuchen ohne weiteres ergeben. Hier sei nur ein Urteil aus der englischen Fachpresse über den westfälischen Gießereikoks angeführt. Die Zeitschrift *The Metal Industry*¹⁵⁾ schreibt, daß während des englischen Kohlenstreiks westfälischer Koks in steigendem Maße in den englischen Gießereien verwendet worden ist. Die fortlaufende Untersuchung während zweier Monate hat im Durchschnitt 8% Asche und 1,2% Schwefel ergeben. Trotz des höheren Schwefelgehaltes*) und der durch das häufige Umladen bedingten geringen Stückgröße hat er sich bei genügender Aufgabe von Kalkstein ausgezeichnet bewährt. Der Verfasser nimmt an, daß auch nach Beendigung des Streiks der westfälische Koks, da er billiger und in der Güte besser ist als der englische, von den englischen Gießereien noch viel verwendet werden wird, bis die englischen Kokereien sich daran gewöhnen werden, einen besseren Koks zu liefern.

¹³⁾ H. Koppers: St. u. E. 34 (1914), S. 585/7.

¹⁴⁾ Gießerei 9 (1922), S. 411/15 u. 423/26.

¹⁵⁾ Bd. 29, Nr. 18, vom 29. Okt. 1926, S. 420/21.

*) England verfügt über einzelne Kokssorten mit nur 0,4 bis 0,5% S.

Obwohl zugegeben werden muß, daß der westfälische Gießereikoks einen hochwertigen Brennstoff für den Gießereibetrieb darstellt, der den an ihn gestellten Anforderungen auch durchweg entspricht, so tritt doch in der Gießerei oft der Wunsch nach einem Koks von einer noch vollkommeneren Beschaffenheit auf. Dank der aner kennenswerten Bestrebungen der Kokereien, die Qualität des Gießereikoks nach Möglichkeit weiter zu verbessern, ist zu erwarten, daß für die Gießerei ein Sonderkoks auf den Markt gebracht werden kann, durch den alle Wünsche der Gießereien befriedigt werden.

* * *

Der Ruhrkoks ist somit die lebenswichtigste Grundlage der deutschen Eisenindustrie, und zwar eine Grundlage, wie sie hinsichtlich ihrer Qualität und Quantität die eisenerzeugende Industrie irgendeines anderen europäischen Staates nicht aufzuweisen hat. Die Geschichte des Ruhrkoks ist seit rund 80 Jahren fest verknüpft mit derjenigen der deutschen Eisenerzeugung, und ohne den Ruhrkoks wäre die machtvolle Entwicklung der deutschen Eisenindustrie nicht denkbar gewesen. Es ist sicher, daß der Ruhrkoks, mit dessen Hilfe durch deutschen Fleiß große Werte für die deutsche Wirtschaft und den deutschen Handel geschaffen werden, in gleichem Maße wie ehemals zum Aufblühen unseres Vaterlandes beitragen wird.

Die Bedeutung des Ruhrkoks für die Eisengußindustrie.

von Dr.-Ing. Rudolf Stotz, Beratender Ingenieur für das Gießereiwesen
Düsseldorf-Lohausen.

Jahrhundertlang bildete die in Meilern hergestellte Holzkohle den allein benutzten Brennstoff zum Erschmelzen des Eisens aus seinen Erzen und zum Umschmelzen von Alteisen. Diese „Kunst“, Eisen zu Gebrauchsgegenständen in Formen zu gießen, geht auf die zweite Hälfte des 14. Jahrhunderts zurück; bezeichnend ist, daß die ersten eisernen Abgüsse hauptsächlich Kanonenkugeln und Geschütze waren. Die emporblühende deutsche Eisengußindustrie, die besonders im Siegerland von größter Bedeutung war, wurde durch den Dreißigjährigen Krieg beinahe vernichtet.

Um so stärker entwickelte sich die englische Eisenindustrie, und es bedeutete einen geschichtlichen Wendepunkt der gesamten Eisenhüttentechnik, als es dem Engländer Darby nach vielen Mißerfolgen im Jahre 1735 gelang, zum Erblasen des Eisens anstatt der Holzkohle Koks zu verwenden, den er ähnlich wie Holzkohle durch Verkoken von Kohle in Meilern herstellte.

Mit der Einführung des Koks in den Hochofenbetrieb entstanden jedoch Schwierigkeiten, das Roheisen unmittelbar zu Formguß zu vergießen, da es nunmehr mit stärkerem Wind und größerer Schlackenmenge erblasen werden mußte. Es ergab sich die Notwendigkeit, zum Umschmelzen des „Koksroheisens“ einen zusätzlichen Schmelzofen zu verwenden, wozu sich der Flammofen mit Steinkohlenfeuerung als geeignet erwies, wie er damals allgemein zum Umschmelzen von Metallen verwendet wurde. Dieses Schmelzverfahren wurde hauptsächlich in England vervollkommen, weshalb für die dabei benutzten Flammöfen die Bezeichnung „englische Kupolöfen“ aufkam.

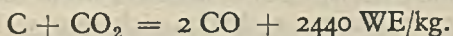
In England war es auch, wo der erste mit Koks betriebene zweckmäßige Schachtofen zum Umschmelzen von Eisen etwa im Jahre 1780 von Wickenson erfunden wurde. Dieses Verfahren, durch abwechselndes Beschicken eines Schachtes mit Koks und Eisen unter Einblasen von Wind, das Eisen zu schmelzen, hat sich als derart erfolgreich erwiesen, daß es im Grundsatz noch heute in erster Linie von den Eisengießereien angewandt wird. Die benutzten Schachtofen erhielten bald nach ihrer Erfindung die Bezeichnung „Kupolöfen“, wie sie vordem für die Flammöfen üblich war. Diese Benennung ist uns heute nicht ohne weiteres verständlich, und es kann auch nicht mit Sicherheit angegeben werden, ob sie auf einem Mißverständnis der ersten uns unbekanntem Bericht-erstatte über diese Öfen beruht, oder, was wahrscheinlicher ist, davon herrührt, daß die Beschickungsöffnung, die Gicht, der früheren Öfen von einem Gewölbe, einer Kuppel, überspannt war bzw. daß über den ersten derartigen Öfen, die sehr niedere Schächte besaßen, ein gewölbter Rauchfang, eine „Kuppel“, angebracht war. Wenn auch bei unseren heutigen Schmelzöfen die „Kuppel“ vollkommen verschwunden ist, so ist doch die Bezeichnung „Kupolöfen“ geblieben, für die sich in neuester Zeit die Schreibweise „Kuppelöfen“ immer mehr einbürgert.

Für die Eisengießereien ist der Schmelzofen das Herz des Werkes, d. h. also für die weitaus größte Zahl der Gießereien der Kupolofen. Dieses „Herz“ muß gepflegt werden; es bedarf hierzu ganz bestimmter Mittel; erhält der Kupolofen nicht den richtigen Brennstoff, so zeigt er sofort Krankheitserscheinungen, und der ganze Gießereibetrieb wird in Mitleidenschaft gezogen. Ein guter Schmelzkoks ist also unerläßlich, und als solcher hat sich der westfälische Koks derart eingebürgert, daß in den meisten Gebiets-teilen Deutschlands und Österreichs die Bezeichnung „Gießerei-koks“ gleichbedeutend geworden ist mit „Ruhrkoks“.

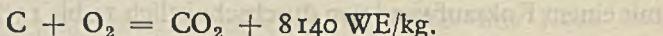
Da unsere Maschinen durchschnittlich zu etwa 70% aus Grauguß bestehen, der so gut wie ausschließlich im Kupolofen mittels Gießereikoks erschmolzen wurde, so erhellt hieraus, wie groß das Interesse auch der Maschineningenieure daran sein muß, daß das von ihnen verarbeitete Gußeisen die richtige Beschaffenheit

besitzt, auf welche die richtige Auswahl und Verwendung des Schmelzkoks einen wesentlichen Einfluß ausübt. Um 100 kg Abgüsse zu erhalten, müssen je nach deren Art 130 bis 140 kg Eisen mit einem Koksauwand von durchschnittlich 12 bis 15 % geschmolzen werden; zur Herstellung von 100 kg Grauguß werden also etwa 15 bis 20 kg Koks, bei Temperguß sogar 20 bis 30 kg Koks zur Erschmelzung benötigt.

Die Güte des Schmelzkoks beeinflußt also ganz wesentlich die Erzeugnisse der gesamten Eisengußindustrie, die in etwa 1500 Gießereien mit 180000 Arbeitern im Jahre über 2 Millionen Tonnen fertigen Guß im Gesamtwert von rund 8 Milliarden Reichsmark erzeugt, wovon etwa 75 % im allgemeinen Maschinenbau Verwendung finden. Gegen 25 % der Gesamterzeugung an Roheisen wird mittels Koks umgeschmolzen, wobei etwa 20 % der Arbeiterschaft der deutschen Eisen- und Stahlindustrie beschäftigt werden. Es hat sehr lange gedauert, bis einigermaßen klar erkannt wurde, welche Eigenschaften der zum Umschmelzen von Eisen verwendete Koks besitzen muß, um die günstigsten Schmelzergebnisse zu erzielen. Von größtem Einfluß auf die Güte des Koks ist außer der Art der verwendeten Kohle auch das Herstellungsverfahren. Dieses muß je nach dem Verwendungszweck des Koks geändert werden, wie die eingehenden Forschungen von Koppers, Bähr u. a. erwiesen haben. Beim Eisen-Schmelzen ist der einzige Zweck des Koks, bei seiner Verbrennung möglichst viel Hitze an das Schmelzgut abzugeben, also möglichst vollständig zu Kohlensäure zu verbrennen. Dieser Koks wird „Gießereikoks“ genannt, im Gegensatz zum „Hochfenkoks“, der außer der Wärmeabgabe noch eine weitere Aufgabe zu erfüllen hat, nämlich die, Kohlenoxydgas zu bilden und vermittels dessen die Eisenerze zu metallischem Eisen zu reduzieren. Dieser Koks muß also leicht zu Kohlenoxydgas verbrennen, während von dem Gießereikoks das Gegenteil, „Schwerverbrennlichkeit“ verlangt wird, damit nicht beim Aufsteigen der Verbrennungsgase im Kupolofenschacht die zunächst gebildete Kohlensäure den Koks zu Kohlenoxyd verbrennt nach dem einfachen chemischen Vorgang:



Bei dieser „unvollkommenen“ Verbrennung des Kohlenstoffs werden nur etwa 30% der Wärmemenge entwickelt, als bei einer vollkommenen Verbrennung nach dem Vorgang:



Von einem guten Gießereikoks wird daher verlangt:

1. Der Koks muß schwer verbrennlich, also so dicht als möglich sein;
2. er muß eine gewisse Stückfestigkeit und Härte besitzen;
3. er soll möglichst wenig Asche, Wasser und Schwefel enthalten;
4. er soll einen möglichst hohen Heizwert besitzen.

Um diesen vielseitigen Ansprüchen zu genügen, muß natürlich die verwendete Koks-kohle entsprechend ausgewählt und aufbereitet werden. Vorzüglich eignet sich hierzu die stark backende, gewaschene Ruhrfettkohle, die bei einem Gasgehalt von 19 bis 27% durch trockene Destillation in Kammeröfen außer dem Koks die für unsere deutsche chemische Industrie so überaus wichtigen Nebenerzeugnisse Teer, Benzol und Ammoniak liefert. Es sei darauf hingewiesen, daß auch aus backender Saarkohle und oberschlesischer Kohle „Gießereikoks“ hergestellt wird, der aber bei weitem nicht die Güte des westfälischen Gießereikoks erreicht, da ihm die Stückfestigkeit und Schwerverbrennlichkeit des westfälischen Koks größtenteils mangelt.

Aber nicht nur der Rohstoff, sondern auch das Herstellungsverfahren ist von einschneidender Bedeutung auf die Güte des Koks. Nach Ansicht Koppers ist die benutzte Verkokungstemperatur von größtem Einfluß auf die Verbrennlichkeit des Koks, die, wie schon ausgeführt, von wesentlicher Bedeutung für den Kupolofenbetrieb ist. Niedere Verkokungstemperatur von 650 bis 800° soll leicht verbrennlichen Koks ergeben, wie er zum Hochofenbetrieb benötigt wird, während hohe Temperatur von über 1000° die gewünschte Schwerverbrennlichkeit des Gießereikoks bedingt. Auch die „Garungszeit“ des Koks, d. h. die Erhitzungsdauer in den Kammern, muß dem Verwendungszweck angepaßt sein: Wird die richtige Zeit überschritten, so schrumpft der „übergare“ Koks mehr und mehr zusammen, es bilden sich sehr viel Risse und ein

kleinstückiger, brüchiger Koks ist die Folge; bei „ungarem“ Koks infolge zu kurzer Erhitzung bleibt die Oberfläche porös, der Koks erhält nicht die nötige Härte und Festigkeit, er wird zu leicht zerreiblich. Bei richtiger Garungszeit zeichnet sich der Ruhrkoks durch seinen metallischen Klang und seine silberhelle Farbe aus, während ein schwarzes Aussehen auf zu kurze Verkokungszeit und ungenügende Festigkeit schließen läßt.

Nach den Versuchen von Bähr ist von der Art der Temperaturführung während des Verkokens die Reaktionsfähigkeit, d. h. Verbrennlichkeit des Koks, abhängig; er gelangt zu dem Ergebnis, daß weniger die Porosität und der Gehalt des Koks an flüchtigen Bestandteilen maßgebend für seine Verbrennlichkeit sind, als vielmehr die Modifikation des Kohlenstoffs, in die die Kohlensubstanz durch entsprechende Temperaturführung des Koksofens übergeführt wird.

Wie erfüllt nun der westfälische Gießereikoks die oben genannten Ansprüche der Eisengießer und wie können die betreffenden Eigenschaften zahlenmäßig geprüft werden?

1. Um einen „schwerverbrennlichen“ oder „reaktionsträgen“ Koks zu erhalten, wurde früher ein möglichst „dichter“ Koks verlangt, also ein möglichst hohes spezifisches Gewicht. Dieses „scheinbare“ spezifische Gewicht liegt gewöhnlich zwischen 0,8 und 1; da die Kokssubstanz ein wirkliches spezifisches Gewicht von 1,6 bis 2 besitzt, so enthält der Koks etwa 50% Poren. Neuerdings wird dieser „Porosität“ weniger Bedeutung beigemessen als der Feststellung der „Reaktionsfähigkeit“, da sich durch Versuche ergeben hat, daß die Porosität in keinem unmittelbaren Verhältnis zur Verbrennlichkeit des Koks steht. Deren zahlenmäßige Bestimmung wird aber bis jetzt in der Praxis noch nicht durchgeführt, da sich hierzu noch kein einfach auszuführendes Betriebsverfahren einführen konnte.

Welche Bedeutung eine unvollkommene Verbrennung beim Schmelzen im Kupolofen haben kann, möge aus einem einfachen Zahlenbeispiel hervorgehen:

Eine Graugießerei mit einer täglichen Schmelzleistung von 30 t Eisen hatte einen anormal hohen Koksverbrauch von 14,5% des Einsatzes, was angeblich auf einen „zu porösen“ Koks zurück-

geführt wurde; die Gichtgase enthielten eine so große Menge Kohlenoxyd, daß an der Gicht ein starkes „Oberfeuer“ entstand, was eine Hitzeentwicklung an der unrechten Stelle bedeutet. Es gelang nun, durch Veränderung der zugeführten Windmenge und Düsen den Ofen unter Verwendung genau des gleichen Koks so zu führen, daß der Koksverbrauch nur noch 8,8% betrug. Dies entsprach einer Jahresersparnis infolge geringeren Koksverbrauches von 15300 — Reichsmark!

Dieses Beispiel beweist, wie wichtig es ist, den Verbrennungsvorgang beim Schmelzen so einzustellen, daß er möglichst vollkommen ist, wozu ein möglichst schwer verbrennlicher Koks, wie der westfälische, Voraussetzung ist.

2. Der Koks muß häufig auf sehr weite Strecken transportiert werden — ganz Süddeutschland ist abhängig von dem westfälischen Gießereikoks, die Schweiz und die nordischen Staaten sind große Abnehmer und nach einer Reihe überseeischer Länder wird er verfrachtet —; deshalb muß er eine gute Stückfestigkeit und Härte besitzen, um das leider häufig unvermeidliche mehrmalige Umladen zu ertragen, ohne einen großen „Abrieb“ zu erleiden.

Zur Prüfung der Stückfestigkeit wird die in Amerika vielfach eingeführte Sturzprobe empfohlen. Man läßt 50 kg Koks aus einem eisernen Behälter aus einer Höhe von 1,85 m viermal auf eine gußeiserne Platte fallen; danach wird der Koks auf ein Sieb mit 50 mm erste Maschenweite gebracht, darauf einmal geschüttelt und der hindurchgefallene Abrieb prozentual bestimmt.

Um die Zerreiblichkeit des Koks zahlenmäßig festzustellen, wird vielfach das „Breslauer Verfahren“ von Simmersbach benutzt, bei welchem 50 kg Koks in einer Trommel von 1 m Durchmesser und 50 cm Länge während 4 Minuten bei 25 Umdrehungen je Minute gerommelt werden. Beim Durchschütten des so behandelten Koks durch ein Sieb mit 40 mm erster Maschenweite bleiben bei gutem westfälischem Koks mindestens noch 80% übrig.

In der Praxis wird häufig damit gerechnet, daß von dem im Waggon bezogenen Schmelzkoks bei wiederholtem Umladen etwa 5 bis 7,5% als Abrieb für den Kupolofen unverwendbar ist, da dieser nur mit stückigem Koks beschickt werden darf.

Zur Zeit des Ruhreinfalls mußten sich viele Gießereien mit minderwertigem Koks behelfen; hierbei ergab sich, daß der Koksverlust durch Abrieb anstatt früher 5% bis auf 15% stieg! Der Mehrverbrauch an Koks durch Abrieb würde bei dem Jahreseinsatz der oben genannten Gießerei etwa 85 t Koks im Werte von etwa 2300.— Reichsmark mehr betragen als bei normalem westfälischem Gießereikoks.

3. Der Gießereikoks soll natürlich möglichst wenig unverbrennliche Bestandteile enthalten; besonders schädlich ist aber ein hoher Schwefelgehalt, da dieser zu etwa 50% während des Schmelzens vom Koks in das erschmolzene Eisen übergeht und dessen Güte stark beeinträchtigt. Die Anforderung des Gießereimannes, einen Koks mit höchstens 1% Schwefel zu erhalten, erfüllt jeder gute westfälische Gießereikoks. Die Voraussetzung hierfür ist, daß die Kokskohle gut aufbereitet und insbesondere von etwa vorhandenem Schwefelkies befreit wird.

Mit Recht verlangt der Gießereimann einen möglichst schwefel- und aschearmen Schmelzkoks, denn jedes Kilogramm Schwefel erfordert zu seiner Verschlackung einen Zuschlag von 3,5 kg in möglichst reinem Kalkstein, um ihn an die unschädliche Verbindung CaS in die Schlacke überzuführen; weiter muß auf je 1 kg Asche etwa 1,1 kg Kalkstein zugegeben werden, um die saure unschmelzbare Asche in eine dünnflüssige Schlacke überzuführen. So ist z. B. für einen Koks mit 10% Asche und 0,8% S ein Zuschlag von 13,8 kg Kalkstein erforderlich, welcher eine Schlackenmenge von etwa 18 kg ergibt. Um die Kohlensäure aus dem Kalkstein zu entfernen, die zu bildende Schlacke zu schmelzen und die Feuchtigkeit aus dem Koks auszutreiben, ist ein ziemlicher Brennstoffaufwand notwendig; er beträgt bei oben genanntem Zahlenbeispiel etwa 3,5% des Gesamt-Koksverbrauches. Der praktische Schmelzofenbetrieb ist natürlich um so schwieriger durchzuführen, je mehr Schlacke erzeugt wird, da diese außer dem genannten Mehrverbrauch an Brennstoff auch noch manche andere Unkosten und unliebsame Einwirkungen verursacht.

Da alle Ruhrzechen über besteingerichtete Aufbereitungsanlagen verfügen, so geht der Aschegehalt ihres Koks kaum über 7 bis 9% und der an Schwefel kaum über 1% hinaus; auf diese

Gehalte sind unsere Eisengießereibetriebe eingestellt und sind in der Lage, mit diesem Ruhrkoks einen einwandfreien Guß zu erzeugen.

Der Koks enthält gewöhnlich einen Wassergehalt von 2 bis 5%, der dadurch in denselben gelangt, daß der glühend aus den Kammern ausgedrückte Koks mit Wasser abgelöscht wird. Dieser Wassergehalt des Koks ist für den Kupolofenbetrieb metallurgisch nicht schädlich; es wird sogar von manchem Praktiker ganz gerne etwas feuchter Koks verwendet, da hierdurch nach deren Erfahrung das unangenehme „Oberfeuer“ des Kupolofens in geringerem Maße auftreten soll. Andererseits bedeutet der Wassergehalt des Koks einen toten Ballast, der mitbezahlt werden muß, weshalb im allgemeinen die Forderung gilt, daß der Wassergehalt des Koks so niedrig wie möglich sein soll.

4. Die Forderung, daß der Koks einen möglichst hohen Heizwert besitzen soll, ist selbstverständlich; der untere Heizwert des Gießereikoks beträgt stets zwischen 7100 bis 7300 WE je 1 kg. Wird der Koks mit der theoretisch notwendigen Luftmenge verbrannt, so entwickelt er eine Hitze von etwa 2400°C; da aber im Kupolofen niemals dauernd diese gerade notwendige günstigste Luftmenge vorhanden ist, so liegt die wirklich erreichte Verbrennungstemperatur wesentlich darunter. Bei einem gut geführten Kupolofen ist man bei gutem westfälischem Gießereikoks imstande, ein Gußeisen mit einer Temperatur von 1400 bis höchstens 1450° zu erschmelzen. Es ist dies allerdings eine so hohe Temperatur des flüssigen Eisens, daß sie auch für hohe Ansprüche durchaus genügt.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Stirnseiten der „Kokskuchen“ aus stark aufgeblähten Stücken bestehen, die daher den Namen „Koksschaum“ erhielten. Solcher Koks ist sehr leicht zerreiblich und darf nicht als „Gießereikoks“ verwendet werden. Auch ist bei den Kupolöfen eine bestimmte Stückgröße erforderlich; die großen Öfen mit 1 m lichtem Durchmesser und mehr bevorzugen die Stücke so groß wie möglich. Bei kleineren Öfen werden diese Stücke durch Hammerschläge entsprechend dem Ofendurchmesser zerkleinert. Ganz kleine Stücke sind wegen ihrer Leichtverbrennlichkeit und etwaigen Zerreiblichkeit ungeeignet.

Der eigentliche „Abrieb“, der „Koksgrus“, ist für den Kupolofenbetrieb völlig unbrauchbar.

Nachstehend seien noch die Ergebnisse der chemischen und physikalischen Untersuchung einer Reihe von Kokssorten verschiedener Jahre zusammengestellt:

	unterer Heizwert	% Kohlenstoff	% Asche	% Schwefel	% P	% Wasser	anschein. spezif.	wirkl. Gewicht
Vorkriegszeit	7058	87,35	9,14	1,01	0,018		0,87	1,89
	7039	87,12	10,00	1,06	0,028		0,93	1,88
	7110	87,14	8,24	0,88	0,030	3,10	—	—
1922	7215	88,10	8,14	0,76	0,020	2,23	—	—
	7005	85,06	10,10	1,02	—	3,15	—	—
	6995	84,45	9,89	0,98	—	4,05	—	—
1928	7150	82,14	8,48	0,96	—	4,66	1,01	1,98
	7040	79,66	10,03	0,89	—	3,48	—	—
	6980	78,98	9,86	1,02	—	4,66	—	—
	7050	86,6	8,5	0,72	—	2,50	—	—
	7250	89,1	7,6	0,84	—	1,5	—	—
	7180	88,1	7,2	0,92	—	2,85	—	—

Der Verbrauch der Eisengießereien an Koks ist natürlich wesentlich geringer als der Koksverbrauch der Hochofenwerke. Nach der Statistik des Vereins Deutscher Eisengießereien in Düsseldorf läßt sich der Jahresbedarf der deutschen Graugießereien auf etwa eine halbe Million Tonnen Gießereikoks berechnen. Da auch bei den Tempergießereien schätzungsweise etwa 90% der Gesamt-erzeugung im Kupolofen erschmolzen wird, so beträgt der Jahresbedarf der deutschen Kupolofen-Tempergießereien etwa 10000 t Gießereikoks. Außerdem bestehen noch eine Reihe Stahlgießereien, die ihren Einsatz im Kupolofen schmelzen, um ihn danach zu Stahl im Konverter zu verblasen. Deren Bedarf kann zu etwa 5000 t Koks im Jahr angenommen werden.

Bei den Metallgießereien kommt die Benutzung des Koks weniger in Betracht als bei den Eisengießereien, da das Schmelzen von Metallen im Kokskupolofen im allgemeinen vollkommen unmöglich ist; die unmittelbare Berührung der Metalle mit dem Koks bzw. mit dessen Verunreinigungen an Schwefel, Phosphor u. dgl. beim Schmelzen im Kokskupolofen würde auf alle Metallegierungen eine zu schädliche Einwirkung ausüben. Auch würden hierbei die

Oxydationsverluste der Metalle bei diesem Schmelzofen mit seiner stets oxydierenden Atmosphäre unzutraglich groß werden. Metalle werden daher meistens in Tiegeln geschmolzen, deren Wandungen sie vor der unmittelbaren Einwirkung der Verbrennungsgase schützen.

Diese Tiegelöfen werden vielfach mit „Breckkoks“ beheizt, wobei mit Vorliebe „Ruhrkoks“ verwendet wird. Ausnahmsweise wird in diesen koksbeheizten Tiegelöfen auch Stahlformguß und Temperguß verschmolzen, doch sind hierbei durch die teuren Graphittiegel und die beschränkte Erzeugungsmenge die Schmelzkosten derart hoch, daß es sich hierbei zahlenmäßig um keinen nennenswerten Umsatz handelt.

Der in der gesamten Eisengußindustrie weitaus am meisten verwandte Schmelzofen ist seit zwei Jahrhunderten der Kupolofen; lange ist er von Wissenschaft und Praxis in gewissem Sinne stark vernachlässigt worden. Erst die neuesten Forschungen haben sich mit diesem Stiefkind der Technik näher befaßt und in inniger Zusammenarbeit mit der Praxis bewiesen, daß bei seiner richtigen Pflege hochwertige Leistungen damit erzielt werden können. Hierzu ist aber ein bestgeeigneter Brennstoff, wie er aus der „Ruhrkohle“ als „Gießereikoks“ hergestellt werden kann, eine unerläßliche Voraussetzung.

Die Ruhrkohle in Generatoren und metallurgischen Öfen.

Von Ing. Wilhelm Kleppe
Feuerungstechnischer Berater, Hagen i. W.

Über die Verwendung der Ruhrkohle in industriellen Anlagen, sei es zur Gaserzeugung oder zur Beheizung metallurgischer Öfen, sind bisher in der Fachliteratur sehr wenige Angaben erschienen. Diese können heute auf Grund der in den letzten Jahren gemachten Erfahrungen und im Dauerbetrieb ermittelte Werte als zum größten Teile überholt und für den Verbraucher als nicht zu Recht bestehend angesprochen werden. Die folgenden Ausführungen mögen dazu dienen, einen Überblick zu verschaffen.

1. Über die hohe Wertigkeit der Ruhrkohle bei der Wärmeerzeugung und
2. über die Mannigfaltigkeit der Ruhrkohle in bezug auf Arten, Korngrößen usw., die vielseitigen Verwendungszwecke und Konstruktionen der Feuerungsanlagen.

Wärmeerzeugung durch Vergasung und Entgasung der Ruhrkohle.

In jeder Feuerung wird durch genügende Zuführung von Verbrennungsluft Kohlensäure (CO_2) gebildet, ein Vorgang, der unter starker Wärmeentwicklung vor sich geht. Diese Oxydierung wird nun bei der Gaserzeugung in Generatoren insofern ausgewertet, als nur ein Teil des vorhandenen Brennstoffes an der CO_2 -Bildung teilnimmt. Der übrige Teil der Brennstoffsäule leitet chemische Reaktionen ein, wodurch Kohlenoxyd (CO) und Wasserstoff als Zersetzungsprodukt des Wasserdampfes entstehen. Demgemäß formt man den Kohlenstoff in brennbares, wärmebildendes Gas um und nennt diesen Prozeß „Vergasung“.

Falls es sich um die Vergasung eines bitumenhaltigen Brennstoffes handelt, z. B. „Gasflammkohle“, treten außer den zuvor erwähnten Vergasungsreaktionen noch Destillationen auf, welche dem Gesamtprodukt, kurz Generatorgas genannt, verschiedenartige Zusammensetzungen und Eigenschaften verleihen. Über die Vorgänge in einem Gaserzeuger gibt Abb. 1 näheren Aufschluß.

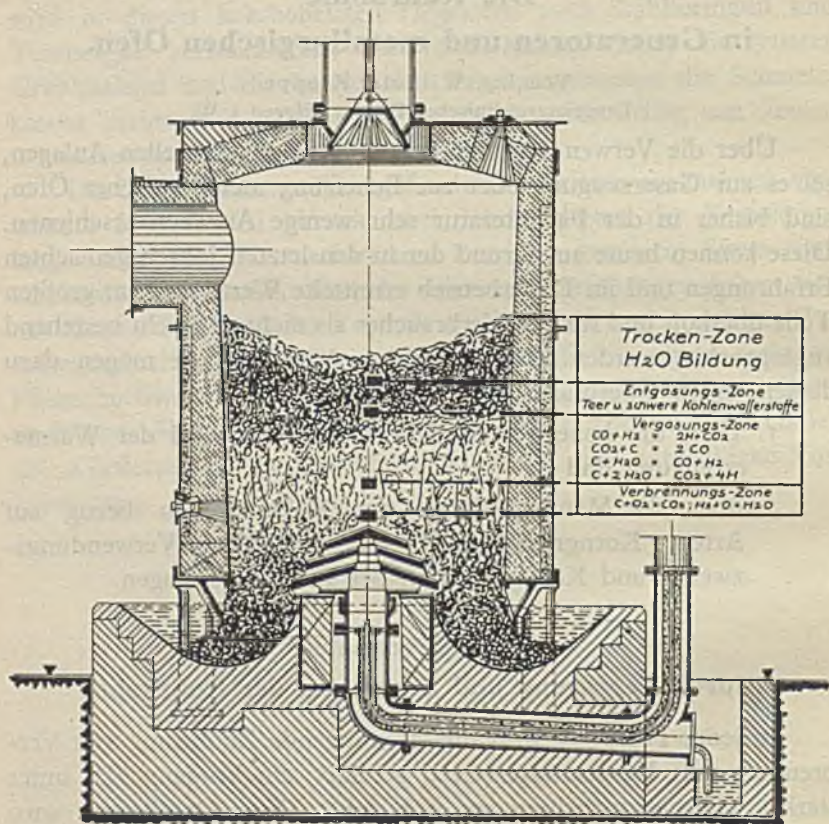


Abb. 1.

Es ist mithin leicht verständlich, daß bei der Gaserzeugung aus einer stark gashaltigen Kohle nicht allein die Vergasung, sondern auch die Entgasung von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Eine weitere Beachtung verdient die Trockenzone, welche den Brennstoff zur Entgasung und Vergasung vortrocknet und

wobei in der Hauptsache der H_2O -Gehalt des Brennstoffes ausgetrieben wird. Von Einfluß hierauf sind:

1. die Zeitdauer und die Höhe der Temperatur,
2. der Feuchtigkeitsgehalt des Brennstoffes.

Daraus folgt: die Zusammensetzung des Endproduktes, des Generatorgases, richtet sich im wesentlichen nach der Temperatur des Gaserzeugers, dem Bitumengehalt und dem Wassergehalt des Brennstoffes. Es kann also gesagt werden, daß die Erzeugung eines Gases bei hoher Gaserzeugertemperatur, großem Bitumengehalt und geringem Feuchtigkeitsgehalt des Brennstoffes gewährleistet ist.

Diese Grundbedingungen sind voll und ganz bei Vergasung von Ruhr-Gasflammkohlen gegeben, und zwar in der Hauptsache bedingt durch den hohen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen von etwa 32—38% und besonders durch den geringen H_2O -Gehalt des Brennstoffes.

Der Heizwert eines solchen Gases beträgt 1300—1400 WE im Mittel und eignet sich infolge seiner geringen Feuchtigkeit (etwa 35—50 gr/m³), hoher Eigentemperatur, ganz besonders zur Erzielung hoher Verbrennungstemperaturen.

Die Beurteilung des Generatorgases geschieht vielfach nach dem Heizwert, doch führt dies leicht zu Trugschlüssen infolge des wechselseitigen H_2O -Gehaltes.

Für die pyrometrische Wertung gilt die theoretische Grenztemperatur, welche errechnet wird: aus dem Heizwert H + Eigenwärme des Gases + Teerwärme + Wärmeinhalt des Wasserdampfes, dividiert durch die Abgasmenge R \times der spezifischen Wärme c , mithin:

$$T = \frac{H}{R \times c.}$$

Hieraus folgt: mit steigendem H_2O -Gehalt des Gases wird die Abgasmenge und die spez. Wärme größer, während der Heizwert des Gases, welcher sich bekanntlich auf trockenes Gas bezieht, unverändert bleibt, dagegen fällt der Wert für die Temperatur T .

Demgemäß gilt: je geringer der H_2O -Gehalt des Brennstoffes und je heißer der Generatorgang, desto höher ist der pyrometrische Effekt bei der Verbrennung des erzeugten Gases.

Zu einer einwandfreien Gegenüberstellung in bezug auf Wertigkeit der einzelnen Gase gelangt man durch Anwendung der Bezugswahlen:

eingeführte Wärmemenge/kg Frischgas

1 kg Abgas pro kg Frischgas.

Die Bezugswahl ist bedingt im Zähler durch den Heizwert des Gases und des Teeres zuzüglich der fühlbaren Wärme des Gases und des Wasserdampfes, im Nenner durch die Abgasmenge von 1 kg Frischgas und den Wasserdampfgehalt des Frischgases. Je höher die Gas-temperatur beim Austritt aus dem Generator, also dessen fühlbare Wärme ist, desto größer wird auch die Bezugswahl und der pyrometrische Wert des Gases. Da der Nenner die Abgasmenge enthält, so folgt hieraus, daß die Bezugswahl außerdem um so größer wird, je kleiner die Abgasmenge ist. Sie erreicht den höchsten Wert, wenn das Gas mit der theoretisch erforderlichen Luftmenge verbrannt wird. Je größer jedoch der Luftüberschuß bei der Verbrennung, desto größer wird die Abgasmenge und um so kleiner die Bezugswahl.

Das Ruhrkohlen-Generatorgas

steht unter Berücksichtigung des vorauf Gesagten an erster Stelle, infolge seines hohen Heizwertes, der hohen fühlbaren Wärme, des geringen Wassergehaltes und der niedrigen Abgasmenge. Wenn nun der Heizwert gegenüber dem Generatorgas aus anderen festen Brennstoffen etwas geringer ist, so ist es pyrometrisch demselben doch überlegen; gerade dieser Gesichtspunkt ist für die Verwendung in der Praxis von ausschlaggebender Bedeutung.

Die Bestätigungen hierzu haben die im Dauerbetrieb in vielerlei Betrieben ermittelten Werte erbracht.

Tabelle 1.

Generator-Gas aus Ruhr-Gasflammkohlen

a) Gasanalysen	b) Eigentemperatur des Gases	c) theoret. Grenz- temperatur	
CO ₂ — 4,0%	1. an Gaserz. 700°C	2100°C	—
C _n H _m — 0,2%			
CO — 28,0%	2. an d. Verbrauchst. 450°C	2000°C	—
CH ₄ — 2,0%			
H ₂ — 12,0%	3. kalt 0°C	1800°C	—
N ₂ — 53,8%			
100,0%			

a) Gasanalysen	b) Eigentemperatur des Gases	c) theoret. Grenztemperatur	
d) Ermittlung der Bezugswahlen			
	bei 700°C	450°C	0°C
Hu/m ³ — 1365 WE Hu/kg 1210 WE	1. bei theor. Luft.. 635	600	528
Spez. Gew 1,13 Teergehalt — 12g/m ³	2. bei 10% Luftübersch. 600	565	498
H ₂ O-Gehalt 50	3. bei 20% „ 560	528	462

Tabelle 2.

Gasausbeute aus verschiedenen Ruhr-Gaskohlen im Dauerbetriebe.

Generatorbauart	Schrägrost	Festrost	Drehrost	Schachtgenerator
Kohle	Generatorkohle	Gen.-Nüsse	Nüsse	Generatorkohle
Heizw. d. Kohle WE/kg	7300	7730	7700	7300
Gasausbr. m ³ /kg . . .	3,85	4,3	4,2	4,1
Gastemperatur C° . . .	640	475	750	650
Gasanalyse: CO ₂ . . .	4,2%	3,4%	3,6%	4,0%
CnHm . . .	1,0%	0,8%	0,2%	0,4%
CO . . .	26,2%	29,3%	29,0%	25,8%
CH ₄ . . .	2,1%	2,4%	1,8%	2,4%
H ₂ . . .	10,2%	9,5%	9,4%	11,6%
N ₂ . . .	56,3%	54,6%	56,0%	55,8%
Heizw. d. Gases WE/m ³	1380	1465	1310	1350
Wirkungsgrad des Generators:				
a) ohne fühlb. Wärme	72,9%	81,6%	71,4%	75,6%
b) mit „ „	83,5%	89,0%	84,2%	87,8%

Die Wirtschaftlichkeit des Ruhrkohlen-Generatorgases.

Die Entfernung der Verbrauchsstellen und die Eigenart des Betriebes gestatten nicht immer die Verwendung eines heißen Gases aus Kohle mit einem hohen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, und zwar hervorgerufen durch frühzeitiges Verschmutzen der Gasleitungen infolge Teer- und Flugaschen-Niederschlägen u. a. m.

Die Ruhrkohle gibt dem Verbraucher auf Grund ihrer vielseitigen Eigenschaften die Möglichkeit, Gas für den speziellen Verwendungszweck und die erforderlichen Betriebsbedingungen zu erzeugen.

Infolge der hohen Eigentemperatur des Ruhr-Steinkohlengases kann bei Fortleitung des Gases durch unterirdische, gemauerte Kanäle und nicht zu lange Gasleitungen immerhin an der Verwendungsstelle mit heißem Gas gearbeitet werden und infolge der geringen Abkühlung treten Teerschwierigkeiten nicht in Erscheinung. Grundbedingung ist jedoch für alle Brennstoffarten: zweckentsprechende Herrichtung von Staubsäcken zwischen Gaserzeuger und Gasleitung.

Bei langen, selbst ausgemauerten Freileitungen ist jedoch in allen Fällen die Verwendung aus teerfreiem Gas erforderlich. In diesem Falle sind dann allerdings die Wärmeverluste infolge der stärkeren Abkühlung des Gases größer; Tabelle 3 zeigt die Temperaturabnahme von strömenden Gasen in Kanälen und Freileitungen bei einer normalen Gasgeschwindigkeit von 2—3 m/sec.

Tabelle 3.

Temperatur des Gases	Temperaturabnahme per Meter		Abkühlung in 100° C bei einer Länge der	
	Unterirdische Kanäle und ausgemauerte Freileitungen mit guter Isolation	Unausgemauerte Freileitungen	Kanäle und ausgem. Freileitung. von m	Unausgemauerte Freileitung. von m
200—300° C	1,0° C	2,5° C	100	45
300—400° C	2,0° C	4,5° C	50	24
400—500° C	2,5° C	5,5° C	40	18
500—600° C	3,0° C	7,0° C	33	13
600—700° C	3,5° C	10,0° C	28	10

Demnach würde z. B. ein heißes Steinkohlengas von 700° C Eigentemperatur am Generator gemessen, bei Fortleitung in einer ausgemauerten Freileitung und einer mittleren Gasgeschwindigkeit von 2—3 m/sec nach 100 m Rohrleitung mit einer Eigentemperatur von 200° C eintreffen. Bei dieser Temperatur ist der Kondensationspunkt des Teeres erreicht, d. h. Teerschwierigkeiten in den Leitungen beginnen sich bemerkbar zu machen. Das macht zur Bedingung, daß alle Gase, erzeugt aus einer stark gashaltigen Kohle, von Teer befreit, also gewaschen werden müssen. Nun zeigt sich die besondere Stärke der Ruhrkohle in bezug auf ihre Mannigfaltigkeit der hier geförderten Kohlenarten. Während in andern Kohlenbezirken gewöhnlich

nur eine, meist gashaltige Kohle gefördert wird, werden im Ruhrgebiet von einer sehr gasreichen Kohle bis zum gasarmen Anthrazit Steinkohlen in allen Zwischenstufen gewonnen, und zwar:

1. die Gas- bzw. Gasflammkohlen mit 28—38 v. H. Gasgehalt,
2. die Fettkohlen „ 19—27 „ „ „
3. die Eßkohlen „ 12—18 „ „ „
4. die Mager- bzw. Anthrazitkohlen mit 5—11 v. H. Gasgehalt,
5. der Ruhr-Zechenkoks, welcher sich zur Erzeugung eines teerfreien Gases vorzüglich bewährt hat.

Es sind im voraus schon Gasanalysen über Gas aus Gasflammkohlen gebracht worden; nachfolgend soll über Gas aus gasarmen Kohlenarten gesprochen werden.

Die Fettkohlen eignen sich im allgemeinen infolge ihrer stark backenden Eigenschaft nicht zur Vergasung in Generatoren. An dieser Stelle soll nur auf die Verwendung der Fettfeinkohle zur Erzeugung des Ruhr-Zechenkoks hingewiesen werden, über dessen Verwendung in Generatoren zur Erzeugung eines teerfreien, heizkräftigen Gases später eingegangen wird. Immerhin dürfte es interessieren, welche Gaserzeugung bei Vergasung einer stark backenden Kohle erreicht würde.

Bansen ermittelte (siehe Mitteilung Nr. 11 der Wärmestelle des V. D. E.):

CO ₂ — 6,00	Heizwert der Kohle	7058 WE
CO — 24,80	Durchsatz des Generators	580 kg p.h.
CH ₄ — 2,50	Austrittstemperatur d. Gases	850 ⁰ C
C _n H _m — 0,40	Anfangstemperatur	1740 ⁰ C
H ₂ — 13,00	Kg C p. m ³ Gas	0,1885 kg
N ₂ — 52,30	Gasausbeute p. kg Kohle	3,57 m ³
Heizw. 1367 WE	Geb. WE im Gas/kg Kohle	4920 WE

Eßkohlen, Mager- und Anthrazitkohlen liefern ein fast teerfreies, heizkräftiges Gas mit hoher Eigentemperatur. Kostspielige Reinigungsanlagen werden nicht benötigt; infolge der größeren Reinheit werden Teerschwierigkeiten vermieden, wodurch eine hohe Betriebssicherheit gewährleistet ist.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über das aus gasarmen Brennstoffen erzeugte Generatorgas.

Tabelle 4.
Zusammensetzung der Generatorgase
aus gasarmen Brennstoffen.

	CO ₂	CO	O ₂	C _n H _m	CH ₄	H ₂	N ₂	WE/ cbm
1. Eßkohle	4,0	27,0	—	—	1,6	14,2	53,2	1325
2. Anthrazit-Druckgas	4,5	27,0	0,6	—	1,0	16,5	50,4	1335
3. Anthrazit-Sauggas .	3,2	27,6	0,4	—	1,6	9,8	57,4	1235
4. Brechkoks	4,6	27,8	—	—	0,6	12,6	54,4	1225
5. Kleinkoks	4,8	25,9	—	—	0,6	12,1	56,6	1145

Der Staubgehalt des Generators ist abhängig von der Kohlenart und Kohlensorte, dem Durchsatz und dem Gasdruck im Generator; er ist naturgemäß bei einer unaufbereiteten Kohle größer als bei aufbereiteten Kohlen. Tabelle 5 gibt den Staubgehalt der einzelnen Generatorgase.

Tabelle 5.
Gastemperaturen, Staub-, Teer- und Wasserdampfgehalt
der Generatorgase aus Ruhrkohle.

Generatorgas aus	Abzugstemper. am Generator	Staubgehalt g/m ³	Teergehalt g/m ³	Wasserdampf- gehalt g/m ³
Gasflammkohle	600—700° C	4—5	12	35
Anthrazit . . .	500—600° C	5—6	2—3	35—40
Brechkokk . . .	400—550° C	5—6	—	30

An Hand eines Beispiels soll versucht werden, die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Generatorgase zu berechnen.

Der Berechnung zugrunde gelegt ist eine Anlage mit 6500 cbm Stundenleistung oder 156000 cbm pro Tag.

Das Wärmeausbringen je Tonne Brennstoff ist aus der nachfolgenden Tabelle 6 ersichtlich.

Tabelle 6.
Wärmeausbringen je t Brennstoff.

	WE im kalten Gas	WE im heißen Gas
Steinkohle	5,30 · 10 ⁶	6,67 · 10 ⁶
Brechkokk IV	4,90 · 10 ⁶	5,56 · 10 ⁶
Anthrazit-Nuß IV	5,68 · 10 ⁶	6,58 · 10 ⁶

Für die Erzeugung der Wärmemengen des Beispiels sind die in der Tabelle 7 angegebenen Brennstoffmengen erforderlich.

Tabelle 7.

Erforderliche Brennstoffmengen pro Tag von 6500 m³ Gas/Stunde od. 156000 m³/Tag.

	bei kaltem Gas	bei heißem Gas
bei Steinkohle	41 Tonnen	33 Tonnen
„ Brechkoks IV	45 „	40 „
„ Anthrazit-Nuß IV	39 „	34 „

Von weiterer Wichtigkeit sind die erforderlichen Gesteungskosten zur Durchführung des Vergasungsprozesses; diese setzen sich zusammen:

1. aus den Kohlenkosten frei Werk,
2. aus den eigentlichen Vergasungskosten;
 - in letzteren sind enthalten:
 - a) die Löhne für Stocher und Hilfsarbeiter,
 - b) die Dampfkosten,
 - c) die Kraftkosten.

Bei den Berechnungen ist angenommen, daß die Anlage seit längerer Zeit besteht und abgeschrieben ist; Amortisation und Verzinsung sind deshalb nicht mit eingerechnet.

Die Ermittlung dieser Vergasungskosten geht weiter aus Tabelle 8 hervor.

Tabelle 8.

Vergasungskosten für 1000 m³ Gas u. eine Million WE im Gas.

	1000 m ³		eine Million WE	
	kaltes Gas	heißes Gas	kaltes Gas	heißes Gas
Generatorkohle	5,037	5,230	3,808	3,138
Gasflamm-Nuß I/II	6,065	6,160	4,573	3,701
Brechkok IV	4,648	4,701	3,793	3,380
Anthrazit-Nuß IV	4,655	4,768	3,941	3,327

Zum Schluß dürfte noch Tabelle 9 interessieren, die zeigt, welche Generatorkonstruktionen sich für die Vergasung der verschiedenen Kohlenarten eignen, und die den allgemeinen Verwendungszweck des aus diesen Kohlenarten gewonnenen Gases wiedergibt.

Tabelle 9.
Die für die Vergasung
in Frage kommenden Brennstoffe.

Brennstoff	Körnung	Generatorbauart	Eigenschaften des Gases	Verwendungszweck des Gases
Steinkohle.				
1. Gasflammkohle	a) Förderkohle	Siemens und Schachtgener. bei geringen Leistungen	hohe Abzugstemp. geringer Wasserdampfgehalt	Für Schmelzwecke in Stahl- und Glaswerken, Emaillierwerken, Metallhütten, Tiegelstahl für Wärmzwecke in Walzwerken und Schmiedeöfen, Stahlgießereien, keram. Industrien
	b) Generatork.	sämtliche Bauarten von Siemensgener. b. z. Drehrost	geringer Staubgehalt	
	c) Stückkohlen			
	d) gew. Nuß I, II			
	e) gew. Nuß III/IV	Drehrostgener m. Rührw.	hoh. Staubgehalt.	
2. Eßkohle	a) Stückkohle	wie 1 b		
	b) Bestmelierter			
3. Anthrazit	a) gew. Nuß III	Sauggasgenerator		z. Betr. d. Sauggasmotoren.
	b) gew. Nuß IV	Sauggasgenerator	hoh. H ₂ -Gehalt infolge größeren Dampfzus., kurze Flamme	Zum Beheizen kl. Muffelöfen
4. Koks	a) Kleinkoks	Generatoren mit Schachtausmauerung und wassergekühlten Mänteln		Trockenzwecke Glühöfen, Kühl- und Strecköfen, Kanalöfen in der keram. Industrie.
	b) Brechkoks III			
	c) Brechkoks IV			
	d) Perlkoks			

Die Verwendung der Ruhrkohle in metallurgischen Anlagen.

Zunächst soll von der gasförmigen Verwendung der Kohle für metallurgische Zwecke die Rede sein; hierbei unterscheidet man drei Hauptgasarten:

1. das Generatorgas,
2. das Koksofengas und
3. das Hochofengas.

In den Betrieben der Großeisenindustrie ist man sehr häufig dazu übergegangen, das überschüssige Hochofengas entweder direkt oder auch mit dem Koksofengas vermischt den einzelnen Verwendungsstellen zuzuführen. Die Verwendung dieser beiden Gasarten

bedingt jedoch vielfach eine gesonderte Brennerkonstruktion gegenüber Generatorgasen, weshalb an dieser Stelle ganz besonders darauf hingewiesen werden soll, vor Wahl der einzelnen Gasarten besonders die Brennerpartie der Feuerungsanlagen zu prüfen. Es würde zu weit führen, über die vielen Versuchsergebnisse bei Verwendung von Hochofengas zu berichten. Hierüber sind besondere Abhandlungen von den Ausschüssen des Vereins deutscher Eisenhüttenleute herausgegeben worden.

Zur allgemeinen Orientierung sind in Tabelle 10 und 11 einige Rechnungen durchgeführt worden.

In neuerer Zeit ist die Verwendung von Koksofengas für metallurgische Zwecke in den Vordergrund gerückt.

Tabelle 10.

Vergleichsrechnung zwischen Koksofengas und Hochofengas.
Zusammenstellung der Werte für Koksofengas.

1 cbm Gas enthält in %	WE u.H. 0 ⁰ -760mm	kg/cbm 0 ⁰ -760mm	Luftbed. theor. m ³	Verbrennungsgase in cbm			
				CO ₂	H ₂ O	N ₂	insgesamt
CO ₂ . . . 2,4	—	0,047	—	0,024	—	—	0,024
C _m H _m . . 5,2	730	0,065	0,743	0,104	0,104	0,592	0,800
O ₂ . . . 1,2	—	0,017	(0,056)	—	—	(0,044)	(0,044)
CO . . . 7,2	218	0,090	0,172	0,072	—	0,136	0,208
H ₂ . . . 59,9	1541	0,055	1,426	—	0,599	1,130	1,729
CH ₄ . . . 23,5	1997	0,168	2,240	0,235	0,470	1,773	2,478
N ₂ . . . 0,6	—	0,008	—	—	—	0,006	0,006
100	4486	0,45 kg	4,581	0,435	1,173	3,637	5,145
Für 15 ⁰ und 1 cbm Heizwert			(4,525)			(3,593)	5,101m ³
etwa 4115 WE/cbm			5,85 kg	0,855	0,94	4,499	6,30 kg

Tabelle 11.

Zusammenstellung der Werte für Hochofengas.

1 cbm Gas enthält in %	WE u. H. 0 ⁰ -760mm	kg/cbm 0 ⁰ -760mm	Luftbed. theor. m ³	Verbrennungsgase in cbm 0 ⁰ -760 mm			
				CO ₂	H ₂ O	N ₂	insgesamt
CO ₂ . . . 8	—	0,157	—	0,08	—	—	0,08 m ³
CO . . . 29	880	0,362	0,69	0,29	—	0,548	0,838
H ₂ . . . 3	77	0,003	0,07	—	0,03	0,057	0,087
N ₂ . . . 60	—	0,750	—	—	—	0,600	0,600
H ₂ O . . . 12gr	—	(0,012)	—	—	0,012 kg	—	—
	957	1,273	0,76m ³	0,37	0,03	1,205	1,605
			0,982kg	0,725	0,024	1,506	2,255 kg

Wenn man Koksofengas in irgendeiner Feuerungsanlage verwenden will, hat man sich daran zu erinnern, daß es in seinen Eigenschaften stark vom Generatorgas abweicht; deshalb müssen die Anwendungsarten dieser beiden Gase ganz verschieden sein. Die Analysen lassen die Unterschiede deutlich erkennen.

Es muß festgestellt werden, daß für eine Anlage, welche früher mit Generatorgas beheizt wurde, die Gesamtmenge der einströmenden Gase bei Zuführung gleicher WE-Mengen nach Umstellung auf Koksofengas sich im Verhältnis von etwa 1:1,3 vermindert. Ebenso die Menge der Abgase im Verhältnis von etwa 1.1.2. Da nach der Umstellung aber die gleichen Gasmengen durch die Anlage geleitet werden können wie vorher, so können diesen mehr WE zugeführt werden. Die Verbrennungsgasmengen bei Koksofengas sind etwa zwölfmal so groß wie das eingebrachte Gasluftgemisch; bei Generatorgas betragen sie etwa das Doppelte, wenn man die Ausdehnung der Gase von 1000 auf 1750 und die Volumenänderungen durch chemische Reaktionen berücksichtigt. Diese Eigenschaft erleichtert die Konstruktion der Gas- und Lufteströmungen bei Benutzung von Koksofengas, weil z. B. beim Martinofen die Anforderungen an den einströmenden und ausströmenden Kopf gleich sind.

Es muß betont werden, daß Koksofengas über fünfmal soviel Verbrennungsluft erfordert als Generatorgas, daß aber eine Mischung von 1 Vol. Koksofengas mit zugehöriger Luft etwa 1,3 mal den Wärmewert von einer Mischung Generatorgas und Luft darstellt. Der große Unterschied im Verhalten der Gase wird nicht nur durch die Tatsache bedingt, daß eine Mischung einen größeren Wärmewert hat wie die andere, sondern auch dadurch, daß Koksofengas schärfer brennt als Generatorgas, mit dem Ergebnis, daß die Flamme kürzer und von großer Intensität ist.

Infolge seines hohen Wasserstoffgehaltes ruft Koksofengas auch sehr bemerkenswerte Oberflächenverbrennungen auf dem Ofenfutter hervor; dies hat zur Folge, daß die Innenseite des Ofens aufleuchtet, ähnlich einem Glühstrumpfe und somit stärker leuchtet als die Flamme selbst. Diese wird infolgedessen häufig als unsichtbar bezeichnet. Bläst die Flamme aber durch die Türen aus, so sieht man sie auf einmal wieder gegen das dunklere Mauerwerk. In vielen Öfen leuchtet die Flamme stark an der Stelle des Gaseintritts. Die An-

nahme, daß die Zone des Leuchtens die eigentliche Flamme darstellt, ist irrig; vielmehr setzt hier erst die Verbrennung ein. Die Ofenleute haben die natürliche Neigung, nur das als Flamme oder „Gas“ zu bezeichnen, was wirklich sichtbar ist und ihre falschen Bemühungen, den Ofen mit sichtbarer Flamme zu füllen, führen oft zu übermäßig großem Gasverbrauch.

Man glaubt vielfach, Koksofengas sei leichter als Luft, es stiege deshalb an das Ofengewölbe und zerstöre dasselbe. Daß es oft nach oben brennt und daß es das Gewölbemauerwerk stark angreift, soll nicht verneint werden, aber der Grund der Störung muß anderswo gesucht werden. Kaltes Koksofengas, das am Brenner eingeführt wird, ist bedeutend schwerer als die vorgewärmte Verbrennungsluft; gleiche Temperaturen vorausgesetzt, ist das Koksofengas allerdings leichter. Angenommen, daß Luft und Gas in günstigem Verhältnis gemischt sind, entzündet sich das Gemisch ebenso schnell, wie es durch die vorgewärmte Luft erhitzt wird, und hat keine Neigung an das Gewölbe zu steigen.

Wenn Koksofengas durch Öffnungen strömt, die für Generatorgas entworfen waren, so wird die geringere Gasmenge mit verminderter Geschwindigkeit strömen, dann wird aber der Gasstrom so fein, daß er bei seinem Durchgang durch die Luft im Ofen schnell zerstäubt. Rasche Mischung und Verbrennung wird somit beschleunigt, aber die Kontrolle über die Richtung des Gasstromes geht ganz verloren.

Diese Arbeitsweise ergibt eine sehr kurze, scharfe Flamme. Der richtige Abstand, in welchem das Koksofengas von der Mauerwerkskante eingeführt werden muß, läßt sich durch Versuche ermitteln; der Brenner dagegen soll so konstruiert sein, daß es möglich ist, ihn nachzustellen, wenn er zurückbrennt; evtl. muß mit Wasserkühlung gearbeitet werden.

Eine bemerkenswerte Erscheinung von Koksofengas liegt darin, daß infolge der raschen Verbrennung und der kurzen Flamme die Abgastemperaturen geringer sind als bei Verwendung von Generatorgas, obwohl die Temperatur im Oberofen höher ist. Dies kommt von der langsamer brennenden Generatorgasflamme, einer Eigenschaft, welche die Neigung zur Zerstörung der Abgaskanäle vermindert. Die Beschädigung tritt stark auf, wenn mit Gasüberschuß gearbeitet

wird, was oft in solchen Fällen vorkommt, wo Koksofengas bisher nicht verwendet worden ist. Das unverbrannte Gas mit seinem hohen Wasserstoffgehalt mischt sich in den Abgaskanälen mit Luft, die durch die Ofentüren in den Ofen gelangt. Dort fängt die Verbrennung wieder an, an einer Stelle also, an der man sie am wenigsten gebrauchen kann. Die Durchwirbelung in den Abzugsöffnungen ist groß und daher die Verbrennung höchst intensiv.

Die zweckmäßigste Anwendung findet Koksofengas im Stahlwerk in Mischung mit Generatorgas, nicht nur aus technischen Gründen, sondern auch deshalb, weil der Vorrat an Koksofengas im allgemeinen zu beschränkt ist, um den Bedarf aller Schmelzöfen zu decken. Bei verständigem Variieren des Verhältnisses von Koksofengas zu Gaserzeugergas mit Rücksicht auf die verschiedenen Stufen der Stahlherstellung können bedeutende thermische Ersparnisse gemacht werden.

Während des Einsetzens der kalten Charge und während des Schmelzprozesses erfordert der Ofen große Wärmezufuhr, die sich nach der Abstichzeit hin stufenweise verringert. Dieser Bedarf kann nur gedeckt werden, durch Einführung einer größeren Gas- und Luftmenge. Bei zunehmender Gas- und Luftmenge vermehrt sich die Geschwindigkeit der durchströmenden Gase sehr; die Flamme wird so auf mechanische Weise „in die Länge gezogen“. Der kalte Einsatz selbst verzögert die Verbrennung und verlängert die Flamme dadurch noch mehr, mit dem Ergebnis, daß die Stärke der Beheizung dann abnimmt, wenn sie gerade am höchsten sein sollte. Dazu kommt, daß ein großer Teil der Nutzwärme dem Ofenherd verloren geht und sich in den Regeneratoren und dem Kamin entwickelt. Wenn aber die besonders starke Hitzeentwicklung durch Koksgas unterstützt wird, so kann man die Flamme gleichmäßig lang halten, anstatt deren Volumen und Geschwindigkeit zu vermehren. Dadurch wird die Intensität der Flamme überaus stark gesteigert, und der Wärmeübergang geht sehr schnell vor sich.

Wenn die Temperatur steigt und die Abstichzeit herankommt, wird weniger Hitze im Ofen benötigt. Die Gesamtgasmenge kann also vermindert und der Anteil an Koksofengas zur gleichen Zeit verringert werden. So ist es möglich, mit einer Flamme gleicher Länge zu arbeiten, ohne ihre Intensität zu ändern und ohne wissenschaftliche

Genauigkeit einzuhalten. Zumeist werden zufriedenstellende Ergebnisse erreicht in bezug auf Gasverbrauch und Chargenverkürzung.

Allgemeine Betrachtungen.

Die Temperatur einer Flamme ist schwer zu messen. Es ist zweifelhaft, ob überhaupt einer Flamme eine bestimmte Temperatur zugesprochen werden kann, denn Temperatur ist eine Eigenschaft der Materie und eine Flamme ist eher anzusehen als ein Grenzbezirk, in welchem eine Verbrennung im Gange ist. Temperatur ist ein Maß für die Wärme; in einer Flamme wird aber die Wärme erst freigemacht; sie ist demgemäß unbestimmbar. Es ist wohl kaum zweifelhaft, daß die Flammgase in verschiedenen Teilen der Flamme verschieden heiß sind. Die Temperaturen in der Flamme und die Zusammensetzung der Gase in der Flamme sind einem dauernden Wechsel unterworfen. Die Schwierigkeit wächst, sobald man die wahre Temperatur wissen will. Wenn es inaktive Verbrennungsprodukte wären, so würde ein zweckentsprechendes Pyrometer oder Thermometer genügen, da das Material, aus welchem es gebaut ist, bald die wahre Temperatur annehmen würde. Leider ist ein solches Instrument nicht brauchbar in einer Flamme, in der die Gase sich in einer chemischen Umsetzung befinden.

Aus diesen Gründen ist es nicht ratsam, von einer bestimmten Flammentemperatur zu sprechen. Es ist besser, die Flammenintensität zu berücksichtigen, indem man diese Eigenschaft definiert als die Wärmemenge, die in der Einheit des Volumens und in der Zeiteinheit frei wird. In dem Maße, in welchem die Reaktionsgeschwindigkeit der Gase steigt, wird die Flamme kürzer, vorausgesetzt, daß die nachströmende Menge von Gas und Luft in bezug auf Menge und Zusammensetzung gleich bleibt. Wenn die Flamme kürzer wird, und dennoch die gleiche Zahl von WE aus einer gegebenen Gasmenge freimacht, so steigt die Intensität der Flamme. Die Geschwindigkeit, mit der die Gase reagieren, hängt ab von

1. der chemischen Zusammensetzung des Gases. Koksofengas reagiert mit Luft oder Sauerstoff schneller als Generatorgas,
2. den Temperaturen von Gas und Luft vor dem Zusammenreffen,

3. der Temperatur der Umgebung; (Ofenmauerwerk und Charge),
4. der Durchwirbelung, welche das Maß der Mischung der Gase hervorruft und somit einen Einfluß auf deren Eigenschaften ausübt. Bei Verbrennungen in Öfen ist dies der wichtigste aller Faktoren,
5. der Art der Umgebung, (ob die Flamme in einem Gefäß aus Platin, Chrom, Eisen, Kieselsäure oder feuerfestem Mauerwerk brennt).

Alle diese Faktoren sind experimentell im Laboratorium geprüft worden, hauptsächlich in bezug auf die Schnelligkeit der Flammenbildung in Gasmischen. Ausdrücke, wie „weiche Hitze“, „weiche Flammen“, „schneidende Flammen“, „harte Flammen“ können wissenschaftlich als Flammen verschiedener Intensität und als solche mit Luftüberschuß oder Luftmangel betrachtet werden. „Intensität“ der Flamme wurde definiert als die Wärmemenge, die in der Einheit des Raumes und der Zeit frei wird. Die Flammenintensität ist das eigentliche Kriterium, mit dessen Hilfe die obengenannten Ausdrücke auseinandergehalten werden können.

Aus Beobachtungen geht hervor, daß die Intensität der Flamme proportional ist:

1. dem Wärmewert der Gas- und Luftmischung,
2. der „Flammengeschwindigkeit“, d. h. sie ist abhängig von der konstanten Reaktionsgeschwindigkeit.

Daraus folgt, daß die Flammenintensität umgekehrt proportional der Flammenlänge ist unter der Voraussetzung, daß eine Änderung der Länge nicht durch einen Wechsel der mechanischen Geschwindigkeit von Gas oder Luft hervorgerufen wird.

Die Verwendung von Koksofengas und Hochofengas.

Um Generatorgas durch ein Gemisch von Hochofengas und Koksofengas zu ersetzen, empfiehlt es sich, eine Mischung von etwa 2000 WE herzustellen, obwohl der für gutes Generatorgas übliche Heizwert ungefähr 1325 WE beträgt. Dieser Heizwert wird gewöhnlich durch Analyse einer teer- und rußfreien Probe bestimmt; er schließt also diese zwei Bestandteile größten Heizwertes nicht ein. Deshalb ist es fast unmöglich, den wahren Heizwert von Generator-

gas so, wie es in die Gasbrenner eintritt, zu bestimmen. Der Heizwert ist ebenso abhängig von der fühlbaren Wärme des Generatorgases, welche mit der Länge der Leitung variiert.

Betriebsanforderungen.

Im Schmelzbetrieb ergeben sich durch das Mischen vielerlei Vorteile:

- a) Das ganze Gasventil ist leichter in Ordnung zu halten als bei Verwendung von Generatorgas; es verschmutzt nicht und kann dicht aufsitzen.
- b) Ausbrennen ist nicht mehr nötig; dadurch wird Zeit und Arbeit gespart.
- c) Das Anwärmen gestaltet sich höchst einfach, da zeitweise Koksofengas dem Ofen zugeführt werden kann. Wenn das Mauerwerk heiß genug ist wird die Hochofen-Koksgasmischung auf dem gewöhnlichen Wege zugeführt.
- d) Die Kosten werden auf ein Minimum verringert, da keine Kohle, keine Generatoren und Stocharbeit mehr nötig sind.

Die Nachteile sind folgende:

- a) Derjenige, welcher bisher an Generatorgas gewöhnt war, braucht einige Zeit, um den neuen Brennstoff kennenzulernen, denn die Flamme ist eine andere. Jeder Versuch, eine im ganzen Ofen sichtbare Flamme herzustellen, bedingt einen Gasverlust.
- b) Das Gas tritt kalt in die Regeneratorkammern ein.
- c) Eine Generatoranlage ist elastisch und kann plötzlichen Spitzenbedarf decken. Hochofen und Koksöfen können das nicht. Diese Schwierigkeit kann allerdings beseitigt werden durch die Anlage eines genügend großen Vorratsbehälters, der alle Öfen, wenn nötig, in den ersten vier Stunden der Charge, in denen der Gasverbrauch am größten ist, zusammen beliefern kann.

Die Kosten des Gases sollten nur eine nominelle Rolle spielen; denn die Gasproduktion ist beim Hochofen wie beim Koksofen unausbleiblich. Es kann natürlich vorkommen, daß ein Wert fest-

gesetzt werden muß für den Gebrauch an Brennstoffen oder für die Stromerzeugung. Dieser Wert hängt in weitem Maße von der Lage des Werkes ab. Häufiger wird das Überschußgas im eigenen Betrieb verbraucht. Wenn es Generatorgas ersetzt, so sollte der Preis von Werksabteilung zu Werksabteilung auf Basis von Generatorkohle auf folgende Weise festgesetzt werden:

Angenommen, die Vergasung einer Tonne Generatorkohle koste 20.— Reichsmark unter Einschluß der Arbeitslöhne, der Unterhaltungskosten usw. an den Generatoren. Ist der Heizwert der Kohle 7200 WE/kg und der Generatorwirkungsgrad 70%, dann liefern die Generatoren:

$$7200 \cdot 0,7 \cdot 1000 = 5040000 \text{ WE für } 20, \text{— } \text{R.M.}$$

Der Heizwert eines mittleren Koksofengases beträgt 4200 WE, somit darf

$$1 \text{ m}^3 \text{ Koksofengas} = \frac{2000 \cdot 4200}{5040000} = 1,67 \text{ R.M./m}^3$$

kosten.

Der Heizwert von Hochofengas ist in der Regel 970 WE/m³; einem Kubikmeter Hochofengas entsprechen somit 0,23 cbm Koksofengas zum Preise von 0,385 R.M./m³.

Eine Mischung von 1 Volumen Koksofengas und 2 Volumen Hochofengas kostet demnach 0,83 R.M./m³ bei einem Heizwert von 2050 WE/m³.

Wenn bessere Preise als diese durch Abgabe nach außerhalb erzielt werden können, so wird es sich bestimmt lohnen, die Gase zu verkaufen und weiterhin mit Generatorgas zu arbeiten.

Zum weitaus größten Teile dürfte in Verbraucherkreisen für die verschiedenen Fälle nur die alleinige Verwendung von Steinkohle bzw. Steinkohlengeneratorgas in Frage kommen. Deshalb soll im folgenden versucht werden, einmal die Verwendung von aus Steinkohle erzeugtem Generatorgas und dann die Verwendung der Steinkohle direkt, sei es in Halbgasfeuerungen usw. an Hand von Beispielen aus der Praxis zu besprechen.

Im ersten Teil der Abhandlung ist über die eigentliche Gas-erzeugung in hinreichendem Maße gesprochen worden; dem Ver-

braucher oder Betriebsmann soll jetzt Aufschluß über die Kontrolle bzw. Wirtschaftlichkeit seines eigenen Gaserzeugerbetriebes gegeben werden. Hierzu gehört die Wärmebilanz und der Wirkungsgrad.

Zur Durchführung der Wärmebilanz und des Wirkungsgrades ist erforderlich zu wissen:

A. Die Nutzwärme L_1 , welche sich zusammensetzt:

aus dem Heizwert des Gases + Eigenwärme + Heizwert des Teers + der fühlbaren Wärme des Teers + Gasfeuchtigkeitwärme + fühlbare Wärme der Feuchtigkeit.

B. Die Wandverluste S_1 . Sie betragen beim

1. gemauerten Schacht mit Blechpanzer durch Strahlung und Leitung bei normalen Gaserzeugern (2,6 m \varnothing) und gutem Betrieb 50000—80000 WE/St;

2. bei Wasserkühlung können die Wandverluste sehr erheblich sein, z. B. bei 10 m³ Kühlwasser je Stunde und 30⁰ Temperaturerhöhung des Wassers rund 300000 WE/St. Dazu kommen noch die Strahlungsverluste der nichtwassergekühlten Teile, so daß ein wassergekühlter Gaserzeuger rund 320000 WE/St. Wandverluste haben kann. Da ein Gaserzeuger normalerweise bei flottem Betrieb 500 kg/St. Steinkohle = $3,5 \cdot 10^6$ WE/St. durchsetzt, betragen die Wandverluste 1,5 bzw. 9% des Wärmeeinsatzes; bei kleinem Durchsatz und kleinem Gaserzeuger natürlich entsprechend mehr.

C. Die Lässigkeitsverluste Q_2 bestehen aus den Stoch- und Gasverlusten (undichter Mantel, undichte Stochlöcher); sie betragen meist 1—1,5% der eingesetzten Kohlenwärme; davon sind 0,3—0,5% Gasverluste beim Stochen ohne Verschuß.

D. Die Feuerungsverluste E bestehen aus dem Wärmehalt der Asche [Aschegewicht \times (Heizwert + fühlbare Wärme)]. Der Heizwert der Asche soll nicht über 1% der eingesetzten Kohlenwärme ausmachen, das Brennbare nicht über 10% des Aschegewichtes.

E. Die Wärmeeinnahmen Q . Sie bestehen im Heizwert der vergasten Kohle, der Spaltungswärme der Kohlenwasserstoffe (die negativ sein kann), und dem Wärmeinhalt des Gaserzeugerwindes und seiner Feuchtigkeit (die Verdampfungswärme des Dampfes ist nicht einzusetzen, da die Bilanz mit unteren Heizwerten rechnet).

Beispiel: Wärmebilanz eines Gaserzeugers.

Gaserzeugerdaten:

Leistung je m^2 Schachtquerschnitt	127,5 kg/m^2
Durchmesser	3 m
Kohlensorte	gute Nußkohle
Durchsatz	900 $kg/St.$

A. Wärmeausgabe.

1. Nutzwärme L_1 :

a) Gas: Heizwert $4,18 m^3$ Gas/kg	
Kohle . $1315 WE/m^3$	$= 5500 WE = 77,5\%$
fühlbare Wärme $4,18 m^3 Gas \cdot 780^\circ C \times$	
$0,32 WE/m^3 \cdot ^\circ C$	$= 1040 WE = 14,6\%$
b) Teer: Heizwert $0,03 kg \cdot 8000 WE/kg =$	$240 WE = 3,4\%$
fühlbare Wärme $0,03 \cdot 780^\circ C \cdot 0,35$	
WE/kg	$= 8,2 WE = 0,1\%$
c) Feuchtigkeit: fühlbare Wärme	
$0,0466 kg/m^3 Gas \times 4,18 m^3 Gas \cdot$	
$780^\circ C \cdot 0,484$	$= 73,5 WE = 1,0\%$

2. Wandverluste S_1 :

geschätzt $100000 WE/St.$ bei $900 kg$	
Durchsatz	$= 111 WE = 1,5\%$

3. Lässigkeitsverluste Q_2 : (als Restverlust

bestimmt)	$= 34,8 WE = 0,5\%$
---------------------	---------------------

4. Feuerungsverluste E :

Aschenverlust $0,01205 kg C/kg Kohle \cdot$	
$8100 WE/kg$	$= 97,7 WE = 1,4\%$
	<hr/>
	$7105,2 WE \quad 100,0\%$

von a) bis c): $L_1 = 96,6\%$ von Q_1 .

B. Wärmeeinnahme.

Heizwert der Kohle: 1 kg Kohle .	7065	
WE/kg	=	7065 WE
fühlbare Wärme der Luft: 2,98 m ³ Luft .		
20°C . 0,312	=	18,6 WE = 0,26 %
Dampfzusatz: 0,36 kg Dampf . 120°C .		
0,60 WE/kg	=	21,6 WE = 0,3 %
		<hr/>
		7105,2 WE

$$\text{Gaserzeugerwirkungsgrad} = \frac{L_1}{Q_1} = 96,6\%.$$

Wirkungsgrad. Der Gaserzeugerwirkungsgrad stellt das Verhältnis von Nutzwärme L_1 zu der in den Gaserzeuger eingeführten Wärmemenge Q_1 dar. Nicht zu verwechseln ist der Gaserzeugerwirkungsgrad mit der Wärmeausnutzung des vergasteten Brennstoffes am Ofen, die viel geringer ist, weil auf dem Wege in der Leitung Teer, Ruß und fühlbare Wärme verlorengehen. Der Gaserzeugerwirkungsgrad beträgt bei guter Kohle und Wartung 90—97%, bei mäßiger Kohle 80—90% und bei schlechter Wartung noch weniger. Am Ofen beträgt die Wärmeausnutzung des vergasteten Brennstoffes meist noch 5—15% weniger als sich aus den obigen Wirkungsgraden errechnet. Die Wärmeausnutzung des Brennstoffes kann bei Erzeugung von heißem, schlechtem Gas (wenn gute Ausmauerung die Strahlungsverluste kleinhält) ebensogut sein wie bei Erzeugung kalten, guten Gases. In ersterem Falle steigen aber die Leitungsverluste unverhältnismäßig, weil das Temperaturgefälle der Leitung und der CO-Zerfall unter Rußbildung zunimmt, außerdem nimmt der Gebrauchswert des Gases für die meisten Zwecke ab, da seine Verbrennungstemperatur sinkt.

An Hand dieses Beispiels ist nun der Verbraucher sehr leicht in der Lage, eine Rechnung seiner eigenen Wirtschaftlichkeit durchzuführen. Erbringt diese Rechnung für die betreffende Kohlenart kein zufriedenstellendes Bild, so ist ein jeder Verbraucher bei Verwendung der Ruhrkohle jederzeit in der Lage, infolge der vielerlei Arten und Körnungen eine für seinen Betrieb geeignete Kohlenart auszusuchen, um infolge des unterschiedlichen Preises je nach Körnung auch seine Wirtschaftlichkeitsberechnung den Wünschen

entsprechend festlegen zu können. Infolge der Mannigfaltigkeit der Ruhrkohle ist es dem Verbraucher weiterhin zu jeder Zeit möglich, bei Störungen in der Belieferung seiner besonderen Kohle sofort auf eine andere Sorte überzugehen, wodurch Betriebsstörungen ausgeschlossen sind. Darin liegt die außerordentliche Stärke der Ruhrkohle gegenüber allen anderen Kohlenarten.

Das unter Berücksichtigung der persönlichen Wünsche des Verbrauchers wirtschaftlich erzeugte Generatorgas kann für vielerlei Zwecke Verwendung finden. Am meisten bekannt ist die Verwendung für Schmelz- und Wärmezwecke.

Für Schmelzzwecke kommen in erster Linie der Siemens-Martin-Ofen und der Tiegelschmelzofen in Frage. (Auf den Schmelzprozeß des Tiegelschmelzofens wird später noch eingegangen werden.) Der Kohlenverbrauch des Siemens-Martin-Ofens beträgt im Mittel ungefähr 24—26%, wie Tabelle 12 zeigt.

Tabelle 12.

Nr.	Leistung	Leistung kg je m ³ Herdfläche und Stunde	Brennstoff- ver- brauch	Kohlen- verbrauch kg/t Stahl	Heizw. der Kohlen WE/kg	Wärme- verbrauch t Stahl bzw. /Kohle 1 · 10 ⁴ WE	Kohlen- verbrauch in % der Erzeugung
1	4,34	243	300	230	7000	1,61	30,0
2	4,93	223	238	254	7100	1,8	23,8
3	5,45	211	228	231	—	1,62	22,8
4	6,975	285	215	210	7500	1,53	21,5
5	8,100	213	231	220	7500	1,65	23,1
6	8,330	247	244	—	7465	—	24,4
7	9,800	218	220	140	7000	—	36,0
im Mittel	—	—	—	214	7260	1,64	25,9 Steinkohle

Als Überschlagsrechnung zur Ermittlung des Wärmebedarfs für den Martinofen-Prozeß bei Schrottverfahren mögen folgende Anhaltzahlen aus der Praxis dienen:

1. Kohlenverbrauch 20—30% (Kohle von 7000 WE/kg) = $1,4 \cdot 2,1 \times 10^6$ WE/t Stahl.
2. Mischgasverbrauch aus Hochofen- und Koksofengas von 2000 WE/m³ rund $600—900$ m³/t = $1,20 \div 1,80 \cdot 10^6$ WE/t Stahl.

3. Kaltes Koksgas von rund 4000 WE/m^3 rund $300 \text{ — } 400 \text{ m}^3/\text{t} = 1,2\text{—}1,6 \times 10^6 \text{ WE/t}$ Stahl.

Bei Schrottverfahren mit flüssigem Roheiseneinsatz sinkt der Kohlen- bzw. Wärmeverbrauch um etwa $10\text{—}20\%$, beim Roheisenerz bzw. Talbotverfahren entspricht der Kohlen- bzw. Wärmeverbrauch etwa dem des Schrottverfahrens mit flüssigem Einsatz.

Die im Martin-Ofen erschmolzene Charge wird dann in Kokillen oder als Stahlguß vergossen. Die in den Kokillen vergossenen Blöcke wandern nun zum Walzwerk und werden hier in Walzwerksöfen, auch Stoß- und Rollöfen genannt, erwärmt und in Walzenstraßen zur weiteren Formgebung ausgewalzt. Diese Walzwerksöfen werden zum weitaus größten Teile mit Generatorgas beheizt. Zur Durchführung eines guten Betriebes ist folgendes zu berücksichtigen:

Es ist bereits schon früher gesagt, daß zur Übertragung der Wärme von der Flamme auf das Werkstück eine gewisse Temperaturspannung vorhanden sein muß, von deren Höhe andererseits die Wärmezeit abhängig ist. Je geringer diese Temperaturspannung, desto gleichmäßiger wird die Wärme dem Block zugeführt und desto mehr wird auch sein Gefüge geschont. Allerdings wird die Wärmzeit aber hierbei unzulässig lang und damit die eigentliche Ofenleistung zu gering. Weiterhin ist zu befürchten, daß das Werkstück zu lange im Ofen liegen bleibt, d. h. der chemischen Einwirkung der Flamme ausgesetzt ist und verzundert.

Es ist durch Versuche einwandfrei ermittelt, daß bei flottem Ofengang zur Erwärmung des Eisens eine Temperaturspannung von $150\text{—}200^\circ$ über der Ziehtemperatur des Blockes an der Entnahme- oder Ziehtür vorhanden sein muß. Daraus ergibt sich, daß für Material mit guter Durchweichung und bei langsamer Ofenarbeit eine Temperaturspannung von 100° genügt. Bei flottem Arbeitsgang dagegen ist unbedingt eine Temperaturspannung von 200° anzustreben. Im Durchschnitt gerechnet muß also die Ofentemperatur zumindest 150°C über der Werkstücktemperatur liegen, die man an der Ziehstelle braucht.

Wird hingegen satzweise gearbeitet, so ist zum rascheren Aufheizen unbedingt eine höhere Flammentemperatur erforderlich.

Da nun der Block im Stoßofen und besonders auf dem Stoßherd immer den Herd bedeckt, erfährt er in erster Linie eine Erwärmung

von oben und demgemäß ist zwischen der Ober- und Unterfläche des Blockes ein gewisses Temperaturgefälle vorhanden. Einen ungünstigen Einfluß haben hierbei die wassergekühlten Gleitrohre. Man hat wiederholt versucht, mit schmiede- oder gußeisernen Gleitschienen auszukommen, doch sind hierbei gewisse Störungen des Ofenbetriebes, wie z. B. Wegbrennen der unbedeckten Gleitschienen u. a. m., mit in Kauf zu nehmen. Deshalb ist man in vielen Fällen neuerdings auch wieder auf wassergekühlte Rohre zurückgekommen, um einen ungestörten Ofenbetrieb durchzuführen. Bei Wahl der wassergekühlten Schienen soll man sich in bezug auf deren Durchmesser, Länge und Anzahl wiederum auf das Notwendigste beschränken, um die Wärmeverluste im Kühlwasser möglichst klein zu halten. Für alle Stoß- und Rollöfen ist Bedingung, den sich an den Stoßherd anschließenden Schweißherd nicht zu klein, etwa 3—4 m zu wählen, um die Blöcke nach Verlassen des Stoßherdes durch sachgemäße Einzelbehandlung auf dem Schweißherd durch den Schweißer fertigzumachen. Dies geschieht nach bekannter Weise durch häufiges Kanten oder Rollen des Blockes auf dem Schweißherd, wodurch eine allseitige Erwärmung und Durchweichung erreicht wird.

Bei kaltem Einsatz rechnet man im Mittel mit einer Belastung von etwa 2,5—3 t pro m² Herdfläche und Stunde. Der Wärmeaufwand pro t beträgt rund 561 900 WE, so daß z. B. unter Berücksichtigung eines Steinkohlengases mit einer Gesamtwärmemenge von rund 1700 WE der Kohleverbrauch 8% betragen wird. Die erforderliche Windmenge zur Verbrennung des Gases ist mit 15—20% Luftüberschuß zu bemessen unter Berücksichtigung einer Luftvorwärmung von etwa 500—550⁰C am Luftsammelkanal. Auf Grund dieser bekanntgegebenen Zahlen dürfte eine Abbrandziffer von 2—3% erreicht werden.

Es können aber auch Fälle vorkommen, wo keine Zentral-Generatorgasanlage vorhanden ist; es ist dann ratsam, vorausgesetzt, daß die Platzverhältnisse dies zulassen, den Gaserzeuger direkt vor den Ofen zu setzen, wie aus Abbildung 2 ersichtlich ist. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß mit dem Gase die gesamte Eigenwärme, Teer usw. mit hohen Eigentemperaturen zur Verwendungsstelle gelangen und den Effekt des Ofens nur günstig beeinflussen.

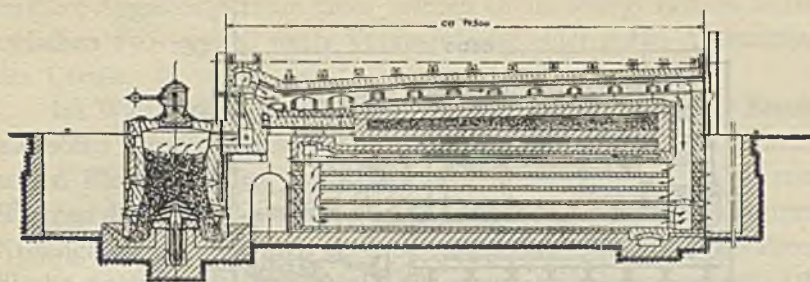


Abb. 2. Stoßofen.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich, wird das im Gaserzeuger A erzeugte Gas in einen Gasverteilungskanal B geleitet und von hier durch Gasaustrittsschlitze C dem Brennerraum D zugeführt, in welchem unter Zuführung von vorgewärmter Verbrennungsluft, aus den Schlitzen E kommend das Gas verbrannt wird. Die Vorwärmung der Verbrennungsluft geschieht derart, daß in einem Rekuperator die Eigenwärme der den Ofen verlassenden Verbrennungsprodukte nach dem Gegenstromprinzip wieder nutzbar gemacht wird. Die

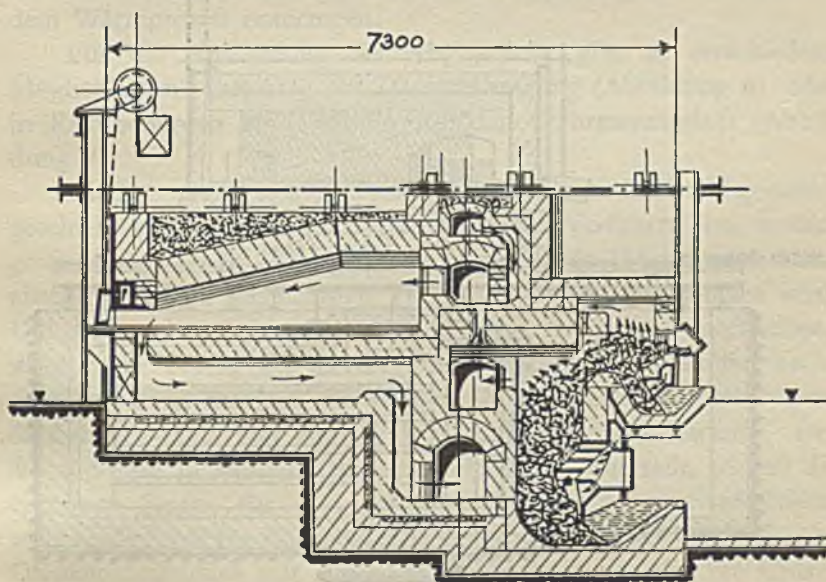


Abb. 3

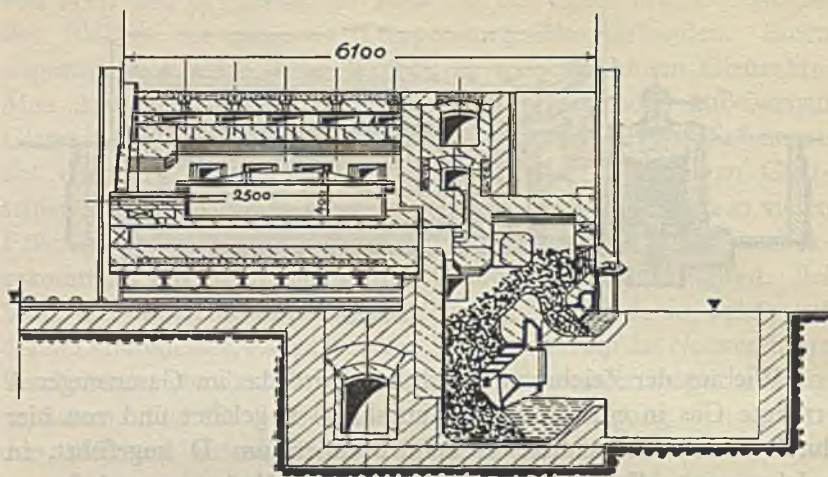


Abb. 4.

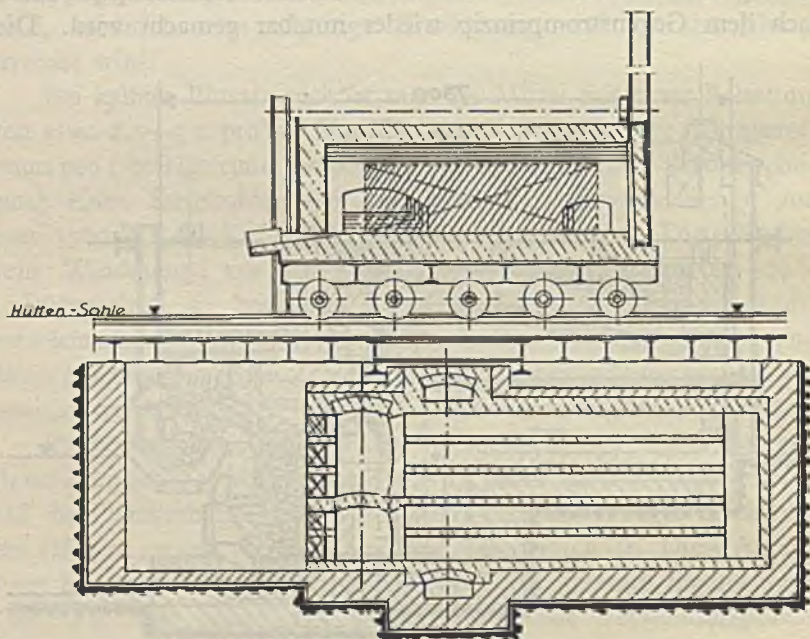


Abb. 5.

mittlere Abgastemperatur eines solchen Ofens bewegt sich im Mittel zwischen 250—350°C unter Voraussetzung einer guten Ausnutzung des Ofens.

Im Walzwerk werden vielerlei Materialarten ausgewalzt; Blechwärmöfen dürften besonders interessieren. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen Blechwärmöfen, und zwar Abbildung 3 einen Ofen zum Wärmen der Bleche im offenen Feuer, Abbildung 4 einen sogenannten Kistenglühofen, wobei, wie der Name sagt, das Glühen der gewalzten Bleche unter Luftabschluß in sogenannten Glühkisten erfolgt. Die Beheizung kann mit Gas oder Halbgas erfolgen; sie richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen.

Die schweren Blöcke, auch Ingots genannt, wandern vom Stahlwerk zu den Tieföfen und von hier entweder zum Walzwerk oder zur Schmiede, in welcher sie zu Kurbelwellen, Pleuel- und Kolbenstangen usw. ausgeschmiedet werden. Das Erwärmen der schweren Blöcke geschieht in Blockschmiedeöfen, welche zweckmäßigerweise mit fahrbarem Herd ausgerüstet sind. Eine solche Konstruktion geht aus Abbildung 5 hervor. Mittlere Blöcke werden in Schmiedeöfen mit stationärem Herd, wie aus Abbildung 6 und 7 ersichtlich, dem Wärmeprozeß unterzogen.

Für die Ausnutzung der Abgaswärme gibt es verschiedene Möglichkeiten: entweder zur Dampferzeugung (Abbildung 6) oder in Rekuperatoren zur Vorwärmung der Verbrennungsluft (Abbildung 7).

Die Erzeugung von hochwertigem Stahl, kurz Edelstahl genannt, geschieht im Gegensatz zum Siemens-Martin-Verfahren zum weitaus größten Teile in der Weise, daß die Legierung in Tiegeln unter Luftabschluß in dem sogenannten Tiegelschmelzofen geschmolzen wird. Die geschmolzene Charge wird in Kokillen vergossen; anschließend werden die Blöcke des hochlegierten Materials in Tieföfen nachgeglüht. Dann kommen die nachgeglühten Blöcke zu Spezialwärmöfen und werden hier zum Walzen oder Ausrecken erwärmt. Der Wärmeprozeß in solchen Öfen ist stufenweise unterteilt, so daß die einzelnen Stufen für das Gut gewisse Wärmzonen ermöglichen, wobei jede Stufe für sich gesondert einreguliert werden kann. Solche Ofenkonstruktionen mit stufenweiser Vorwärmung, also die Unterteilung des Wärmeprozesses in gewisse Zonen für das Material,

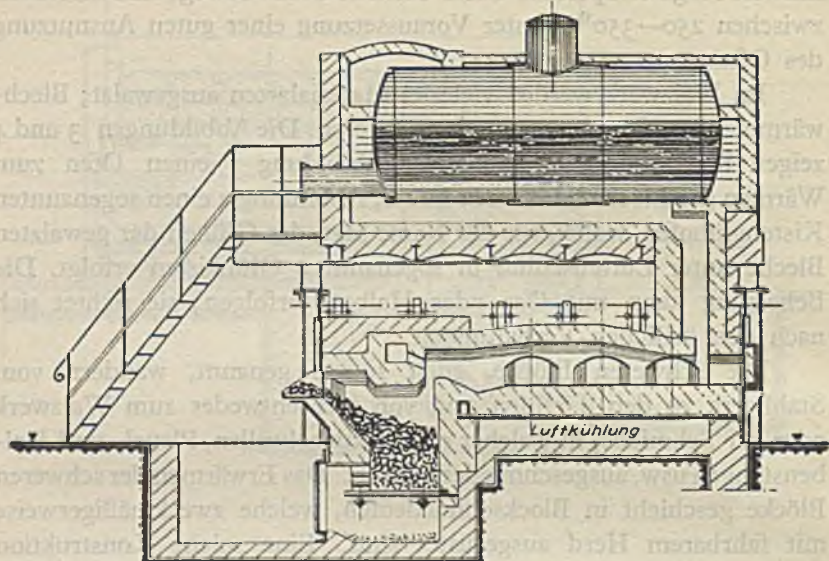


Abb. 6.

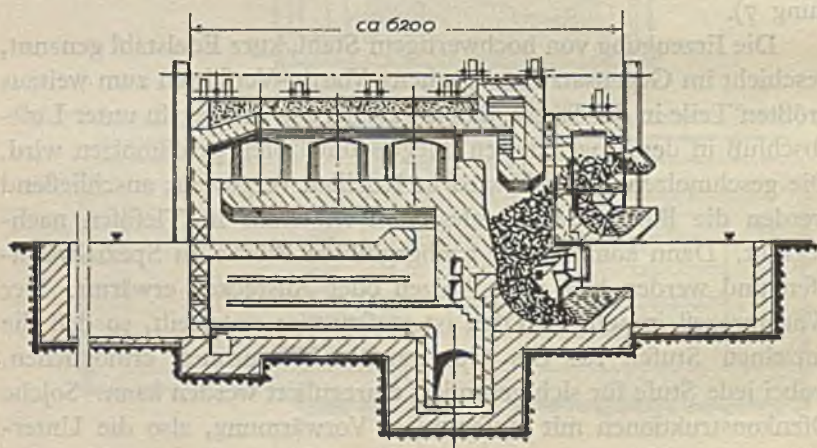


Abb. 7.

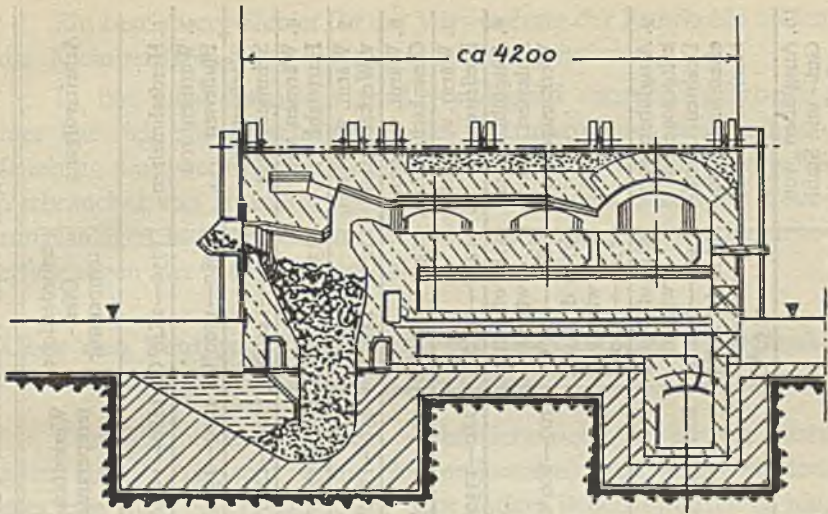


Abb. 8.

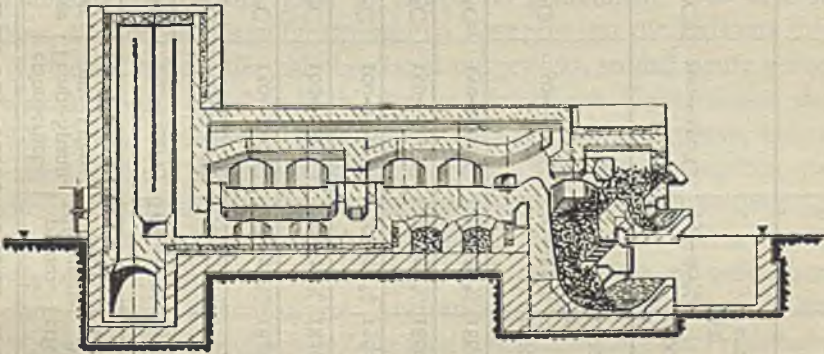


Abb. 9.

geben die Abbildungen 8, 9 und 10. Die Konstruktion nach Abbildung 8 eignet sich für kleinere Mengen, die Konstruktion nach Abbildung 9 dagegen für größere.

Für den Verbraucher ist von besonderer Wichtigkeit, für alle Prozesse die Wärmetemperatur des Werkstückes und die erforderliche Ofentemperatur zu wissen. Einen Überblick hierüber gibt Tabelle 13.

Tabelle 13.

Ofen- und Werkstück-Temperaturen für verschiedene Arbeitsvorgänge.

Arbeitsvorgang	erforderliche Ofen-temperatur	Werkstück-temperatur	mittlere Temper.	erforderliche Temp.-Spann. zw. Ofen u. Werkst.	pyrom. Wirkungs-grad	erforderliche Anfangs-temperatur	erforderl. WE/kg Abgas	Wärme-inhalt v. /kg Wärmegut
1. Herdschmelzen	1750—1840°C	1480—1560°C	1520°C	250—300°C	68—70%	2580—2650°C	780—830	254 ¹
2. Wärmen von Flußeisen . . .	1380—1500°C	1200—1300°C	1250°C	100—200°C	70—75%	1920—2060°C	560—620	198
3. Wärmen von Schmiedeeisen .	1350—1420°C	1100—1200°C	1150°C	150—200°C	68—75%	1840—2040°C	520—620	185
4. Wärmen von Hartstahl . . .	1300—1400°C	1150—1200°C	1150°C	100—150°C	70—74%	1820—1930°C	510—570	185
5. Wärm. z. Walzen v. Werkzeugstahl	1250—1350°C	1050—1150°C	1100°C	100—150°C	70—74%	1760—1860°C	480—520	177
6. Wärm. v. Eisen f. Gesenkschm.-Arb.	1300—1400°C	1100—1200°C	1150°C	150—200°C	68—75%	1800—1980°C	500—600	185
7. Wärm. v. Mutt.-Preßeisen . . .	1420—1550°C	1280—1330°C	1305°C	150—200°C	75—80%	1860—1980°C	530—600	208
8. Ausglühen und Anlassen von Werkzeugen . .	a) im off. Feuer erwärmt 800—900°C	700—800°C	750°C	50—100°C	77—82%	a) 1050—1100°C	300	113
	b) in d. Muff. erwärmt 1100—1200°C					b) 1400—1500°C		
9. Ausglühen von kaltgezogenen Drähten, Band-eisen und Fein-blechen	a) im off. Feuer erwärmt 900—1050°C	800—900°C	850°C	100—150°C	75—80%	a) 1200—1300°C	320—350	135
	b) in d. Muffel erwärmt 1100—1250°C					b) 1470—1570°C		
10. Ausglühen von Guß- und Stahl-gußteilen . . .	1000—1200°C	800—1000°C	900°C	100—150°C	73—77%	1430—1510°C	385—420	142
11. Wärm. v. Kupfer und Aluminium	850—1000°C	750—850°C	800°C	50—100°C	68—75%	1230—1360°C	320—375	

Ein besonderes Gebiet für die Verwendung der Ruhrkohle bilden die Kleinbetriebe, kurz Gesenkschmieden genannt.

In fast allen Betrieben wird vorwiegend satzweise gearbeitet; hier hat sich zur Durchführung des Wärmeprozesses die Halbgasfeuerung am zweckmäßigsten bewährt. Es dürfte deshalb für jeden Verbraucher von Interesse sein, über den heutigen Stand der Feuerungsanlagen in Gesenkschmiedebetrieben, gestützt auf die Betriebserfahrungen der letzten Jahre, Näheres zu hören.

Über den heutigen Stand der Feuerungsanlagen in Gesenkschmiedebetrieben.

Der Wärmewirtschaft der Schmiedebetriebe ist bis vor nicht allzu langer Zeit sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden; dies kam wohl daher, daß Kohle oder andere Brennstoffarten in hinreichenden Mengen vorhanden waren, oder, was wohl vielfach der Fall war, die Betriebsleitung infolge Umstellung auf eine andere Fabrikation voll und ganz in Anspruch genommen war u. a. m. Erst die Sorgen des aufgezwungenen Kampfes um die Existenz und Wirtschaft haben hier bahnbrechend mitgewirkt, so daß heute gesagt werden kann, daß bei Wahl der zweckmäßigen Konstruktion der Wärm- und Schmiedeöfen in Verbindung mit der geeigneten, hierzu erforderlichen Brennstoffart dennoch die Möglichkeit gegeben ist, diesen Kampf durchzuführen. Infolgedessen ist es Grundbedingung, die Gestehungskosten, und mithin auch die Wärmekosten, soweit wie eben möglich herabzumindern und gleichzeitig zu versuchen, ohne weitere nennenswerte Anstrengung der Arbeiter und der Maschinerie in der gleichen Zeiteinheit eine Erhöhung der Produktion bei gemindertem Brennstoffaufwand zu erzielen.

Die Wahl der zweckmäßigen Konstruktion richtet sich nach dem Verwendungszweck bzw. nach der Beschaffenheit des zu erwärmenden Gutes. Man unterscheidet drei Hauptarten:

1. Öfen zum Schmieden von der Stange,
2. Öfen zum Schmieden von Stücken und
3. Anlagen zum Wärmen von hochlegiertem Material (wie z. B. für den Automobilbau).

Es ist bekannt, (daß früher und vielfach auch heute noch) die Erzeugung der Schmiedehitze direkt auf einem glühenden Koksbett vorgenommen wurde, wodurch bekanntlich die Güte des Wärmegutes beeinträchtigt wird. Die Gesamtproduktion blieb infolge der vielen künstlichen Arbeitspausen, wozu die wechselseitige Beschaffenheit der Feuerung oder Wärmequelle gehören, auf ein Mindestmaß beschränkt.

Erst nachdem man dazu übergegangen war, die Lagerung des Wärmegutes nicht mehr auf dem Brennstoff, sondern auf einem gesondert hierzu angeordneten Herde vorzunehmen, sind nicht unwesentliche Ersparnisse durch Reduzierung der Brennstoffmenge und durch Erhöhung der Produktion erreicht worden. Der Brennstoff wird hierbei in flüssigem, staubförmigem und auch gasförmigem Zustande der Verwendungsstelle zugeführt und hier unter Beimengung der jeweils erforderlichen Verbrennungsluft verbrannt.

Es soll nicht bestritten werden, daß durch Umwandlung des festen Brennstoffes in einen andersartigen eine gute Verbrennung im Ofen selbst erzielt wird, doch bedingt diese Umwandlung einen nicht geringen Kostenaufwand, wodurch der vermutliche Gewinn voll und ganz in Frage gestellt werden kann. Auch läßt sich eine evtl. Umstellung auf Gas auf Grund der vorhandenen Platzverhältnisse nicht leicht bewerkstelligen, da bekanntlich neben einer Gas-erzeugungs-Anlage Gas- und Abgaskanäle hergerichtet werden müssen. Alte Fundamente u. dgl. m. und selbst auch die jetzige Anordnung der benutzten Fundamente lassen eine zweckentsprechende Führung der Kanäle nicht zu. Außerdem ziehen Erderschütterungen, die durch Hammerschläge hervorgerufen werden, Rissebildungen usw. im Mauerwerk der Kanäle sehr oft nach sich. Das Gas vorher auszuwaschen, also zu reinigen, um es durch oberirdische Leitungen der Verwendungsstelle zuzuführen, ist sehr kostspielig; dann spielen auch die geringen Platzverhältnisse eine ausschlaggebende Rolle bei Anordnung der Rohrleitung mit. Die Frage der Staubfeuerung ist bis heute für Gesenkschmiedöfen noch nicht gelöst. Man darf sich hierbei nicht verleiten lassen, die Verhältnisse der Feuerungsanlagen der Großindustrie und die der Kesselfeuerungen auf die Kleinschmiedöfen der Gesenkschmiedebetriebe zu übertragen.

Nicht außer acht gelassen werden darf hierbei, daß die mitgerissenen, feinen und leichten Flugaschenpartikelchen des Brennstaubes sich im Wärmherd auf das Schmiedegut legen, isolierend wirken und beim nachfolgenden Schmieden im Gesenk sich sehr leicht festsetzen bzw. mit eingeschlagen werden. Es ist deshalb erforderlich, nach dieser Richtung hin weitere Versuche durchzuführen und Erfahrungen zu sammeln.

Während der Kriegsjahre und auch in der Folgezeit hat man vielfach versucht, mit flüssigen Brennstoffen wie Öl usw. den Wärmeprozess durchzuführen; es soll nicht in Abrede gestellt werden, daß Teilerfolge gegenüber veralteten Anlagen erzielt wurden. Bei näherer Betrachtung ergibt sich jedoch, daß auch dieses Verfahren gegenüber den neueren Erfahrungen bei mit festen Brennstoffen beheizten Anlagen zu teuer ist. Außerdem erfordert die Wartung und Bedienung besonders der Düsen infolge der unreinen Beimengungen des Heizöles nicht wenig Zeit und Aufmerksamkeit von den Ofenleuten, so daß auch hier der augenscheinliche Gewinn vollkommen verlorengeht.

Demgegenüber ist es gelungen, brauchbare und wirtschaftlich arbeitende Ofenkonstruktionen zu schaffen, welche mit festen Brennstoffen beheizt werden, wobei dieselben in einer sogenannten Halbgasfeuerung aus dem festen in den gasförmigen Zustand umgewandelt werden; dadurch werden unter Zuführung von Verbrennungsluft die jeweils erforderlichen Wärmtemperaturen spielend leicht erreicht. Zweckmäßigerweise wird die Eigenwärme der den Ofenherd verlassenden Verbrennungsprodukte noch in kleinen Wärmaustauschapparaten, auch Rekuperatoren genannt, zur Vorwärmung der Verbrennungsluft nutzbar gemacht. Ohne zu weit gegriffen zu haben, kann heute gesagt werden, daß zur Erzeugung der Schmiedehitze dieses Verfahren auf Grund der vielseitigen, guten Erfolge sich als das beste und billigste erwiesen hat. Grundbedingung ist und bleibt jedoch immer, daß, wie schon einleitend gesagt wurde, die Konstruktion des Ofens möglichst weitgehend den gestellten Anforderungen angepaßt wird.

Da nun in Gesenkschmiedebetrieben das Gesamtprogramm wechselseitig sich gestaltet, so ist es unbedingt erforderlich, daß vor Errichtung oder Umbau irgendeiner Anlage eine vorherige

Verständigung, und zwar möglichst an Ort und Stelle, herbeigeführt wird, da nur dadurch eine brauchbare Konstruktion geschaffen werden kann.

Die Konstruktion eines Halbgasofens ist folgende: In einem kleinen vorgebauten Halbgasgenerator wird die Kohle so vergast, daß immer ein heißes, gutes Gas zur Verfügung steht. Erreicht wird dies durch Wahl der zweckentsprechenden Schütthöhe (im Mittel etwa 650—700 mm), wobei das Korn des Brennstoffes nicht zu groß gewählt werden darf. Ein Gemisch von Stückkohle mit Feinkohle, bekannt unter dem Namen „Bestmelierte Kohle“, ferner kleinere Nüsse bis herab zur Feinkohle sind geeignete Brennstoffe für solche Öfen. Nun ist es mit der Wahl des Brennstoffes und der Bemessung der Schütthöhe nicht allein getan. Die Bedienung der Feuerung muß so durchgeführt werden, daß die Wärmeerzeugung eine Charge oder wie der Betrieb sich ausdrückt, einen Ofensatz aushält, da sonst bei erforderlichem Nachstoßen der Ofen mit der Charge zu sehr verschlägt, was andererseits wieder Verlust an Aufwand und Produktion nach sich zieht. Hier ist es Aufgabe des betreffenden Konstrukteurs, bei Herrichtung der Konstruktion bzw. bei Bemessung des Verbrennungsquerschnittes eine kleinere Reserve mit einzurechnen.

Die Erwärmung des Schmiedegutes geschieht auch bei diesem Ofen auf dem festgemauerten Ofenherd unter Ausnutzung der Strahlungswärme der den Ofen durchstreichenden Verbrennungsprodukte. Gewölbe und Herdsohle müssen hierbei aus hochfeuerfestem Material hergerichtet sein. Für hinreichende Ableitung der flüssigen Schlacke aus dem Ofenherd muß gleichfalls gesorgt werden; es ist angebracht, nach Beendigung der Schicht evtl. Löcher im Ofenherd durch Auffüllen mit Schweißsand zu planieren. Derselbe brennt während der Nacht fest und gibt somit der Herdsohle wieder die normale Beschaffenheit.

Für die Wirtschaftlichkeit einer Feuerungsanlage ist nicht allein eine richtige Wärmeerzeugung und eine hiermit verbundene zweckentsprechende Ausnutzung im Ofenherd maßgebend, sondern auch die Ausnutzung der den Ofenherd verlassenden Verbrennungsprodukte; dies geschieht derart, daß deren hohe Eigenwärme in Wärmeaustauschapparaten, Rekuperatoren genannt, zur Vorwärmung

der Verbrennungsluft wieder nutzbar gemacht wird. Diese Apparate wurden vielfach früher so gebaut, daß durch Zusammenfügung einzelner Steinplatten mit Feder und Nut ein Kanalsystem gebildet wurde, wobei Luft und Abgas im Gegenstrom zueinander geführt und hierdurch eine Rückgewinnung der Abgaswärme erreicht wurde. Die Temperaturerhöhung der Verbrennungsluft bewegt sich hierbei zwischen 300—400⁰ C und wird bedingt:

1. durch die Eintrittstemperatur der Produkte,
2. durch die Austrittstemperatur der Produkte,
3. durch die Menge der zu erwärmenden Luft,
4. durch die Größenbemessung des Rekuperators,
5. durch die Stärke der Trennungswand zwischen Abgas- und Luftkanäle.

Die Anordnung des Rekuperators zum Ofenkörper geschah vielfach in einer Nische unter dem Ofen. Das bedingt jedoch, daß in Verlängerung hierzu unterirdisch noch eine Einsteiggrube vorgesehen werden mußte, um eine Reinigung der Abgaszüge durchführen zu können. Die Länge dieser Einsteiggrube richtet sich nach der Länge der Rekuperatorzüge. Hieraus folgt, daß hierdurch vielfach sehr viel Platz unnötig verlorengeht, was als Nachteil einer solchen Rekuperatoranordnung zu buchen ist.

Weiter tritt bei allen horizontal liegenden Rekuperatoren, gleich welcher Art sie auch sein mögen, immer wieder in Erscheinung, daß bei nicht kontinuierlichem Betrieb der Apparat ungleichmäßig sich ausdehnt und beim nachherigen Abkühlen die vorher getriebenen Steine — streng genommen — nicht genau wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren. Das hat bei Plattenrekuperatoren zur Folge, daß sehr häufig Rissebildungen in diesen Platten auftreten und Undichtigkeiten in den Kanälen vorzufinden sind.

Für ein Undichtwerden des Rekuperators gelten neben dem Zuvorerwähnten auch noch die nicht zu unterschätzenden Erderschütterungen, welche durch Hammerschläge usw. hervorgerufen werden. Bei einem Apparat in liegender Form wird das Verschieben und Wachsen und die hiermit verbundene Undichtigkeit der Fugen noch durch die wechselseitigen Stöße bzw. Erderschütterungen vergrößert. Es ist vollkommen ausgeschlossen, daß die einzelnen Platten des Rekuperators, welche schon durch die Wärmeausdehnung

eine Wanderung durchmachen, durch die weitere Behinderung der Erderschütterungen wieder in den richtigen Fugenweg, also in die Fugenlage zurückkehren können, weil durch diese Erschütterung das Gesamtgefüge der Steinmasse in sich eine Richtungsänderung erleidet, wozu zur Genüge auch das häufige Zerspringen der Rekuperatorplatten nach dem Stillsetzen der Anlage die nötige Erklärung gibt.

Ferner ist nach einer solchen Anordnung die Befürchtung mit in Kauf zu nehmen, daß eine Reinigung der Züge infolge der Verhältnisse in der Reinigungsgrube nicht gut durchgeführt wird. Es kann auch dem betreffenden Betriebsbeamten nicht immer zugemutet werden, nach einer angeblich erfolgten Reinigung in die Einsteigrube zu steigen, um die Arbeit zu kontrollieren.

Diese Übelstände des horizontal angeordneten Plattenrekuperators dürften wohl der Hauptgrund gewesen sein, weshalb man vielfach schlechte Erfahrungen mit Rekuperativöfen gemacht hat. Diese Übelstände sind jedoch heute beseitigt. Der neue Rekuperator wird nicht mehr aus einzelnen Platten erbaut und auch nicht mehr unter dem Ofen angeordnet.

Die Luft wird hierbei durch Hohlsteine geführt; das Kanalsystem wird durch Einfügen von Schamotteplatten zwischen den Stoßstellen der Luftkanalsteine gebildet.

Die Anordnung des Rekuperators erfolgt hierbei direkt auf Hüttenflur, so daß Einsteigruben nicht mehr erforderlich sind.

Der Platzbedarf nach dieser Anordnung ist keineswegs so groß, wie die früher benötigte Einsteigrube, so daß auch in dieser Hinsicht Vorteile erzielt wurden.

Die Nachteile der Erderschütterungen kommen bei dieser Konstruktion in Fortfall, da infolge der stehenden Anordnung die Steinmasse sich immer wieder in die alte Lage zurücksetzt.

Hinreichende Übersicht und Kontrolle, selbst während des Betriebes, ist sehr gut durchführbar, so daß heute gesagt werden kann, daß bei Wahl eines Rekuperators in stehender Form absolute Betriebssicherheit für den Rekuperativofen gegeben ist. Seit Jahren sind diese in Hammerwerken in Betrieb; Störungen sind bis heute noch nicht aufgetreten.

Von weiterer Wichtigkeit ist natürlich bei allen Feuerungsanlagen die Brennstofffrage. Es ist bereits zuvor gesagt worden,

daß für Öfen mit Halbgasfeuerung alle Ruhrkohlsorten Verwendung finden können und daß dies von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist.

Um aber auch nun alle Kohlsorten, also nicht allein stückige Kohle, sondern auch Kohle mit feinerem Korn bis zum Kohlschlamm rationell verfeuern zu können, ist es gelungen, eine Spezialfeuerung auf den Markt zu bringen, die eben das früher Gesagte restlos ermöglicht. Ein großer Teil der beigefügten Abbildungen von verschiedenen Konstruktionen ist mit dieser Feuerung ausgerüstet. Es dürfte von Interesse sein, eine nähere Beschreibung hierzu anzuführen.

Beschreibung der Feuerung (siehe Abbildung 10).

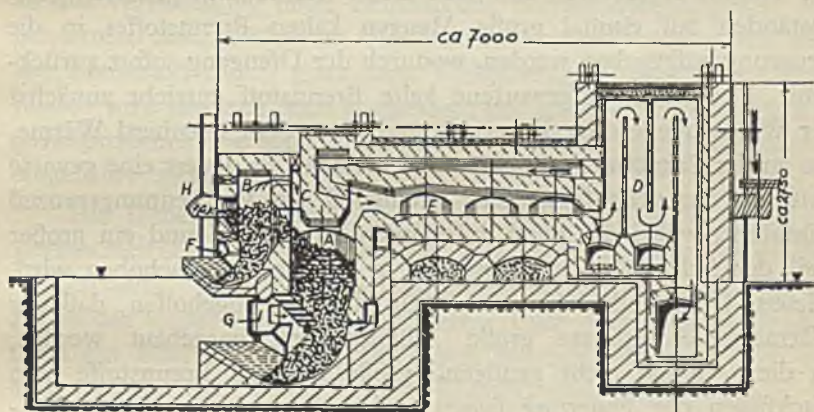


Abb. 10.

Bei allen Feuerungsanlagen, welche mit stückigen bzw. festen Brennstoffen beheizt werden, ist damit zu rechnen, daß neben dem stückigen auch feinkörniges Material wie Kohlengrus usw. verheizt werden muß, was durch den anfallenden Grus beim Bezug bzw. Abladen der Brennstoffe bedingt ist. Ein solches Gemisch, also stückige Kohle mit grusartigen Beimengungen, ließ sich in den bisherigen Feuerungen nicht angenehm und leicht vergasen. Die grusartigen Beimengungen wandern sehr gern als brennbare Flugstaubteilchen mit in den Ofenraum und verschmutzen den Herd und das Wärmgut oder bilden in der Schüttung Krater und Ober-

feuer. Es muß deshalb dafür gesorgt werden, die grusartigen Beimengungen vorher mit dem stückigen Brennstoff zu verbinden, um so einen reinen Brennstoff ohne Grus in die eigentliche Feuerung hineinzubringen.

Daneben tritt bei allen Anlagen mit Halbgasfeuerung in Erscheinung, daß die Wärmeerzeugung im Ofen keineswegs als konstant angesprochen werden kann, was auf die ungleichmäßige Aufgabe des Heizmaterials zurückzuführen ist.

Es kann in allen Betrieben beobachtet werden, daß die Ofenleute, solange als möglich mit der neuen Aufgabe des Brennstoffes in die Feuerung warten, um sich nicht unnötige Arbeit zu machen. Sie füllen erst nach, wenn die Feuerung heruntergebrannt ist. Daraus ergibt sich, daß nach dieser Methode in gewissen Zeitabständen auf einmal große Mengen kalten Brennstoffes in die Feuerung aufgegeben werden, wodurch der Ofengang sofort zurückgeht. Der frisch aufgeworfene kalte Brennstoff entzieht zunächst der Wärmequelle oder Feuerung und dann dem Ofenherd Wärme, um an der Entgasung teilnehmen zu können. Es dauert eine gewisse Zeit, bis der neuaufgeworfene Brennstoff am Verbrennungsprozeß teilnimmt, wobei der Ofen außerordentlich raucht und ein großer Teil der Schwelgase unausgenutzt in die Esse abgeschoben wird. Diesem Übelstande wird auch nicht dadurch abgeholfen, daß der Wärmequelle separate große Füllöffnungen vorgebaut werden, da diese einmal nicht genügend große Mengen Brennstoffe zum Nachfüllen der Feuerung fassen und andererseits in diesen Füllöffnungen keineswegs eine genügende und hinreichende Vorwärmung oder Entgasung des Brennstoffes während der eigentlichen Heizperiode erfolgt.

Es muß also ein genügend großer Füllraum geschaffen werden, um eine genügende Vorwärmung bzw. Entgasung des Brennstoffes zu erzielen, damit der Feuerung in Verbindung mit dem Ofenherd keine Wärme entzogen wird und demgemäß die Wärmeentwicklung kontinuierlich vor sich geht. Die Wirtschaftlichkeit dieses Vorganges erfordert jedoch, daß das durch die Entgasung erzeugte Schwelgas gleichfalls am Verbrennungsprozeß mit teilnimmt, wodurch die Wirtschaftlichkeit einer Feuerungsanlage um ein nicht Geringes gesteigert wird.

Dieser Vorgang des Verbrennungsprozesses — das Verkoken der stückigen mit den feinkörnigen Brennstoffen in Verbindung mit dem Entschwelen bzw. Vorwärmen des Heizkörpers und Mitverbrennen des Schwelgases mit dem eigentlichen Halbgas — wird in der patentierten Feuerung erreicht, welche den Öfen nach den Abbildungen 3, 4, 7, 9, 10 usw. vorgebaut ist.

Es ist dem eigentlichen Halbgasgenerator A in seiner oberen Partie ein kleiner Entgasungsraum B angebaut, in welchem der Brennstoff vorher etwas zusammenbackt. Nachher wird der so gewonnene stückige Brennstoff dem Generator A herübergestoßen. Das während des Verkokens freigewordene Destillat oder Schwelgas entweicht durch gesonderte Gasüberleitungskanäle C und nimmt an der Verbrennung unter Beimengung der im Rekuperator D vorgewärmten Sekundärluft im Ofeninnern E mit teil. Aufgegeben wird der Brennstoff durch gesonderte Füllöffnung H. Der Entgasungsprozeß wird dadurch noch begünstigt, daß im unteren Teil des Entgasungsraumes B je nach Bedarf etwas Primärluft durch die Partie F eingeführt wird.

Die Generatorpartie ist so ausgestaltet, daß das Vergasen der Entgasungsrückstände unabhängig von dem Entgasen betrieben werden kann. Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist in der unteren Partie des Generators, also unmittelbar über dem Wasserabschluß, noch ein Rost G vorgesehen, durch welchen gesondert und unabhängig von der oberen Partie Primärluft eingeblasen wird.

Betriebsresultate.

Folgende Beispiele aus der Praxis mögen zeigen, wie hoch sich die Wärmekosten bei Wahl einer zweckentsprechenden Konstruktion und Kohlenart gestalten. Die hier angeführten Zahlen sind im Dauerbetriebe ermittelt worden, es sind also keine Abnahmeziffern, sondern Durchschnittswerte wiedergegeben.

1. In einer Gesenkschmiede, welche in der Hauptsache Waggonbeschlagteile herstellt, wurden früher die Luppen zum Schmieden von Zughaken auf dem Brennstoffbett gewärmt. Die Durchschnittsproduktion betrug hierbei 120 bis 130 Stück in 10stündiger Schicht. Zur Durchführung des Schmiedeprogramms waren einschl. Ab-

graten und Nachschlagen der Teile insgesamt 4 Mann erforderlich. Nach Umstellung auf Kohlebeheizung wurden unter Beibehaltung der gleichen Maschinen und der gleichen Anzahl Arbeiter 160 bis 180 Stück geschmiedet. Diese Stückzahl kann ohne nennenswerte Anstrengung der Arbeiter gut auf 200 Stück in der gleichen Schicht gesteigert werden. Weiter gilt, daß heute das Schmiedegut beim Schmieden viel weicher, also besser durchgewärmt ist, als früher. Der Vorteil liegt darin, daß nach Aussage des Schmiedemeisters früher die Form oder Matrize 3000 Stück aushielt, jetzt aber bei gleicher Beschaffenheit des Matrizenstahles 5000 Stück geschmiedet werden können. Die Wärmekosten betragen früher 0,54 RM. per Stück; sie stellen sich bei 160 Stück Produktion auf 0,097 RM.

2. Das Schmieden von Kupplungsbügeln und ähnlichen kleinen Teilen wurde gleichfalls in auf Kohle umgestellten Anlagen durchgeführt unter Beibehaltung der Maschinerie und Arbeiter. Während früher die Wärmekosten 0,108 RM. per Stück betragen, stellen sich diese nach erfolgter Umstellung auf 0,0325 RM. per Stück.

3. Kuppelungsmuttern wurden gleichfalls in auf Kohle umgestellten Anlagen unter Beibehaltung des Hammers und der Anzahl der Arbeiter mit folgendem Resultat gewärmt:

frühere Wärmekosten = 27,— RM. pro Schicht,
jetzige „ „ = 10,— „ „ „

4. Das Schmieden von Oberbaumaterial, wie Klemmplatten usw., geschieht bekanntlich von Stangen von etwa 35 bis 40 mm \varnothing ; auch hierüber sollen einige Zahlen folgen:

frühere Wärmekosten = 36,— RM. pro Schicht,
jetzige „ „ = 8,— „ „ „

Diese Zahlen werden genügen, um den Beweis zu erbringen, daß der heutige Stand der Feuerungsanlagen in Gesenkschmiedebetrieben dahin gekennzeichnet werden kann, daß einer Beheizung mit festen Brennstoffen unbedingt der Vorzug zu geben ist. Besonders gilt dies auch für Öfen zum Wärmen von hochlegiertem Material für den Automobilbau. Von besonderer Wichtigkeit ist jedoch in solchen Fällen, das Wärmegut durch richtige Zuführung der Wärmeenergie, seiner Eigenschaft entsprechend langsam vor-

zuwärmen und anschließend hieran auf die erforderliche Schmiedetemperatur zu bringen. Spezialkonstruktionen für derartiges Material haben sich sehr gut bewährt.

Außer in Walzwerken, Gesenkschmiedebetrieben usw. findet die Ruhrkohle auch in Glühereien und ähnlichen Betrieben Verwendung. Ein Spezialbetrieb der Glüherei ist die Federnfabrikation, bei welcher bekanntlich vorwiegend Stahl seiner Eigenschaft entsprechend zweckmäßig erwärmt werden muß.

Die Erzeugung von Trag- und Pufferfedern ist ein besonderes Gebiet der Federnfabrikation. Auch hierfür dürften einige Konstruktionen von Interesse sein, wie Anspitzöfen, Glüh- und Anlaßöfen. Die Beheizung dieser Öfen kann nun verschiedener Art sein, entweder Halbgasfeuerung oder Gasfeuerung. Die Erzielung der Wärmtemperatur des Materials kann im offenen Feuer oder aber unter Abschluß der Feuergase in sog. Muffeln vorgenommen werden. Einen Überblick über solche Konstruktionen geben die Abbildungen 11, 12, 13, 14. Die Abbildungen 11 und 12 zeigen gasbeheizte Öfen; die Konstruktionen nach Abbildungen 13, 14 geben Öfen mit einer Halbgasfeuerung wieder. In einem Ofen nach Abbildung 12 wird das Erwärmen der Tragfederenden vor dem Auswalzen, also das sog. Anspitzen, vorgenommen. Hierbei ist das Wärmgut direkt der Flamme ausgesetzt. Abbildung 11 zeigt einen mit Gas beheizten Federnglühofen, in welchem gleichfalls das Material direkt auf dem Herd lagernd geglüht wird. In ähnlicher Form wird der Wärmprozeß in dem Ofen nach Abbildung 13 durchgeführt. Die Konstruktion nach Abbildung 14 stellt einen kombinierten Glüh- und Anlaßofen dar. Hierbei wird das Material zunächst im oberen Herd geglüht; in dem darunter befindlichen Muffelherd werden unter Abschluß der Feuergase die Federn angelassen. Zur Beheizung dieser Öfen kommen gasreiche Brennstoffe in Frage, und zwar Kohle aller Körnungen, wobei zur Durchführung des Glüh- und Wärmprozesses ein Kohlenaufwand von 10—15% pro 100 kg Einsatz im Mittel benötigt wird.

Als Spezialbetriebe der Glüherei können die Feuerungsanlagen der Kaltwalzwerke angesprochen werden.

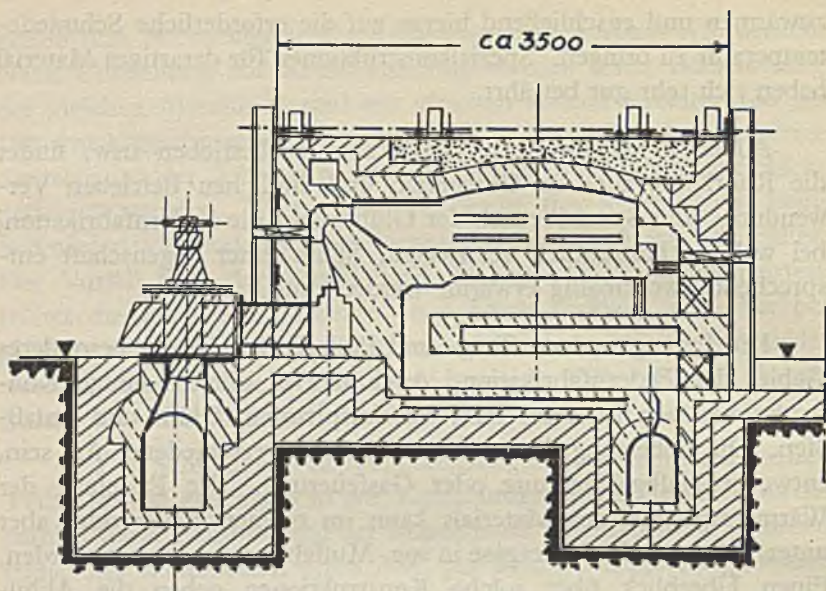


Abb. 11.

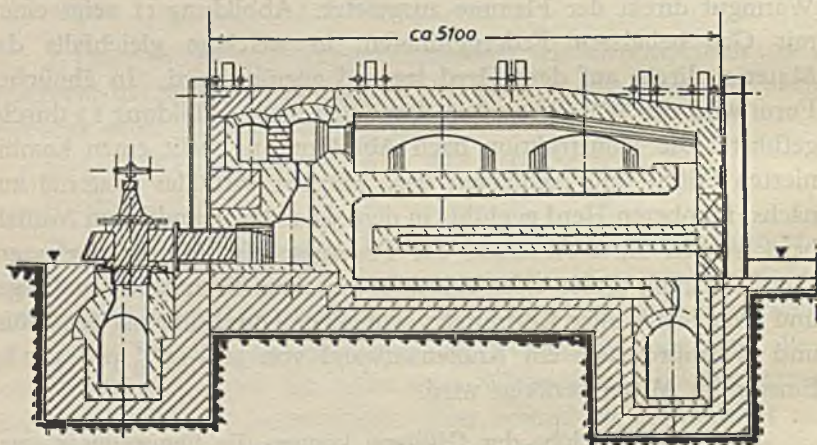


Abb. 12.

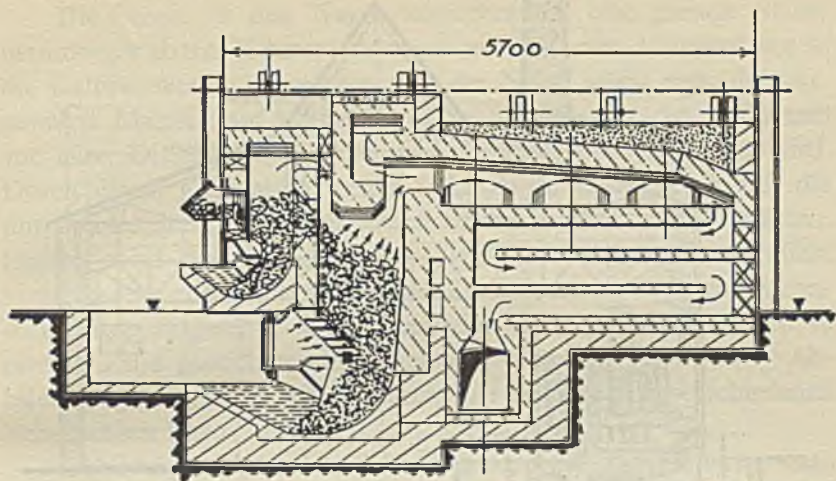


Abb. 13.

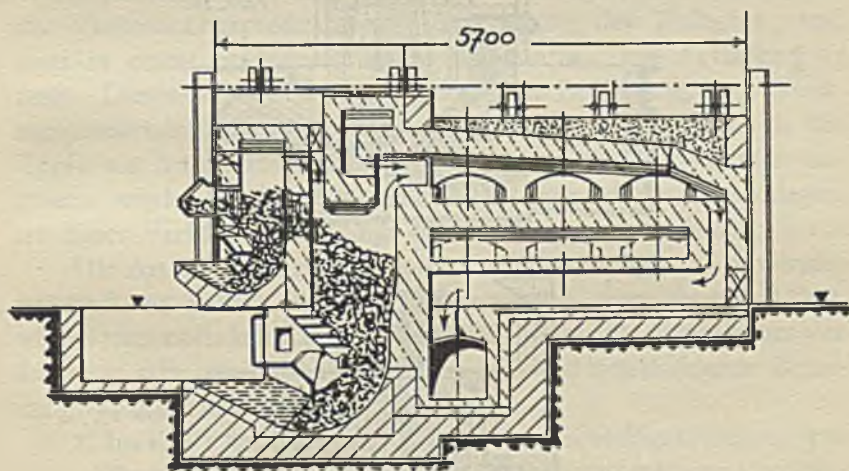


Abb. 14.

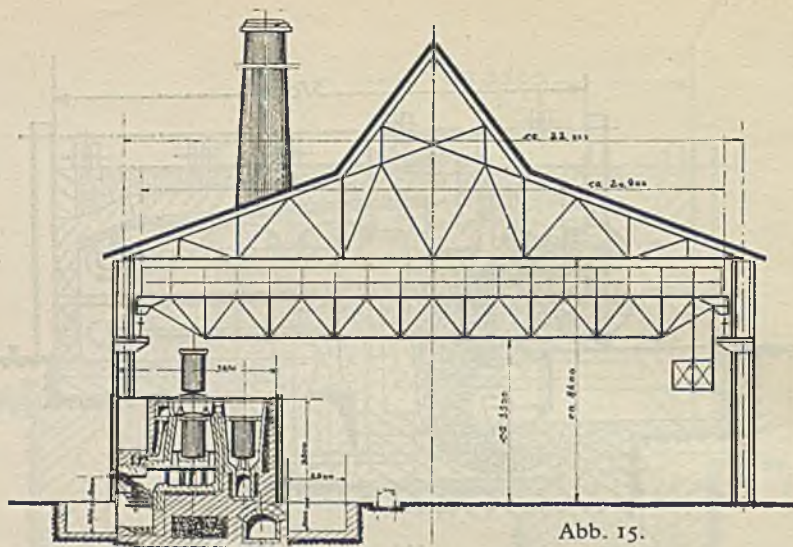


Abb. 15.

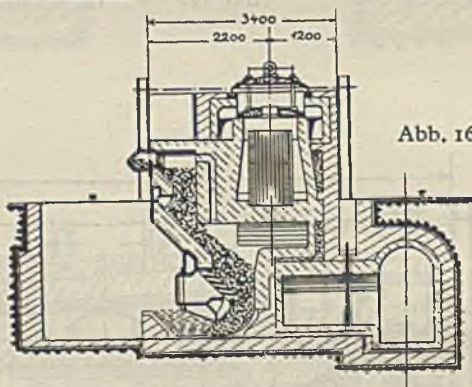


Abb. 16.

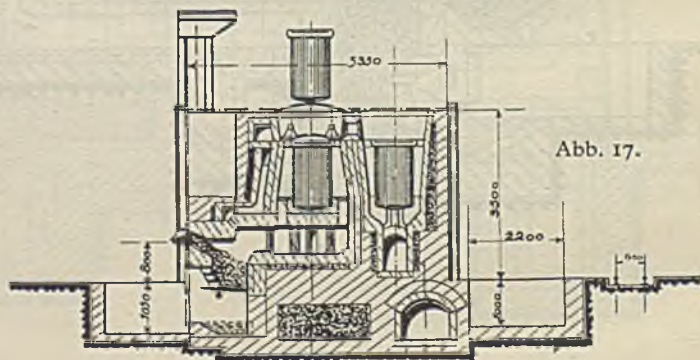


Abb. 17.

Die bereits in den Warmwalzwerken auf eine geringe Stärke heruntergewalzten Platinen gelangen zur weiteren Verarbeitung in die Kaltwalzwerke, in welchen, wie der Name schon sagt, das vorgewalzte Material auf kaltem Wege zu Bandeisen u. dgl. mehr und vor allen Dingen auf viel kleinere Stärken heruntergewalzt wird. Durch dieses Kaltwalzen treten Spannungen und Härten auf, die durch einen geeigneten Glühprozeß wieder behoben werden müssen. Hierbei wird das Walzgut in Stahlgußtöpfe eingepackt, luftdicht verschlossen und eine bestimmte Zeit einer bestimmten Wärmtemperatur ausgesetzt. Die eigentliche Glühdauer richtet sich in diesem Falle ganz besonders nach der Güte des Walzgutes. Abbildung 15 zeigt einen Schnitt durch eine Glüherei mit verschiedenen Beheizungsanlagen.

Abbildung 16 gibt den Schnitt durch eine Topfglühofenanlage speziell zur Beheizung mit feinkörnigen Brennstoffen, wobei die Eigenwärme der den Ofen verlassenden Verbrennungsprodukte anschließend zur Luftvorwärmung ausgenutzt wird. Dieses Verfahren besitzt keine große Bedeutung, was durch die Eigenart des Wärmeprogramms bedingt ist. Es ist richtiger, die Eigenwärme der Verbrennungsprodukte zur Vorwärmung des Walzgutes, und zwar in einem besonderen Raum auszunutzen, wie Abbildung 17 zeigt. Dieses Verfahren macht jedoch zur Bedingung, daß zweckentsprechende Hebevorrichtungen vorhanden sein müssen, da die Töpfe aus dem Vorwärmraum in die eigentliche Heizkammer umgesetzt werden müssen. Wo solche Betriebsverhältnisse vorliegen, ist dieses Verfahren unbedingt dem ersteren vorzuziehen.

Die Art der Beheizung, ob also Gas oder Halbgas zu verwenden ist, muß von Fall zu Fall entschieden werden, ganz besonders dort, wo bis jetzt noch kein Gas zur Verfügung steht. Es dürfte daher von Interesse sein, einige Betriebszahlen über die verschiedenen Beheizungsarten anzuführen.

1. Im Fall 1 betragen die Wärmekosten bei Halbgasfeuerung pro Tonne Glühgut einschließlich aller Bedienungskosten 3,50RM.,
2. bei Beheizung mit Generatorgas einschließlich aller Nebenkosten 7,— RM. und
3. bei Beheizung mit gereinigtem Gas einschließlich aller Nebenkosten 8,— RM.

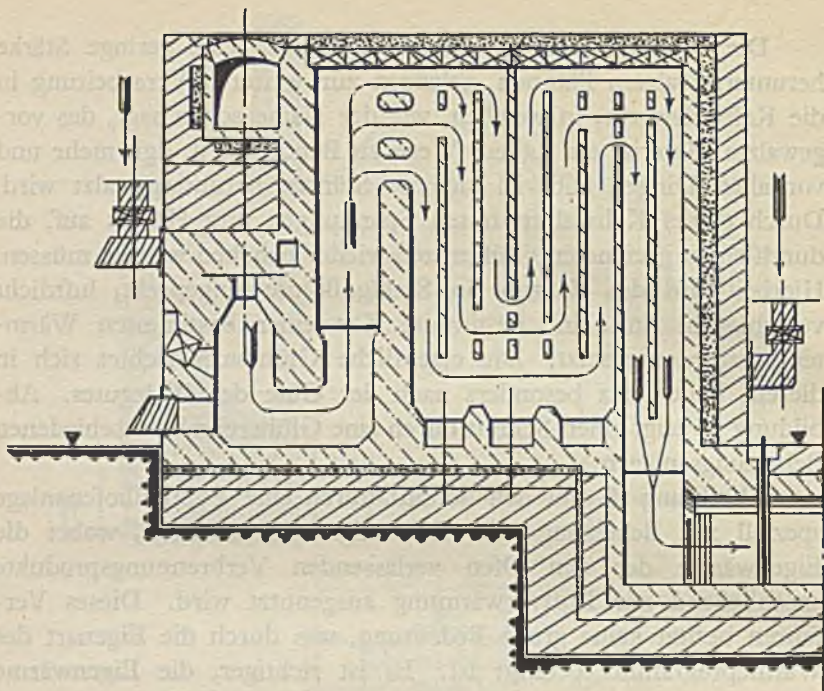


Abb. 18.

Erwähnt werden soll jetzt nur noch, daß es sich bei Ermittlung dieser Verbrauchszahlen nicht allein um das Nachglühen der gewalzten Materialien, sondern auch um das sog. Blankglühen gehandelt hat.

In diesen Fällen wird man mit dem Gas aus gasarmen Brennstoffen, wie Magerkohle, Anthrazit und Koks gute Erfolge erzielen können, ohne daß eine Vorwärmung von Gas und Luft erforderlich ist. Wenn mit einem solchen Schwachgas jedoch höhere Temperaturen erzielt werden sollen (Siemens-Martin-Öfen), ist es notwendig, die Luft und z. T. auch das Gas vorzuwärmen. Dies hat bei Schmelzwecken stets zu geschehen; die Vorwärmung erfolgt hierbei in Regeneratoren.

In kleineren und mittleren Betrieben sind Gas- und Luftmengen der einzelnen Anlagen jedoch nicht so groß wie im Großbetrieb, z. B. Martin- und Walzwerk, so daß hier die Anordnung von Regenerativkammern wohl zu kostspielig sein dürfte. Es kann aber eine hinreichende Gasvorwärmung insofern zweckmäßig durchgeführt

werden, als das Gaszuführungsrohr kurz vor Eintritt in den Ofen durch die abziehenden Feuergase bespült wird, eine Einrichtung, die nicht viel Platz und Kosten beansprucht.

Die Luftvorwärmung in einem Rekuperator oder einer Siemens-Kammer, die direkt mit dem Ofenkörper zusammengebaut ist, vorzunehmen, dürfte auch in vielen Fällen zu kostspielig und unwirtschaftlich sein, weshalb es sich lohnen dürfte, eine zentrale Luftvorwärmung in einem gesonderten, hierzu erbauten Rekuperator für mehrere Anlagen durchzuführen.

Eine solche Konstruktion zeigt Abbildung 18. In diesem Falle wird der Rekuperator durch Zuführung von Schwachgas beheizt. Kleinere Anlagen werden z. T. auch mit einer Halbgasfeuerung ausgerüstet. Die so zugeführte Wärmemenge genügt, um eine ausreichende Luftvorwärmung zu erzielen.

Nach diesem Verfahren können Lufttemperaturen von 600° und noch mehr erreicht werden. Die Größenbemessung der Konstruktion richtet sich nach dem Verwendungszweck bzw. der benötigten Luftmenge.

Man hat bei dieser Anordnung den Vorteil, von den Temperaturschwankungen der Ofenanlagen unabhängig zu sein und zu jeder Zeit die gewünschte Luftvorwärmung zur Verfügung zu haben. Die Ableitung der Heißluft vom Heißluftherzeuger selbst bietet keine Schwierigkeiten, da durch hinreichende Isolation ein allzu großes Temperaturgefälle behoben werden kann.

Die Bedeutung der Vergasung von gasarmen Kohlen hat in kleinen Betrieben sehr zugenommen; hierbei hat sich die Körnung Nuß IV, der Anthrazit- und Magerkohlen sehr gut bewährt.

Die im Dauerbetrieb ermittelten Werte mögen hier angeführt werden.

Man kann mit Sicherheit annehmen, daß für die Erzeugung einer PS-Stunde, auf Schwachgas umgerechnet, $1,8 \text{ m}^3$ Gas mit 1250 WE pro m^3 benötigt werden. Einschließlich aller Nebenkosten, wie Amortisation, Bedienungskosten der Erzeugeranlage, stellt sich dann die PS-Stunde auf rund 1,6 Rpf. oder die Kilowattstunde auf 2—2,5 Rpf.

Anschließend soll noch über das Glühen halbfertiger Waren der Metallindustrie gesprochen werden. Dies geschieht zum weitaus

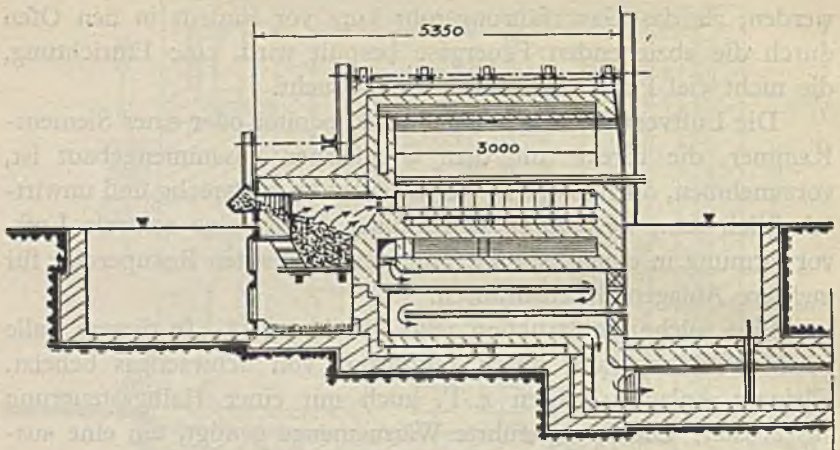


Abb. 19. Muffel-Glühofen.

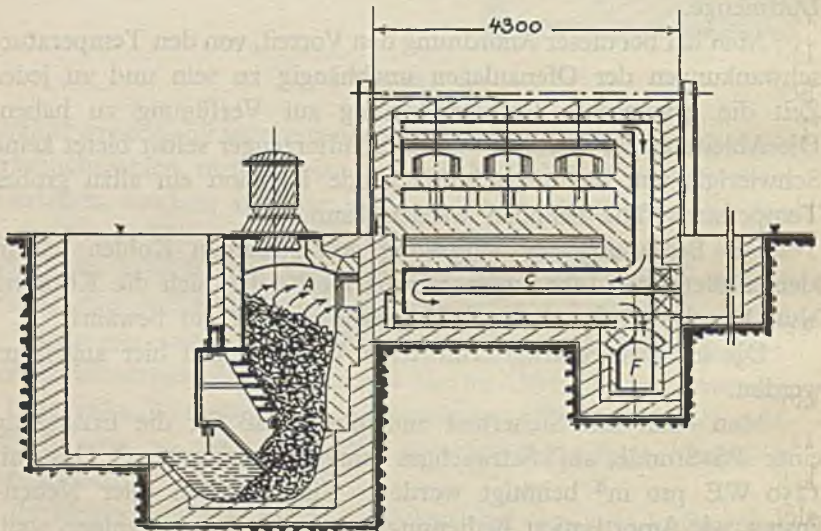


Abb. 20. Muffel-Glühofen.

größten Teil in sogenannten Muffelöfen, also unter Abschluß der Feuergase. Die Beheizung kann mit Schwachgas, Generatorgas oder auch Halbgas erfolgen, wozu nachfolgende Konstruktionen einen Überblick geben.

Abbildung 19 zeigt einen Muffel-Glühofen, der in einem Messingwerk errichtet worden ist. In den Muffeln wird der Glühprozeß durchgeführt; hierbei werden sehr häufig mehrere solcher Muffelöfen zu einem Block zusammengebaut. Der Wärmeaufwand zum Wärmen von Platinen und Blechen bewegt sich in diesem Falle zwischen 6 und 8% Kohle. Bei Verwendung der Spezialkohle für solche Fälle wurde ein Kostenaufwand von 10,— bis 15,— RM. pro Tonne Glühgut benötigt. Eine Konstruktion mit angebautem Generator zeigt Abbildung 20; im Gegensatz zur vorerwähnten Konstruktion wird hier das Material durch Türen, welche an der Längsseite des Ofens angeordnet sind, eingesetzt und entnommen. Der Kohlenverbrauch ist derselbe wie oben.

Gleiche Ofenkonstruktionen verwendet man in Emaillierwerken, jedoch mit dem Unterschied, daß die Herdflächen kleiner gehalten werden.

Da es sich bei dieser Fabrikation fast durchweg um einen gleichbleibenden Betrieb handelt, ist es zweckmäßig, die Eigenwärme der Abgasprodukte in Rekuperatoren auszunutzen. Abbildung 21 zeigt die Konstruktion eines kleineren Emaillierofens, der häufig in kleineren und mittleren Betrieben Verwendung findet; er ist dadurch gekennzeichnet, daß der Ofen mit einer Halbgasfeuerung und mit seitlich davon angeordneten Rekuperatoren ausgerüstet ist.

Handelt es sich in Betrieben nicht allein um Glühen, sondern auch um Nachglühen von Werkzeugen oder gestanzten Metallteilen, so ist es angebracht, die abziehende Wärme der Verbrennungsprodukte auch noch zur Erwärmung der Anlaßherde auszunutzen, bevor dieselben zur Nutzbarmachung in den Rekuperator gelangen. Hierzu dürfte die Konstruktion nach Abbildung 22 interessieren, wobei in diesem Falle einmal die Beheizung mit billigen, feinkörnigen Brennstoffen durchgeführt wurde und andererseits der Hauptglühprozeß in den unteren Herden A erfolgte, wogegen das Anlassen in kleinen Anlaßmuffeln, die um 90° zu den unteren Herden versetzt sind, vorgenommen wurde.

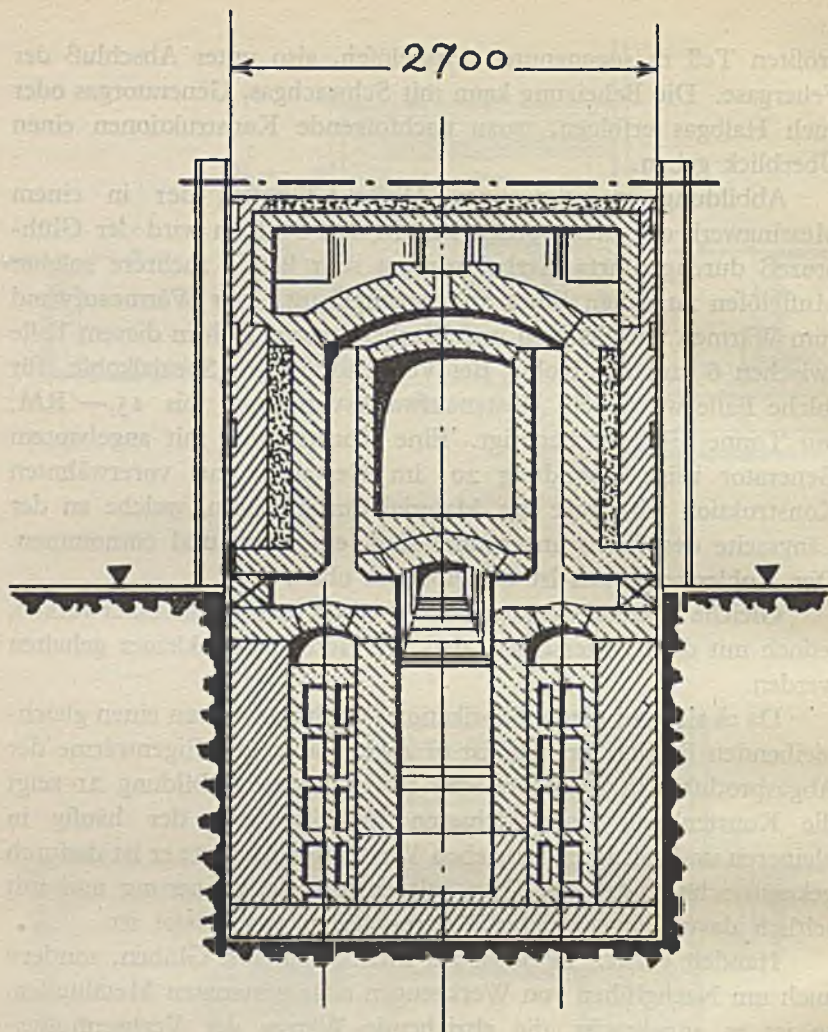


Abb. 21.

Genauere Zahlen über den Gesamtkohlenverbrauch lassen sich nicht ermitteln, da die Produktionsmenge, das Glühen und das Anlassen, sehr schwankend sind. Diese Ziffern müssen unter Berücksichtigung der Art des Materials und des Betriebes von Fall zu Fall näher festgelegt werden. Im Mittel kann man annehmen, daß der Kohleverbrauch hierbei sich zwischen 8 und 10% pro 100 kg Glühgut bewegen wird.

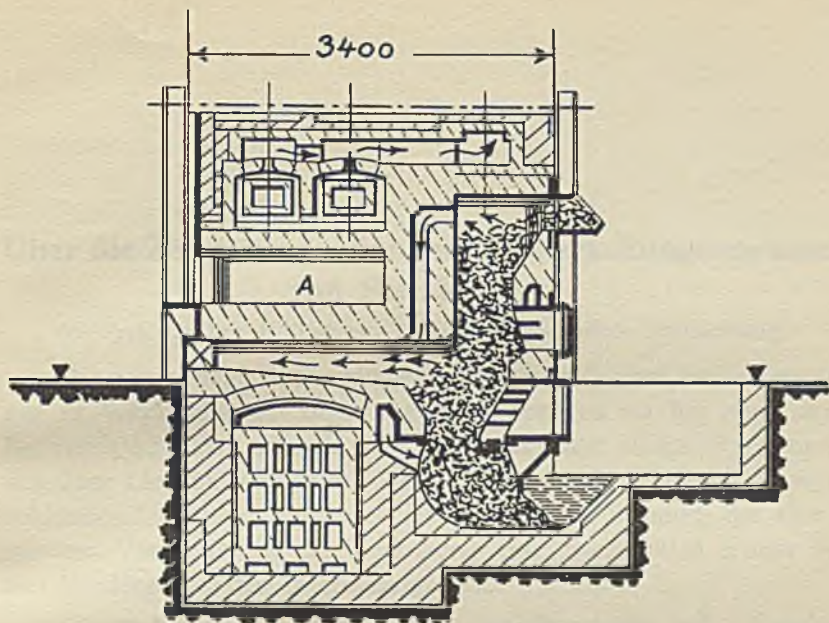


Abb. 22.

Diese Ausführungen mögen genügen. Sie geben dem Verbraucher einen Überblick über die Wertigkeit der Ruhrkohle, und zeigen

1. welche Resultate sich bei der Vergasung von Ruhrkohle in Generatoren erzielen lassen,
2. wie die Ruhrkohle infolge ihrer verschiedenen Arten und Sorten sich sehr leicht den einzelnen Betriebsbedingungen der verschiedenen metallurgischen Anlagen anpaßt bzw. deren Wirtschaftlichkeit erhöhen kann.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß es für den praktischen Betrieb von Vorteil wäre, noch weitere Forschungen über die Wertigkeit der Ruhrkohle durchzuführen. Eine Zusammenstellung dieser Betriebsergebnisse dürfte die Wahl der richtigen Kohlenart und -sorte erleichtern.

Über die Zersetzungswärmen und Verkokungswärmen von Steinkohlen.

Von Prof. Dr.-Ing. E. Terres, Technische Hochschule Braunschweig.

Die neuzeitliche Entwicklung der Wärmewirtschaft hat uns nicht nur in Wärmebilanzen denken gelehrt, sondern sie hat auch das Bedürfnis geweckt, tiefer in die Wärmevorgänge einzudringen und sich über alle Einzelheiten derselben Rechenschaft zu geben. In den kohlendestillierenden Industrien ist dadurch das Studium der thermischen Vorgänge bei der Verkokung von Steinkohlen erneut in den Vordergrund des Interesses gerückt.

Unsere bisherige Kenntnis dieser Vorgänge baute sich auf mehr oder weniger genauen Versuchen auf, aus denen sich die zahlenmäßigen Unterlagen berechnen oder besser gesagt schätzen ließen. Obwohl wir uns bewußt waren, daß diese Berechnungen zum Teil Annahmen enthielten, die nur unter bestimmten Voraussetzungen zutreffen konnten, und daß andererseits die zugrunde gelegten Versuchsergebnisse mit unvermeidlichen Fehlern behaftet waren, über deren Auswirkung man überdies kein sicheres Urteil besaß, so hoffte man doch, die Zahlenwerte wenigstens der Größenordnung nach zu kennen. Die Fortschritte in den technischen Meßmethoden haben jedoch in den letzten Jahren in immer wachsendem Maße zu Zweifeln an den bisherigen Feststellungen Veranlassung gegeben, und die Gepflogenheiten bei der Abgabe von Leistungsgarantien für Ofenanlagen haben immer mehr zu einem Zustand geführt, der für Lieferanten und Abnehmer auf die Dauer unhaltbar ist. Das betrifft in erster Linie den Wärmehaufwand bei der Verkokung im großen, dessen Bestimmung trotz aller Sorgfalt im Bau und Betrieb der Ofenanlagen immer wieder die unangenehmsten Überraschungen zeitigt, und auch der erfahrenste Ofenbauer und Betriebsmann ist durchaus nicht sicher, wiederholt in einwandfreier Weise ausgeführte Ver-

suche in ihren Ergebnissen innerhalb der zulässigen Schwankungen reproduzieren zu können.

Die Ursachen für diese Erscheinungen sind in den abweichenden Eigenschaften der einzelnen Kohlsorten und in dem ganz verschiedenen Verhalten derselben beim Verkokungsprozeß zu suchen, die wesentlich größere Unterschiede aufweisen, als sich aus der bisher üblichen Klassifikation der Kohlen vermuten läßt. Diese Unterschiede bestehen sowohl in bezug auf die Zersetzungswärmen der Kohlen, als deren Verkokungswärmen und ebenso, wie es nach noch nicht abgeschlossenen Versuchen scheint, in bezug auf deren Wärmeleitfähigkeit, die wiederum eine andere Größe hat, je nach dem Verkokungsgrad, der Korngröße und anderem mehr; hinzu kommt der sehr verschiedene Einfluß der Temperatur auf den Gang und die Größenordnung dieser einzelnen Größen, die für die Wärmevorgänge von ausschlaggebender Bedeutung sind. Der vollständige Mangel einer genaueren Kenntnis dieser Zahlenwerte und die Tatsache, daß der in den üblichen Ofenanlagen für den Verkokungsprozeß erforderliche Wärmearaufwand für viele Kohlen mit geringen Schwankungen um einen Mittelwert pendelt, sind bisher alle Abweichungen von diesem Mittelwert, die der Zahl nach sicher ebenso häufig vorkommen als Übereinstimmungen festgestellt werden, ausschließlich auf fehlerhafte oder weniger wärmewirtschaftliche Ofenkonstruktionen zurückgeführt worden, die aber sicher in den allerwenigsten Fällen allein daran schuld waren. Aber auch die einzelnen Gruppen von Ofensystemen erfordern einen verschiedenen Wärmearaufwand für die Verkokung von Kohlen, der in erster Linie von der Kammerbreite, der Betriebsweise und Beheizungsart, der Größe der Wärmeverluste durch Leitung und Strahlung, vom Nutzeffekt der Regenerations- bzw. Rekuperationsanlage, der Wärmeverluste mit den Abgasen und in gewissem Maße von den Eigenschaften und Abmessungen des Ofenbaumaterials abhängt. So schwankt der Unterfeuerungsverbrauch der intermittierend betriebenen Gaserzeugungsöfen zwischen 650 und 715 kcal, bei kontinuierlichen Öfen zwischen 500 und 650 kcal, bei Koksöfen mit horizontalen Kammern zwischen 480 bis 580 kcal; alle Angaben, bezogen auf 1 kg lufttrockene Kohle, und berechnet als Wärmeeinheiten in Form von Heizgas am Ofen. Es erübrigt sich, hier auf weitere Einzelheiten einzugehen, sondern die ange-

gegebenen Zahlen sollen nur zeigen, wie sehr verschiedene Ergebnisse für den Wärmeverbrauch erhalten werden, ohne daß es bisher möglich war zu entscheiden, welche Werte die größere Genauigkeit und Sicherheit beanspruchen dürfen und inwieweit die Unterschiede im Ofensystem oder in der Versuchsmethode oder in den verwendeten Kohlenarten begründet sind. Hinzu kommt, daß sich aus den früheren Versuchen und nach den verschiedenen Meßmethoden für die Wärmegrößen, die für den Verkokungsvorgang maßgebend sind, Zahlenwerte ergeben, die sowohl der Größenordnung als auch bei den Zersetzungswärmen, dem Vorzeichen nach unrichtig sind. Das Vertrauen in diese unrichtigen Zahlen hatte dazu geführt, daß bei Abweichungen die Ursachen an ganz anderen Stellen gesucht wurden, und der um rund 100% zu hoch angenommene theoretische Wärmeverbrauch beim Verkokungsvorgang täuschte einen Ofennutzeffekt vor, der nicht im entferntesten erreicht war, hemmte aber andererseits durch Jahre hindurch den Fortschritt in dieser Richtung, da man gerade in bezug auf den Unterfeuerungsverbrauch der Öfen das Höchstmögliche geleistet zu haben glaubte. Erst nachdem der praktische Betrieb der Öfen zum Teil kleinere Wärmewerte erreichte als eigentlich der Theorie entsprach, sind diese Fragen wieder in Fluß und in den letzten zehn Jahren nicht mehr zur Ruhe gekommen. Erst heute sind wir soweit, daß sowohl die experimentelle Bestimmung der Verkokungswärmen als auch die Ermittlung der Zersetzungswärmen von Kohlen in verhältnismäßig kurzer Zeit und mit ausreichender Genauigkeit im Laboratorium durchführbar sind.

Diese tatsächlich gemessenen Werte haben zunächst durch Feststellung der theoretischen Grenzwerte ein Gefühl der Sicherheit gegeben, aber andererseits ergeben sich durch die gelegte Bresche immer mehr Wege, Einblick in die Wärmevergänge bei der Verkokung zu bekommen und zahlenmäßige Unterlagen für die Praxis zu schaffen.

Während in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts der Heizwert der Kohlen ausschließlich als Maß für ihre Wertbestimmung herangezogen wurde, hat derselbe heute nur noch feuerungstechnische Bedeutung, da daraus sich keinerlei Anhaltspunkte für das Verhalten einer Kohle bei der Verkokung herleiten lassen. Die Einsicht, daß es ganz anderer Größen zur Beurteilung einer Kohle in dieser Beziehung bedarf, begann dann langsam im Laufe der 90er Jahre zu reifen.

M. Mahler ¹⁾ hat als Erster versucht, zahlenmäßig festzustellen, ob der Verkokungsvorgang von einer Wärmetönung begleitet ist, nachdem schon früher der Ablauf wärmeentwickelnder Vorgänge dabei vermutet worden ist. Die Ermittlung dieser Zersetzungswärme, wie wir heute sagen, baute Mahler auf der Überlegung auf, daß die gesamte Verbrennungswärme der Kohle in dem Falle, daß die Verkokung ohne Wärmetönung erfolge, sich quantitativ auf die Entgasungsprodukte Koks, Teer und Gas verteile und gleich sein müsse der Summe der Verbrennungswärmen derselben; für den Fall einer Wärmeentwicklung beim Verkokungsprozeß würde die Summe der Verbrennungswärmen der Entgasungsprodukte um diesen selben Betrag kleiner und für den Fall einer Wärmebindung bei der Verkokung um den betreffenden Betrag größer sein als die Verbrennungswärme der Kohle. Die Zersetzungswärme der Kohlen müsse sich also aus den Heizwertbestimmungen von Kohle, Koks, Teer und Gas berechnen lassen. Die Schwierigkeit lag in der quantitativen Erfassung der Entgasungsprodukte. Aus sorgfältigen Entgasungsversuchen einer Kohle von Commentry errechnete sich eine ziemlich beträchtliche positive Wärmetönung beim Verkokungsvorgang, der von da ab für alle Gas- und Kokskohlen angenommen wurde. Die der Mahlerschen Berechnung zugrunde liegenden Versuchswerte sind die folgenden:

**Kohle von Commentry
mit einem Heizwert von 7423 kcal/kg Kohle.**

Entgasungsprodukte aus 100 kg Kohle	Heizwert kcal/kg	Heizwertverteilung auf die Destillations- produkte von 1 kg Kohle in kcal	Verteilung in %
Koks 65,66 kg	7 019	4 609	62,1
Hydraulik-Teer . 3,59 „	8 887	319	
Teer aus der Lei- tung 0,87 „	8 943	78	8,9
Kondensator-Teer 1,16 „	8 831	102	
Skrubber-Teer . 1,89 „	8 538	161	
Gas, trocken . . 17,09 „	11 111	1 899	25,55
Gaswasser . . . 9,36 „	—	—	—
Differenz gegen Kohlenheizwert = Wärmetönung beim Verkokungsvor- gang		+ 254	3,45
Heizwert oder 1 kg Kohle		7 423	100,00

¹⁾ Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale 1893.

Die Kohle Commentry hätte danach eine sehr große positive Zersetzungswärme, die nach den heutigen Erfahrungen unmöglich stimmen kann. Die Ungenauigkeit ist bei dieser Art der Bestimmung

**Kohle Heinitz-Dechen,
mit einem oberen Heizwert von 7670 kcal/kg**

Entgasungsprodukte aus 100 kg Kohle	oberer Heizwert kcal/kg	Heizwertverteilung aus den Entgasungs- produkten v. 1 kg Kohle in kcal	Verteilung in %
Koks 68,0 kg	7 380	5 020	65,3
Teer 6,8 „	9 050	615	8,0
Gas 0 ⁰ —760 mm . 32,8 m ³	5 990	1 965	25,6
Differenz gegen Kohlenheizwert = Zersetzungswärme		+ 80	1,1
		7 670	100,0

**Kohle Matthias Stinnes
mit einem oberen Heizwert von 7410 kcal/kg**

Entgasungsprodukte aus 100 kg Kohle	oberer Heizwert kcal/kg	Heizwertverteilung aus den Entgasungs- produkten v. 1 kg Kohle in kcal	Verteilung in %
Koks 70,0 kg	7 150	5 020	67,7
Teer 4,9	9 210	452	6,1
Gas 0 ⁰ —760 mm 29,3 m ³	5 610	1 642	22,2
Differenz gegen Kohlenheizwert = Zersetzungswärme		+ 296	4,0
		7 410	100,0

**Kohle Unser Fritz
mit einem oberen Heizwert von 7695 kcal kg**

Entgasungsprodukte aus 100 kg Kohle	oberer Heizwert kcal/kg	Heizwertverteilung aus den Entgasungs- produkten v. 1 kg Kohle in kcal	Verteilung in %
Koks 69,5 kg	7 270	5 050	65,2
Teer 5,4 „	9 450	510	6,6
Gas 0 ⁰ —760 mm 30,1 m ³	5 700	1 714	22,3
Differenz gegen Kohlenheizwert = Zersetzungswärme		+ 421	5,5
		7 695	100,0

sehr groß, da es unmöglich ist, die Teer- und Koksausbeute bei Versuchen in größerem Maßstabe mit ausreichender Sicherheit zu bestimmen.

Eigene Versuche des Verfassers haben ebenfalls die Unmöglichkeit ergeben, auf diesem Wege die Zersetzungswärme von Gas- kohlen auch nur der Größenordnung nach festzustellen. Zur Berechnung sind Versuchsergebnisse im großen verwendet worden, wobei für die Teerausbeute der Monatsdurchschnittswert genommen wurde, in der Annahme, daß dadurch die unvermeidlichen Ungenauigkeiten bei der Mengenbestimmung in gewissem Maße ausgeglichen würden. Für die drei Kohlen Heinitz-Dechen, Matthias Stinnes und Unser Fritz sind vorstehend die betreffenden Zahlenwerte zusammengestellt, wobei nur die Kohle Heinitz-Dechen einen in der Größenordnung annehmbaren Wert ergeben hat, während für die anderen beiden Kohlen die Werte für die Zersetzungswärmen ganz unmöglich sind, und wie später noch gezeigt wird, nicht im entferntesten mit den Laboratoriumsmessungen übereinstimmen.

Auf diesem Wege ist es, abgesehen von der Umständlichkeit der Bestimmung, nicht möglich, weder der Größe noch dem Vorzeichen nach die Zersetzungswärme von Kohlen zu bestimmen.

Auf einem anderen, aber nicht minder umständlichen Wege, hat M. Euchène bei der Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz in sorgfältigen Versuchen die Zersetzungswärme der Kohlen im großen bestimmt. Seine Bestimmungsmethode beruht auf der Überlegung, daß die gesamte für die Unterfeuerung entwickelte Wärmemenge sich verteilt auf:

1. den Wärmeinhalt der flüchtigen Entgasungsprodukte,
2. den Wärmeinhalt der Verbrennungsgase,
3. den Wärmeinhalt des Koks
4. den Wärmeverlust der Ofenanlage durch Strahlung und Leitung, und
5. den Wärmeverlust in den Schlacken,

wobei die Differenz der Wärmemengen 1 bis 5 gegen die als Unterfeuerung aufgewandte Wärmemenge die positive oder negative Zersetzungswärme der betreffenden Kohle ergibt.

Es ist klar, daß Fehler bei der Bestimmung dieser verschiedenen Wärmemengen unvermeidlich sind und recht große Beträge annehmen können, ohne daß es möglich ist, ein sicheres Urteil über die Genauigkeit der einzelnen Werte zu erhalten. Die an drei französischen Gaskohlen gemachten Feststellungen ergeben eine positive Zersetzungswärme von annehmbarer Größenordnung, und zwar fand er bei Kohle I eine Zersetzungswärme von $+ 12,39$, für Kohle II den Wert $+ 35,98$ und für Kohle III den Wert $+ 63,51$ kcal pro Kilogramm Kohle, Werte, die der Größenordnung nach, abgesehen von den Vorzeichen, schon wesentlich näher an die heutigen Bestimmungen herankommen.

Die experimentelle Bestimmung der Zersetzungswärmen von Brennstoffen im Laboratorium haben H. Strache und H. Grau versucht, in der Form, daß sie in eine kalorimetrische Bombe einen elektrischen Ofen einbauten, in dessen kupfernem Innengefäß die Verkokung durchgeführt wurde. Die Bestimmung wurde mit 1 g Brennstoff derart vorgenommen, daß die gesamte während des Aufheizens auf die Verkokungstemperatur und, nach Ausschalten des elektrischen Stromes, während des Wiederabkühlens auf Kalorimetertemperatur in das Kalorimeter gegangene Wärmemenge bestimmt wurde. Die Differenz dieser Wärmemenge gegen die durch Messung der in das Heizgefäß geschickten elektrischen Energie bestimmte Heizwärme stellte die positive oder negative Zersetzungswärme des betreffenden Brennstoffes dar. Die Messungen zeigten ziemlich erhebliche Schwankungen; aus den Mittelwerten der Meßergebnisse bei den einzelnen Brennstoffen ergeben sich für zwei Steinkohlen eine Zersetzungswärme von $- 8$ kcal, für zwei Braunkohlen die Werte $+ 49$ bzw. $+ 54$ kcal, für Lignit $+ 108$ kcal, für Zellulose $+ 230$ kcal und für Holz $+ 231$ kcal pro Kilogramm Substanz. Bemerkenswert ist, daß nach diesen Versuchen Steinkohlen eine schwache negative Zersetzungswärme aufweisen; die Mittelwerte sind jedoch insofern unsicher, als sie sich aus einer Reihe von Messungen errechnen, deren Ergebnisse für Steinkohle I zwischen $- 57$ und $+ 30$ kcal und für Steinkohle II zwischen $- 26$ und $+ 12$ kcal/kg Kohle liegen. Immerhin läßt sich aus diesen Versuchen der Schluß herleiten, daß die Zersetzungswärme bei

Steinkohlen lange nicht so hohe Beträge erreicht, als früher angenommen wurde.

Direkte Bestimmungen der Zersetzungswärmen von amerikanischen Steinkohlen haben J. D. Davis und J. F. Byrne ausgeführt. Sie benutzten ein Doppelkalorimeter, von denen jedes eine genau gleiche kalorimetrische Bombe enthielt mit gleicher Inneneinrichtung. In der einen Bombe wird ein Gramm Kohle verkocht, wobei jedes Kalorimeter mit der genau gleichen Wärmemenge (8500 kcal) beheizt wird, derart, daß die Temperatur im Innern 500⁰ erreicht. Aus dem verschiedenen Gang beider Kalorimeter wird die Zersetzungswärme der betreffenden Kohle berechnet. Zehn Kohlen gaben das Ergebnis, daß die Zersetzungswärme positiv ist und dem mittleren Werte von 30 kcal entspricht mit einer Unsicherheit von $+/-$ 1 kcal, jedoch sind auch Schwankungen in den Messungen bis zu 20% festgestellt worden. Bemerkenswert ist die Feststellung, daß die Kohlen in dem Temperaturgebiet bis etwa 650⁰ nur exotherme Reaktionen zeigen und daß bei etwa 500⁰ die größten Wärmeentwicklungen liegen, während oberhalb dieses Gebietes die Zersetzungswärme in wachsendem Maße negativ wird. Immerhin dürften Davis und Byrne zum ersten Male die Zersetzungswärmen von Kohlen der Größenordnung nach mit ausreichender Genauigkeit bestimmt haben, wobei jedoch die von ihnen gewählten Kohlen nicht ausreichen, um eine Regel daraus abzuleiten bzw. die Ergebnisse zu verallgemeinern. In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse komplizierter, und nachstehend wird an Hand von Versuchsergebnissen noch gezeigt werden, daß sich jede Kohle anders verhält; auch innerhalb ein und desselben Vorkommens sind die Unterschiede bedeutend.

Der Verfasser¹⁾ hat es in Gemeinschaft mit seinen Mitarbeitern unternommen, eine Methode auszuarbeiten, nach der die Verkokungswärme von Brennstoffen direkt gemessen werden kann, wobei gleichzeitig alle Unterlagen erhalten werden, um die Zersetzungswärme der betreffenden Brennstoffe über ein Temperaturgebiet, das mehrere Hundert Grad umfaßt, zu berechnen. Unter dem Begriff „Ver-

¹⁾ E. Terres und H. Wolter, GWF., 1927.

E. Terres und M. Meier, GWF., 1928.

E. Terres und K. Voituret, noch nicht veröffentlicht, erscheint demnächst im GWF.

kokungswärme“ wird dabei diejenige Wärmemenge verstanden, die aufgewandt werden muß, um 1 kg lufttrockene Kohle von Zimmertemperatur in Koks und gasförmige Entgasungsprodukte bei irgendeiner bestimmten Temperatur zu verwandeln, einschließlich der Energie in Kilokalorie, die der äußeren Arbeitsleistung der gasförmigen Entgasungsprodukte entspricht, während die Zersetzungswärme diejenige Wärmemenge darstellt, die beim Verkokungsvorgang von exothermen Reaktionen entwickelt wird bzw. zum Ablauf endothermer Reaktionen aufgewandt werden muß. Die Zersetzungswärme bei der jeweiligen Verkokungstemperatur ergibt sich dabei als die Differenz der Wärmetönungen der sich gleichzeitig oder nacheinander vollziehenden exothermen und endothermen Reaktionen.

Die Meßmethode für die Verkokungswärme besteht darin, daß in einer kalorimetrischen Bombe ein eingebautes Verkokungsgefäß aus Quarz auf elektrischem Wege auf Temperaturen bis etwa 1100⁰ geheizt werden kann, wobei es durch zweckmäßig angebrachte Isolationszylinder erreicht wird, daß der größte Teil der Heizwärme zur Erhitzung des Systems und zur Durchführung der Verkokung verbraucht wird und nur der kleinere Teil während des Aufheizens in das Kalorimeter fließt. Auf Einzelheiten der Arbeitsweise kann hier nicht eingegangen werden, es genügt zu wissen, daß sich die Verkokungswärme ergibt als die Differenz zwischen der gesamten aufgewandten Heizwärme einerseits und der Wärmemenge, die bis zur Erreichung der Höchsttemperatur im Verkokungsgefäß in das Kalorimeter geht plus dem Wärmeinhalt des leeren Systems bei der betreffenden Temperatur; Voraussetzung ist jedoch, daß das System bei der betreffenden Versuchstemperatur mit Wärme gesättigt ist.

Zur Ermittlung der jeweiligen Zersetzungswärme ist außerdem noch der Wärmeinhalt der gasförmigen Entgasungsprodukte erforderlich, der in einem zweiten Kalorimeter experimentell bestimmt wird. Die Zersetzungswärme ergibt sich aus der Differenz zwischen der gemessenen Verkokungswärme bei der betreffenden Temperatur einerseits und der Summe des tatsächlichen Wärmeinhalts des Koks (berechnet aus Menge \times Temperatur \times mittlerer spezi-

1) E. Terres und A. Schaller, GWF., 1922.
E. Terres und H. Biederbeck, GWF., 1928.

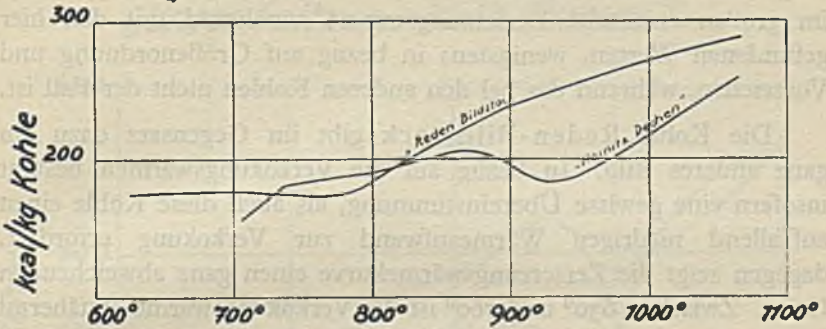
fischer Wärme)¹⁾, des Wärmeinhaltes der gasförmigen Entgasungsprodukte ausschließlich der Kondensationswärmen von Wasser und Teer (experimentell gemessen) und der Arbeitsleistung der gasförmigen Produkte gegen die äußere Atmosphäre, ausgedrückt in Wärmeinheiten. Mit Ausnahme dieses letzten Wertes liegt die Genauigkeit der Berechnung bzw. der Bestimmungen durchaus so, daß die Zersetzungswärme mit geringen Fehlern sicher erhalten wird; die äußere Arbeitsleistung der entstehenden Gase ist infolge des nur annähernd berechenbaren Volumens der Teerdämpfe am unsichersten, aber dieser Fehler ist sehr gering, da der gesamte hierfür in Frage kommende Wärmebetrag bei einer Trockengasausbeute von 350 cbm/t Kohle auf 1 kg Kohle bezogen noch unter einer Wärmeinheit bleibt und je nach der in Frage kommenden Gesamtmenge der gasförmigen Entgasungsprodukte zwischen 0,6 bis 0,85 kcal liegt.

Nachfolgend seien zur Bestätigung des Gesagten von einigen Kohlen die Verkokungswärme- und Zersetzungswärmekurven wiedergegeben, woraus ohne weiteres erhellt, daß beide Werte sich mit der Temperatur sehr stark verändern und daß diese Kurven für jede Kohle charakteristisch sind, ohne daß sich bisher aus der Untersuchung von etwa 40 Kohlen eine Regel ableiten ließe.

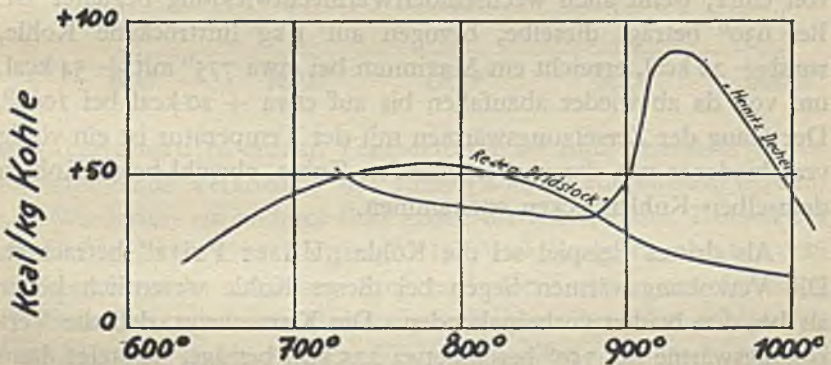
Es seien zunächst die beiden Saarkohlen Heinitz-Dechen und Reden-Bildstock betrachtet, die typische Garantiekohlen für Gas-erzeugungsöfen sind. Es genügt, wenn für die vorliegenden Betrachtungen nur die Kurven wiedergegeben werden.

Die Verkokungswärmen der Kohle Heinitz-Dechen steigen zwischen 730⁰ und 1045⁰ an von 175,5 kcal auf 247,2 kcal pro Kilogramm lufttrockene Kohlen, wobei jedoch der Anstieg nicht regelmäßig ist, sondern bei etwa 870⁰ erfolgt ein Absinken und die Kurve geht bei etwa 930⁰ durch ein Minimum mit 184 kcal, um von da ab dann kontinuierlich anzusteigen. Die normale Verkokungswärme bei 1000⁰ beträgt 217 kcal. Dieser merkwürdige Gang der Verkokungswärmekurve ist durch eine in dem betreffenden Temperaturgebiet sehr verschiedene Zersetzungswärme verursacht. Berechnet man, wie weiter oben näher dargelegt worden ist, aus den einzelnen Werten für die Verkokungswärmen die jeweilige der betreffenden Verkokungstemperatur entsprechende Zersetzungswärme, so sieht man, daß dieselbe ebenfalls einen auffallenden Gang mit der Tempera-

Verkokungswärmen der Kohlen
„Reden Bildstock und Heinitz Dachen“



Zersetzungswärmen der Kohlen
„Reden Bildstock und Heinitz Dachen“



tur zeigt. Bemerkenswert ist, daß in dem ganzen Temperaturgebiet zwischen 700⁰ und 1050⁰ die Zersetzungswärme positiv ist, und zwar fällt sie von etwa + 58 kcal bei 730⁰ auf ein Minimum bei 870⁰ mit + 34 kcal, um von da aus bis zu einem Maximum von + 91 kcal bei etwa 930⁰ zu steigen, worauf dann wieder ein starkes Absinken folgt bis 0 kcal bei etwa 1060⁰. Es kann also keineswegs von einer bestimmten Verkokungswärme bzw. Zersetzungswärme bei einer Kohle gesprochen werden, sondern ein charakteristisches Bild

geben erst die betreffenden Kurven als Funktion der Verkokungstemperatur. Immerhin stimmt die weiter oben aus einem Versuch im großen ermittelte Zersetzungswärme annähernd mit den hier gefundenen Werten, wenigstens in bezug auf Größenordnung und Vorzeichen, während das bei den anderen Kohlen nicht der Fall ist.

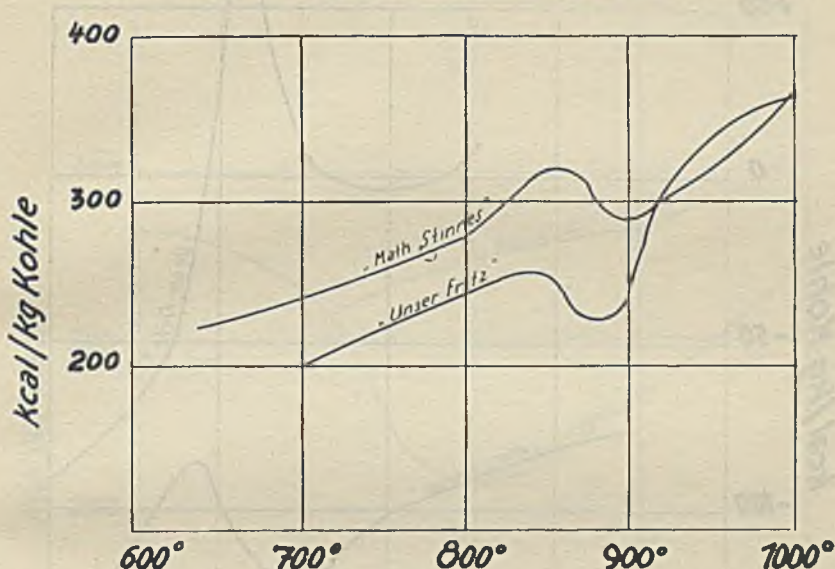
Die Kohle Reden-Bildstock gibt im Gegensatz dazu ein ganz anderes Bild. In bezug auf die Verkokungswärmen besteht insofern eine gewisse Übereinstimmung, als auch diese Kohle einen auffallend niedrigen Wärmearaufwand zur Verkokung erfordert, dagegen zeigt die Zersetzungswärmekurve einen ganz abweichenden Gang. Zwischen 630° und 760° ist die Verkokungswärme annähernd konstant und pendelt um den Mittelwert von etwa 176 kcal/kg lufttrockene Kohle; von etwa 780° bis 1020° erfolgt dann ein kontinuierliches Ansteigen bis auf $277,5 \text{ kcal}$.

Die Zersetzungswärmekurve zeigt zunächst, daß der Verkokungsvorgang in dem ganzen Temperaturgebiet von etwa 600° bis 1000° von einer, wenn auch wechselnden Wärmeentwicklung begleitet ist. Bei 630° beträgt dieselbe, bezogen auf 1 kg lufttrockene Kohle, rund $+ 20 \text{ kcal}$, erreicht ein Maximum bei etwa 775° mit $+ 54 \text{ kcal}$, um von da ab wieder abzufallen bis auf etwa $+ 20 \text{ kcal}$ bei 1000° . Der Gang der Zersetzungswärmen mit der Temperatur ist ein völlig verschiedener von der vorhergehenden Kohle, obwohl beide Kohlen demselben Kohlenbecken entstammen.

Als drittes Beispiel sei die Kohle „Unser Fritz“ betrachtet. Die Verkokungswärmen liegen bei dieser Kohle wesentlich höher als bei den beiden vorhergehenden. Die Kurve zeigt, daß die Verkokungswärme bei 750° bereits etwa 225 kcal beträgt, sie steigt dann an bis 840° auf 255 kcal , geht bei 870° durch ein Minimum mit 224 kcal , nimmt dann einen ansteigenden Verlauf und erreicht 360 kcal bei 1000° .

Die Zersetzungswärmekurve bei dieser Kohle ist je nach der Temperatur teils positiv, teils stark negativ. Zwischen 760° und 840° pendelt sie um Null, wird dann zwischen 840° und 900° stark positiv und geht bei etwa 880° durch ein Maximum mit etwa plus 60 kcal ; oberhalb 910° ist sie dauernd in wachsendem Maße negativ, derart, daß die Verkokung bei 1000° mit etwa 95 kcal

Verkokungswärmen der Kohlen „Unser Fritz und Math. Stinnes“

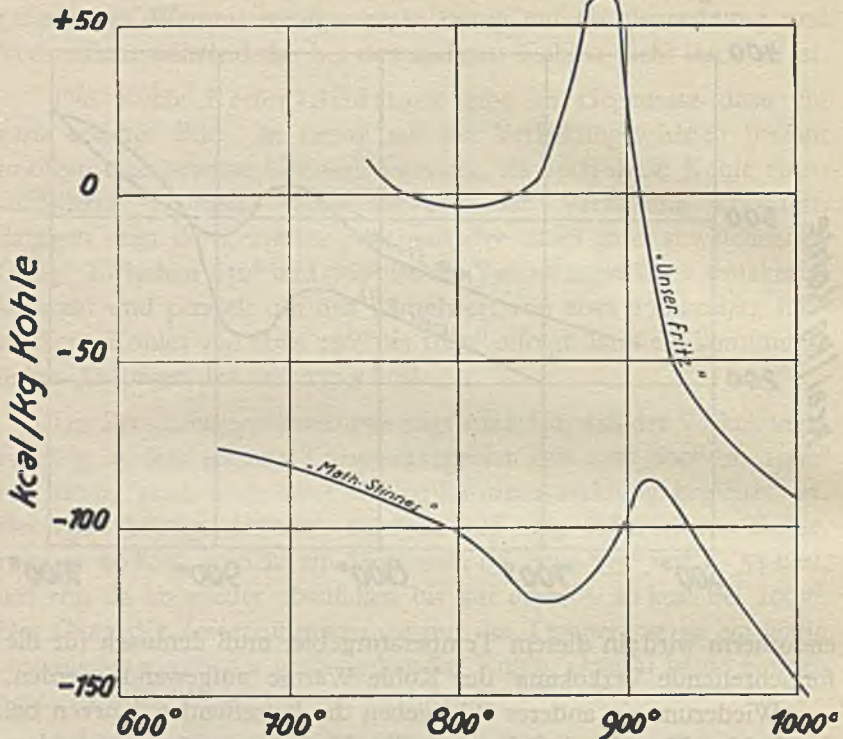


endotherm wird; in diesem Temperaturgebiet muß demnach für die fortschreitende Verkokung der Kohle Wärme aufgewandt werden.

Wiederum ein anderes Bild geben die betreffenden Kurven bei der Kohle „Matthias Stinnes“. Die Verkokungswärme ist in dem Temperaturgebiet zwischen 650° und 1000° etwa von derselben Größenordnung wie bei der vorigen Kohle. Zunächst erfolgt von 650° bis 840° ein Anstieg der Verkokungswärme von etwa 226 bis 312 kcal, immer bezogen auf 1 kg lufttrockene Kohle, erreicht ein Minimum bei etwa 900° mit 290 kcal und steigt dann gradlinig an, um bei 1000° den Wert 370 kcal zu erreichen.

Die Zersetzungswärme ist im Gegensatz zu der vorigen Kohle in dem ganzen Temperaturgebiet negativ. Bei 660° beträgt sie -26 kcal und fällt bis 860° weiter bis auf -74 kcal, steigt wieder an bis 910° auf -36 kcal und fällt dann kontinuierlich, wobei der Temperatur von 1000 eine Zersetzungswärme von rund -100 kcal entspricht.

Zersetzungswärmen der Kohlen „Unser Fritz und Math. Stinnes“

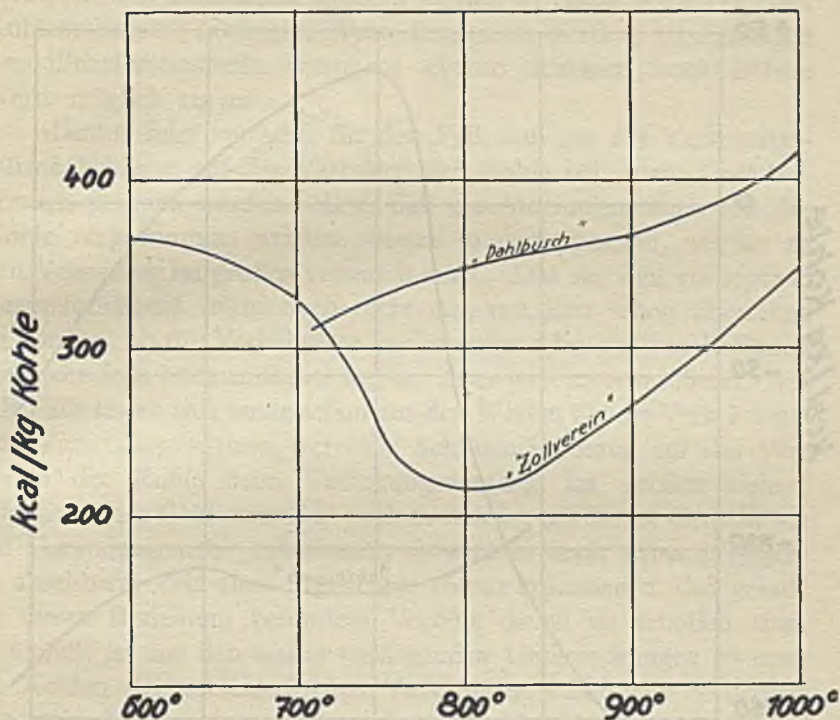


Als weitere Beispiele seien noch die entsprechenden Werte der Verkokungs- und Zersetzungswärmen für die Kokskohlen „Dahlbusch“ und „Zollverein“ gegeben.

Die Verkokungswärmen der Kohle „Dahlbusch“ liegen verhältnismäßig hoch und betragen bei 700° etwa 310 kcal/kg lufttrockene Kohle und steigen in flach steigender Kurve an bis 420 kcal bei 1000°. Die Zersetzungswärme ist in dem ganzen Temperaturgebiet stark negativ derart, daß dieselbe bei 700° schon etwa — 95 kcal beträgt, weiter abfällt bis — 116 kcal bei 780°, wieder schwach ansteigt bis — 107 kcal bei 920°, um von da ab dauernd zu fallen und bei 1000° den Wert — 140 kcal zu erreichen.

Ganz verschieden hiervon verhält sich wiederum die Kohle „Zollverein“. Die Verkokungswärme ist bei 600° verhältnismäßig

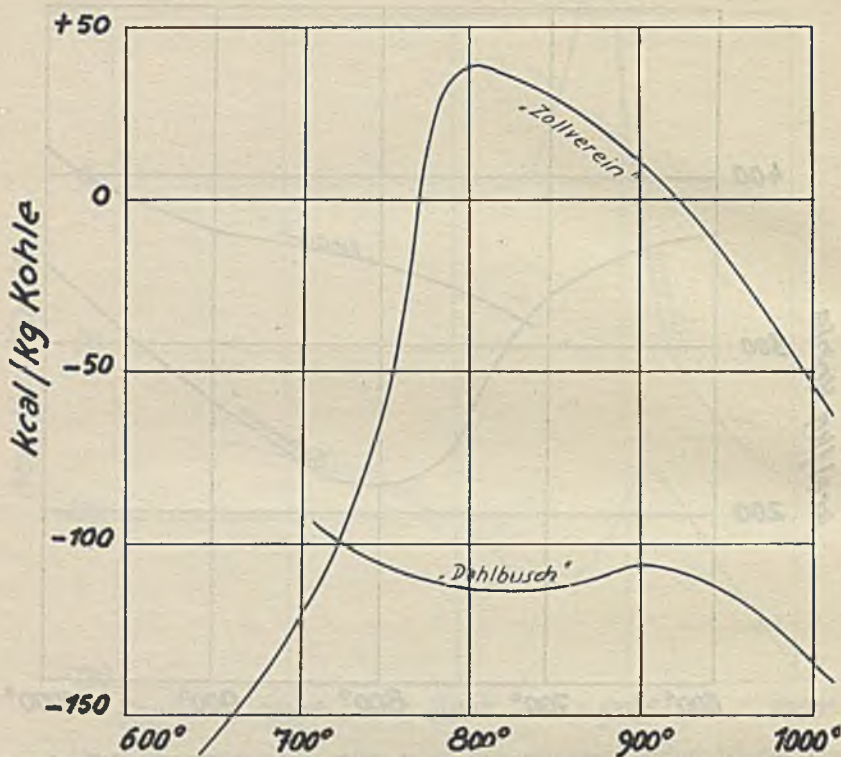
Verkokungswärmen der Kohlen „Dahlbusch und Zollverein“



sehr hoch mit etwa 264 kcal pro kg lufttrockene Kohle, fällt dann aber bis zu einem Minimum bei etwa 800° von 208 kcal, um von da an ohne Verzug wieder anzusteigen bis 350 kcal bei 1000°. Ein dementsprechendes Bild gibt auch die Zersetzungswärmeurve. Bei 700° beträgt die Zersetzungswärme rund — 120 kcal, steigt dann an bis auf + 80 kcal bei 800°, um von da ab wieder zu fallen, derart, daß sie bei 1000° den Wert — 55 kcal erreicht.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um das außerordentlich verschiedene Verhalten der einzelnen Kohlsorten bei der Verkokung zu zeigen. Auch ein und dieselbe Kohle kann sehr abweichende Werte und Kurven geben, je nachdem ob sie frisch angeliefert oder schon längere Zeit gelagert ist. Weiter übt der Feuchtigkeitsgehalt

Zersetzungswärmen der Kohlen „Dahlbusch und Zollverein“



der Kohlen einen großen Einfluß auf die Größenordnung der Werte für die Verkokungs- und Zersetzungswärmen, und soweit aus dem bis jetzt vorliegenden Versuchsmaterial geschlossen werden kann, ist bei Anwesenheit von Feuchtigkeit nicht nur ein entsprechender Wärmehaufwand zur Verdampfung erforderlich, sondern es scheinen sich bei Anwesenheit von Feuchtigkeit auch Reaktionen abzuspielen, die einen Wärmehaufwand erfordern (Wassergasreaktion). Jedenfalls lassen sich nicht ohne weiteres die Verkokungswärmen einer feuchten Kohle aus den entsprechenden Werten der luftgetrockneten Kohle unter Berücksichtigung der zur Wasserverdampfung erforderlichen Wärmemenge berechnen.

Desgleichen setzen sich die Verkokungswärmen von Kohlenmischungen nicht immer additiv aus den entsprechenden Werten der Komponenten zusammen, sondern es sind in einem Falle bei einer Kohlenmischung niedrigere Werte festgestellt worden, als diejenigen der Einzelbestandteile betragen; ebenso scheinen auch höhere Werte möglich zu sein.

Hieraus folgt zunächst für den Fall, daß aus der Verkokungswärme Schlüsse auf das Verhalten der Kohle bei einem Garantieversuch gezogen werden sollen, daß die Messungen auch mit der Kohle vorgenommen werden müssen in dem Zustand, wie sie zu den Versuchen im großen verwandt wird. Das zur Zeit vorliegende Versuchsmaterial reicht noch nicht aus, um jetzt schon übersehen zu können, ob die Verhältnisse in der einen oder anderen Richtung vielleicht doch noch einfacher liegen, als es jetzt zu sein scheint. Auf alle Fälle lassen sich heute schon aus den Werten für die Verkokungs- und Zersetzungswärmen wertvolle Schlüsse in bezug auf das Verhalten der Kohle beim Verkokungsvorgang im großen ziehen. Obwohl dieses Gebiet zur Zeit noch zu neu ist, um darauf Grundlagen für Garantieversuche aufzubauen, so wird es doch sicher gelingen, in absehbarer Zeit diese Messungen soweit auszubauen, daß gerade in dieser Beziehung besondere Vorteile davon zu erhoffen sind. Jedenfalls ist aus den bisher vorliegenden Untersuchungen an etwa 40 Kohlen der verschiedensten Vorkommen schon mit Sicherheit der Schluß zu ziehen, daß so hohe positive Zersetzungswärmen, wie sie bis jetzt mitunter angenommen werden, sicher nicht auftreten, daß aber andererseits besonders bei hohen Temperaturen recht hohe negative Zersetzungswärmen möglich sind. Andererseits hat die direkte Messung der Verkokungswärmen von Kohlen zum erstenmal eine sichere Grundlage für die Beurteilung der Kohlen in bezug auf den Verkokungsvorgang geschaffen, und die Ergebnisse zeigen, daß die Nutzeffekte unserer Ofenanlagen bei weitem nicht so hoch sind, als man es sich bisher in der Gas- und Kokereiindustrie vorgestellt hat, und in dieser Beziehung sind in Zukunft sicher auch noch konstruktive Erfolge zu erhoffen. Es muß hier weiter betont werden, daß die bisherige Bestimmung der Leistung von Verkokungsöfen keine Grundlage für eine einwandfreie Beurteilung der Ofenanlagen abgibt, und daß in Zukunft zum mindesten angestrebt werden muß,

bei Nichterrechnung der Garantien, das Verhalten der betreffenden Versuchskohle beim Verkokungsprozeß in bezug auf die Verkokungs- und Zersetzungswärmen, und eventuell in bezug auf die Wärmeleitfähigkeit von Kohle und Koks zu prüfen und diese Meßergebnisse als Ausgleich und Erklärung einer eventuellen Minderleistung heranzuziehen.

Zum Schluß mögen noch Versuchszahlen mit einer Ruhrgaskohle folgen, an denen gezeigt werden kann, in welchem Verhältnis der tatsächlich aufgewandte Unterfeuerungsverbrauch zur gemessenen Verkokungswärme der Kohle steht, und daß die nasse Entgasung ein Mittel ist, den Ofennutzeffekt wenigstens um einige Prozent zu erhöhen, durch gleichzeitige Ausnutzung eines Teiles des Wärmeinhalts des Koks zur Wassergaserzeugung.

Gasausbeute in cbm o°, 760mm / 100 kg Kohle	Heiz- wert- zahl	Unterfeuerungs- verbrauch in kcal pro kg luft- trockener Kohle am Ofen	Verkokungs- wärme kcal/kg lufttrock. Kohle	% Ofen- nutz- effekt	Bemerkungen
28,2	1 595	710	350	49,3	trock. Entgas.
39,7	1 830	805	423	52,7	nasse „
46,3	1 990	840	468	55,8	„ „

Die Verkokungswärme bei der nassen Entgasung berücksichtigt den theoretischen Wärmearaufwand für die jeweilige Wassergaserzeugung unter Berücksichtigung der sich aus den Gasanalysen ergebenden Zusammensetzung des Wassergases. Es ist anzunehmen, daß bei dieser Art Berechnung ein ins Gewicht fallender Fehler nicht gemacht wird. Es sei jedoch noch hervorgehoben, daß die Versuchskohle zu den schwerer entgasbaren Kohlen zu zählen ist, und daß die niedrigen Ofennutzeffekte zum Teil auf diesen Umstand zurückzuführen sind. Soweit jedoch zur Zeit aus vergleichbaren Versuchsergebnissen gefolgert werden kann, liegen auch unter günstigeren Verhältnissen die Ofennutzeffekte, genaue Bestimmungen vorausgesetzt, nicht höher als etwa 65 bis 70%. Das Versuchsmaterial reicht jedoch noch nicht aus, um bestimmte Angaben zu machen.

Bei Saarkohlen mit ihren an sich zum Teil wesentlich niedrigen Verkokungswärmen sind die Ofennutzeffekte noch kleiner als mit Ruhrkohlen, da hier die Zeit, die für die Verkokung einer bestimmten

Kohlenmenge erforderlich ist, eine große Rolle spielt, infolge der zum Teil recht kleinen Wärmeleitfähigkeit von Kohle und Koks, die durchweg kleiner zu sein scheint als die Durchschnittszahlen von feuerfestem Material; die günstige Verkokungswärme kann dadurch gar nicht in dem Maße in Erscheinung treten, als es zu erwarten wäre.

Durch die vorliegende Betrachtung sollte vor allen Dingen gezeigt werden, daß die bisherige Charakterisierung der Kohlen auf Grund der üblichen Brennstoffanalyse nicht ausreicht, um daraus Schlüsse auf ihr Verhalten bei der Verkokung zu ziehen, und daß weiter angestrebt werden muß, einwandfreie zahlenmäßige Unterlagen für die Verkokungs- und Zersetzungswärmen der Kohlen zu bekommen, auf denen dann eventuell unter Berücksichtigung der Wärmeleitzahlen eine für die Praxis brauchbare Kennziffer aufgebaut werden kann.

Portland-Zement und Ruhrkohle.

Von Direktor Dipl.-Ing. Grosse, Misburg-Hannover.

Portland-Zement ist ein hydraulisches Bindemittel mit nicht weniger als 1,7 Gewichtsteilen Kalk (CaO) auf ein Gewichtsteil lösliche Kieselsäure (SiO_2) + Tonerde (Al_2O_3) + Eisenoxyd (Fe_2O_3), hergestellt durch feine Zerkleinerung und innige Mischung der Rohstoffe, Brennen bis mindestens zur Sinterung und Feinmahlen.

Portland-Zement unterscheidet sich von allen anderen hydraulischen Bindemitteln durch seinen hohen Kalkgehalt, welcher eine innige Mischung der Rohstoffe in ganz bestimmten Verhältnissen bedingt, wie sie (sehr wenige natürliche Vorkommen ausgenommen) mit Sicherheit nur auf künstliche Weise durch feinstes Mahlen oder Schlämmen und innigste Mischung unter chemischer Kontrolle zu erreichen ist. Durch das Brennen bis zur Sinterung (beginnende Schmelzung) erhält das Erzeugnis ein sehr großes Raumbgewicht, welches eine wesentliche Eigenschaft des Portland-Zementes ist.

Aus dieser Begriffserklärung für Portland-Zement klingt bereits heraus, daß zur Herstellung von Portland-Zement Kohlen in bedeutenden Mengen verbraucht werden.

Nachdem in England Ende der zwanziger Jahre des vorigen Jahrhunderts die ersten Portland-Zementfabriken entstanden waren, wurde in Deutschland im Jahre 1855 als erste Portland-Zementfabrik die Stettiner Portland-Zementfabrik (Delbrück & Lossius) gegründet. Dieser folgten im Laufe der nächsten 20 Jahre 30 weitere Fabriken.

Heute sind es weit über 100 Fabriken, deren Produktion gegenüber einer Erzeugung von 440000 t im Jahre 1878 auf etwa 6000000 t im Jahre 1926 gestiegen ist, nachdem sie im Jahre 1914 bereits 7000000 t überschritten hatte.

Die Portland-Zementindustrie hat sich in Deutschland in der Hauptsache nach 3 Gesichtspunkten angesiedelt:

1. in Hinsicht auf das Vorkommen der Rohmaterialien,
2. in Hinsicht auf die Brennstoffversorgung,
3. mit Rücksicht auf den Absatz.

Es gibt in Deutschland zur Zeit 113 Portland-Zementfabriken. Von diesen scheiden für den Bezug von Ruhrkohle aus die Gebiete:

Berlin mit 3 Werken,

Oberschlesien mit 10 Werken,

Stettin mit 4 Werken,

Mitteldeutschland mit 11 Werken,

während die 5 Werke des unterelbischen Gebietes vielleicht zu gleichen Teilen mit Ruhrkohle und englischer Kohle arbeiten.

Wir dürfen also sagen, daß der größte Teil der deutschen Portland-Zementindustrie auf die Verwendung von Ruhrkohle angewiesen ist.

Die Portland-Zementindustrie gebraucht die verschiedensten Sorten Ruhrkohle für verschiedene Zwecke.

Zunächst in Kesselfeuerungen zur Dampferzeugung. Dieser Verwendungszweck bietet nichts der Portland-Zementindustrie Eigentümliches, da die Kesselfeuerungen sich kaum von denen anderer Industrien unterscheiden. Es wäre hierbei nur zu bemerken, daß die Portland-Zementindustrie infolge des großen Widerstandes, den die Rohmaterialien wie auch der gebrannte Zement, der sogenannte Zement-Klinker, ihrer Zerkleinerung entgegensetzen, verhältnismäßig viel Kraft gebraucht.

Weiter gebraucht die Portland-Zementindustrie, soweit sie nach dem Trockenverfahren arbeitet, Kohlen zum Trocknen der Rohmaterialien.

Ebensowenig wie die Verwendung der Kohle bei der Kesselfeuerung in der Portland-Zementindustrie Besonderheiten bietet, ist das bei dem Trocknen der Fall. Die Feuerungen sind meistens mechanisch beschickte Planrostfeuerungen, die Gase werden durch Exhaustoren abgesaugt.

Hierbei sei kurz der Fabrikationsgang von Portland-Zement beschrieben:

Die kalk- und tonhaltigen Rohmaterialien, die aus Steinbrüchen, Mergel- und Tongruben usw. kommen, werden in Brechern, Walzwerken oder Kollergängen zunächst vorzerkleinert und dann getrocknet.

Die Trockner sind in der Regel Trommeln von 10 bis 20 m Länge und 1,25 bis 2 m Durchmesser, die nach dem Gleichstrom- oder Gegenstromprinzip arbeiten. Das getrocknete Gut wird zu feinstem Mehl, dem sogenannten Rohmehl, auf Mühlen verschiedenster Art gemahlen. Hierbei werden die Materialien auf das sorgfältigste gemischt, eine Prozedur, die nach dem Mahlen in Mischsilos noch weiter fortgesetzt wird, bis das fertige Rohmehl einer vom Laboratorium genau festgesetzten chemischen Analyse entspricht.

Diese sorgfältige Aufbereitung und innige Mischung der Rohmaterialien ist eins der Hauptkennzeichen von Portland-Zement, in grundsätzlichem Unterschiede von allen Naturzementen. Es gibt eine ganze Reihe von Mergelvorkommen, die im Durchschnitt ohne weiteres eine Kalkhöhe aufweisen, die der von Portland-Zement entsprechen würde. Auf dieser Basis haben sich eine Anzahl Natur-Zementfabriken entwickelt. Diese brennen das Material, wie es aus dem Bruche kommt, unter Ausschaltung der kostspieligen Trocknung und Aufbereitung. Untersucht man jedoch die Vorkommen genauer, so stellt sich heraus, daß die Schichten untereinander derartig im Kalkgehalt schwanken, daß bei einem so hergestellten Zement in den allerseltensten Fällen ein einheitliches Produkt erzielt werden kann. Aus diesem Grunde verweist ja die Begriffserklärung „Portland-Zement“ ganz besonders auf die innige Mischung der Rohmaterialien.

Es folgt dann die zweite Phase in der Herstellung von Portland-Zement: das Brennen der Rohmasse bis zur Sinterung.

Das Brennen erfolgt nur noch ganz vereinzelt in Ringöfen, ähnlich denen, die zum Ziegelbrennen benützt werden. Wir können aber diese Art von Öfen vernachlässigen.

Ein großer Teil der deutschen Portland-Zementfabriken arbeitet mit Schächtofen. Dieses sind vertikale Öfen von 12 bis 20 m Höhe und 2 bis 4 m lichtem Durchmesser. Der weitaus größte Teil der Schächtofen arbeitet heute völlig automatisch, indem das mit Brennstoff vermengte Rohmehl in verschiedensten Formen, in der Regel in Ziegelform, durch Telleraufgaben dem Ofen an der Gicht zugeführt wird, während das gebrannte Gut durch Roste irgendwelcher Art gleichmäßig abgezogen wird. Schächtofen leisten 50 bis 100 t Portland-Zement in 24 Stunden.

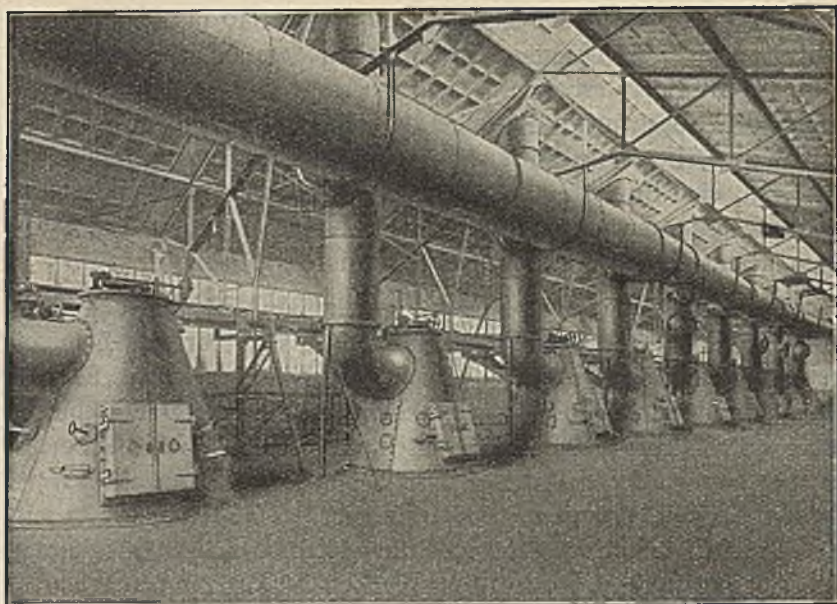


Abb. 1. Gichtanlage.

Abbildung 1 zeigt die Gichtanlage einer Batterie von 9 Schachtöfen.

Als modernste Brennapparate sind die Drehrohröfen anzusprechen, 30 bis 70 m lange, etwas geneigt gelagerte Trommeln von 2 bis 3,5 m Durchmesser. Dem Drehofen wird das Rohmaterial im Gegensatz zum Ring- und Schachtofen ungeziegelt als leicht angefeuchtetes Mehl aufgegeben, während am Auslaufende mittels eines Ventilators der erforderliche Brennstoff in Form von Kohlenstaub eingeblasen wird.

Bei diesem Verfahren wird das Material im oberen Teile des Ofens zunächst wieder getrocknet, sodann entsäuert (kalziniert) und im Feuer der Kohlenstaubflamme bei etwa 1400 bis 1500⁰ in der sogenannten Sinterzone gesintert. Das gebrannte Material verläßt den Ofen, nachdem es noch eine Kühlzone passiert hat, in dem wieder die Verbrennungsluft vorgewärmt wird, den Ofen als sogenannter Klinker in Form von sehr harten, grünlichschwarzen Kugeln

chen von Erbsen- bis Walnußgröße. Es werden heute Drehöfen mit Tagesleistungen bis zu 300 t gebaut.

Der gebrannte Klinker wird automatisch in Klinkersilos oder in sonstige große Klinkerlager geschafft, um hier bis zur Vermahlung zu lagern.

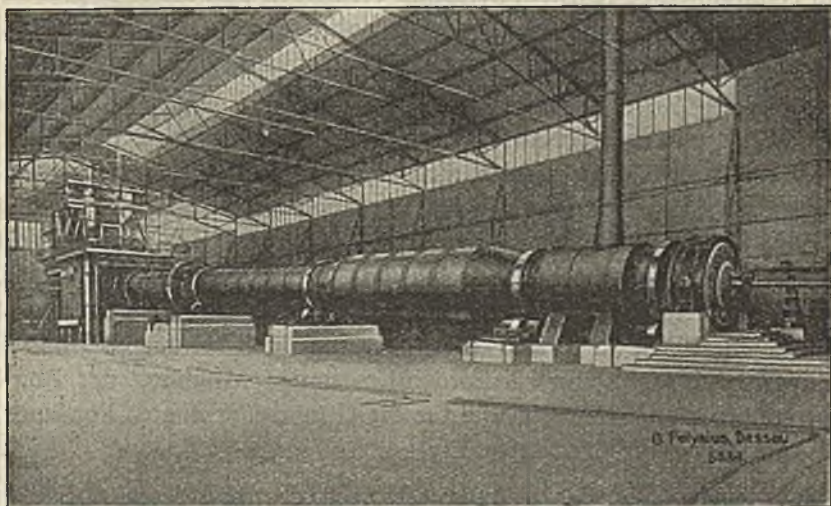


Abb. 2. Drehofen.

Abbildung 2 zeigt einen Drehofen, Bauart Polysius, einen sogenannten Solo-Ofen. Am Einlaufende des Ofens ist ein Abhitze-kessel sichtbar.

Es folgt sodann der dritte und letzte Abschnitt in der Herstellung von Portland-Zement, nämlich das Mahlen des Klinkers zu staubfeinem Mehl, ein Vorgang, der sehr viel Kraft erfordert. So verschiedenartig wie die Mühlen in der Roh-Aufbereitung sind, ebenso verschiedenartig sind auch die Verfahren beim Vermahlen des Klinkers.

Der gemahlene Portland-Zement gelangt in große Vorrats-Silos, aus denen er dann mit automatischen Packmaschinen in Säcke und Fässer, letztere nur noch für den Export, abgezogen wird.

Ein großer Teil der deutschen Portland-Zementfabriken und zwar vor allem diejenigen, die über Rohmaterialien verfügen, welche

ziemlich viel Grubenfeuchtigkeit enthalten, arbeiten auf der Rohseite nach dem sogenannten Naßverfahren oder dem Dickschlammverfahren. Wir wollen uns hier auf die Beschreibung des Dickschlammverfahrens beschränken:

Die Rohmaterialien werden unter Zusatz von etwa 35% Wasser in Naßmühlen zu feinstem Schlamm vermahlen und dieser in großen Bottichen mit Rührwerken oder in hohen Behältern mit Preßluft so lange durchgemischt, bis der Dickschlamm die gewünschte chemische Zusammensetzung erreicht hat.

Fällt nun beim Naßverfahren auch das Trocknen der Rohmaterialien fort und mahlen sich die Rohmaterialien auf nassem Wege wohl etwas leichter als auf trockenem, so ist der Kohlenverbrauch beim Naßverfahren doch im allgemeinen noch etwas höher als beim Trockenverfahren, da bei dem Brennen von Dickschlamm etwa 40% Kohlen mehr verbraucht werden als beim Brennen von Rohmehl. Nicht zu verkennen ist allerdings, daß bei der Naßaufbereitung sich eine ganz außerordentlich innige Mischung der Rohkomponenten erzielen läßt, die für die Güte des erzeugten Portlandzementes von großer Bedeutung ist.

Während bei den Ringöfen die Verwendung von hochwertigen Stückkohlen oder Stückkoks notwendig war, wird bei den Schachtofen in der Hauptsache Koksgrus und Anthrazitfeinkohle verwendet. Wie bereits kurz erwähnt, wird beim Schachtofenbetrieb der Brennstoff mit dem Rohmaterial vermischt, die Mischung wird in Pressen geziegelt, um so in den Ofen zu gelangen.

Der Brennstoffverbrauch in Schachtofen beträgt etwa 9000 bis 11000 WE auf 100 kg gebrannten Klinker berechnet.

Auch für den Betrieb der Drehöfen können verhältnismäßig minderwertige Kohlen wie Feinkohle, Staubkohle usw. Verwendung finden. Die Kohlen werden, nachdem sie getrocknet sind, auf Mühlen verschiedenster Art zu feinstem Staube mit etwa 10% Rückstand auf dem 5000-Maschensiebe vermahlen und dann, wie bereits kurz erwähnt, durch einen Ventilator in den Drehofen — dem Rohmehl entgegen — eingeblasen.

Beim Drehofen ist der Wärmeverbrauch im allgemeinen wesentlich höher als beim Schachtofen. Er schwankt zwischen

160000 und 200000 WE pro 100 kg Klinker, da die Abgase mit 500 bis 600⁰ den Ofen verlassen.

Diese Abgase versuchte man früher dadurch nutzbar zu machen, daß man sie zum Trocknen der Rohmaterialien verwandte. Restlos ist die Ausnutzung der Gase jedoch erst durch den Einbau von Abhitze-kesseln gelungen, ein Verfahren, das sich, zwar zu allererst in Deutschland angewandt, nach dem Vorbilde Amerikas erst in den letzten Jahren in Deutschland einzubürgern beginnt. Die Kessel müssen naturgemäß wegen der verhältnismäßig niedrigen Temperatur der Gase große Abmessungen haben. Die Gase werden mittels eines Exhaustors mit großer Geschwindigkeit durch den Kessel gesaugt und es gelingt bei guten Anlagen, Dampfmen gen zu erzeugen, die dem Gewicht des in der Ofeneinheit erzeugten Klinkers äquivalent sind. Natürlich muß für eine sehr sorgfältige und häufige Reinigung der Kesselrohre und Kesselwandungen Sorge getragen werden. In der Regel werden die Kessel ein- bis zweimal in der Schicht durch besonders konstruierte Bläser mit hochüberhitztem Dampf abgeblasen und so vom Flugstaube gereinigt. Es gelingt, die Gase bis auf 150⁰ auszunutzen. Die zum Brennen des Klinkers benötigte Wärmemenge wird bei Ausnutzung der Abwärme im Abhitzekessel ungefähr der beim Schachtofen benötigten gleichkommen.

Wenn wir von den Beziehungen der Ruhrkohle zum Portland-Zement sprechen, so wird die Frage interessieren: wieviel Kohlen verbraucht die Portland-Zementindustrie? Man kann rechnen, daß etwa 40% des erzeugten Klinkergewichtes an Kohlen verbraucht werden zur Krafterzeugung, zum Trocknen und zum Brennen.

Wenn wir also die Produktion an Portland-Zement in Deutschland zur Zeit mit etwa 6000000 t annehmen, so entspricht das einem Kohlenverbrauch von rund 2400000 t. Wenn wir die vorhin erwähnten Gebiete, die oberschlesische, englische und Braunkohle verwenden, ausschalten, so bleiben rund 4000000 t Portland-Zement, die unter ausschließlicher Verwendung von Ruhrkohle erzeugt werden. Die deutsche Portland-Zementindustrie wird also etwa 1600000 t Ruhrkohle verbrauchen.

Interessant ist die Entwicklung der Güteeigenschaften des Portland-Zementes.

Neben der Garantie für unbedingte Raumbeständigkeit und langsame Bindezeit ist eine der wertvollsten Eigenschaften des Portland-Zementes seine hohe Druckfestigkeit.

Im Jahre 1887 schrieben die damals aufgestellten Normen nach 28 Tagen Erhärtung unter Wasser eine Druckfestigkeit von 160 kg/qcm vor.

Seit dieser Zeit wurde die Normenfestigkeit zweimal erhöht, und zwar im Jahre 1909 auf 200 kg/qcm und im Jahre 1926 auf 250 kg/qcm.

In der nachstehenden Tabelle geben die Zahlen der ersten Reihe die von den Normen vorgeschriebenen Festigkeiten, die der zweiten Reihe die im Jahresdurchschnitt ermittelten Druckfestigkeiten der Zemente sämtlicher deutscher Portland-Zementfabriken an, und zwar sind diese Festigkeiten ermittelt auf Grund von Proben, die vom Laboratorium des Vereins Deutscher Portland-Zementfabrikanten in Karlshorst im freien Handel aufgekauft werden.

Die Kriegs- und Inflationsjahre sind fortgelassen, da in diesen Jahren die Versorgung der Portland-Zementfabriken mit Kohle im allgemeinen und besonders auch mit den zum Brennen geeigneten Sorten derartig zu wünschen übrigließ, daß naturgemäß die Güte des damit erbrannten Zementes leiden mußte.

Jahr	Normendruckfestigkeit nach 28 Tagen Erhärtung unter Wasser	Durchschnittliche Druckfestigkeit sämtlicher deutscher Portland-Zemente
1887	160 kg/qcm	nicht ermittelt
1907	160 „	231 kg/qcm
1908	160 „	245 „
1909	200 „	289 „
1910	200 „	294 „
1911	200 „	299 „
1912	200 „	318 „
1913	200 „	312 „
1914	200 „	337 „
1924	200 „	344 „
1925	200 „	370 „
1926	250 „	381 „

Die Tabelle zeigt, daß die Portland-Zementindustrie in zielbewußter Arbeit ihr Erzeugnis ständig aufwärts entwickelt hat.

Seit dem Jahre 1924 wird von der Portland-Zementindustrie ein hochwertiger Portland-Zement als Sondererzeugnis in den Handel gebracht. Für diesen schreiben die Normen bereits nach 3 Tagen Erhärtung eine Druckfestigkeit von 250 kg/qcm, und nach 28 Tagen eine solche von 500 kg/qcm vor. Auch diese Festigkeiten werden im Jahresdurchschnitt erheblich überschritten.

Die Entwicklung der Preise für Portland-Zement zeigt seit der Stabilisierung der Mark eine ständig sinkende Tendenz.

War der Preis für Portland-Zement am 15. 10. 23 das 1,67fache des Preises von 1914, so wurde dieser bis zum 1. 4. 26 auf das 1,23fache gesenkt, und er ist bekanntlich in diesem Frühjahr noch weiter ermäßigt worden.

Die Kohlenpreise haben sich bis zu der kürzlich erfolgten Erhöhung ganz ähnlich entwickelt, nämlich vom 1,72fachen am 1. 1. 24 auf das 1,24fache am 1. 4. 26, allerdings mit der Einschränkung, daß der Preis für Koksgrus, den die Portland-Zementindustrie in großen Mengen verbraucht, am 15. 10. 23 das 5,72fache war und heute noch das 2,8fache des Vorkriegspreises beträgt.

Wir haben gesehen, daß die Erzeugung von Portland-Zement die Produktion von 1914 noch nicht wieder erreicht hat, und es erhebt sich naturgemäß die Frage: Wird die Entwicklung der Produktion das Tempo, welches sie vor dem Kriege eingeschlagen hatte, wieder aufnehmen? Das hinter diesen Satz gesetzte Fragezeichen müssen wir leider ganz groß schreiben, denn diese Frage ist ganz und gar von der Entwicklung und Gesundheit der übrigen deutschen Wirtschaft abhängig.

Interessant ist ein Vergleich der nordamerikanischen Portland-Zementindustrie mit der deutschen. Während die Produktion der deutschen Portland-Zementindustrie von 2000000 t im Jahre 1896 auf etwa 6000000 t im Jahre 1911 gestiegen war, stieg die nordamerikanische Erzeugung in demselben Zeitraum von etwa 1600000 t auf etwa 12500000 t, und heute wird sie von der ungeheueren Zahl von 20000000 t nicht mehr weit entfernt sein.

Wenn wir nun auch keine Parallele zu den amerikanischen Verhältnissen ziehen können, zu den Verhältnissen eines Landes, in welchem Geld im Überfluß für Betonstraßen, für Kunst- und Industriebauten, für Hochhäuser und alle möglichen Verwendungszwecke für Beton vorhanden ist, so dürfen wir doch hoffen, daß auch in unserem Vaterlande der Verwendung von Beton und damit von Portland-Zement sich immer mehr und immer neue Möglichkeiten erschließen werden. Da 30 bis 40% der gesamten Herstellungskosten von Portland-Zement auf die Kohle entfallen, so wird an der weiteren Entwicklung der Portland-Zementindustrie auch der Ruhrbergbau starken Anteil haben.

Lit.: Riepert, „Die deutsche Zementindustrie“.

Ruhr-Zechenkoks und Zentralheizung.

Von Prof. Chr. Eberle, Darmstadt.

Heizwert und Wärmeausnützung eines Brennstoffes ergeben die Wärmemenge, welche für einen bestimmten Verwendungszweck nutzbar gemacht werden kann, und damit bilden diese beiden Größen die Grundlagen für dessen wirtschaftliche Bewertung. Während der Heizwert eine durch die Zusammensetzung eines Brennstoffes eindeutig bestimmte Größe ist, hängt die Wärmeausnützung nicht vom Brennstoff und seinen Eigenschaften allein, sondern auch wesentlich von dem Verwendungszweck und den Einrichtungen zu seiner Verwertung ab. Ich glaube deshalb, die mir gestellte Aufgabe, über den Ruhr-Zechenkoks in der Zentralheizung etwas zu schreiben, am besten dadurch zu lösen, daß ich an Hand eigener Untersuchungen dessen Wärmeausnützung im Zentralheizungskessel behandle.

Ein Bild von der Zusammensetzung und dem Heizwert des Ruhr-Zechenkoks kann am besten durch die in Zahlentafel 1 enthaltenen Werte gewonnen werden. Hier sind Zusammensetzung und Heizwert drei verschiedener Kokssorten, die in einem großen Zeitabstand und an ganz verschiedenen Orten zu Versuchen verwendet worden sind, zusammengestellt. Daß der Heizwert eines jeden Brennstoffes mit dessen Aschen- und Wassergehalt schwankt und daß der Aschengehalt eines Koks an den Aschengehalt der verkokten Kohle gebunden ist, ist allgemein bekannt. Die angegebenen Analysen zeigen aber, ebenso wie die große Anzahl der in der Literatur bereits veröffentlichten, daß für normalen Ruhr-Zechenkoks mit einem unteren Heizwert von 7 000—7 200 WE gerechnet werden kann.

Die in der Zahlentafel 2 zusammengestellten Versuchsergebnisse zeigen den Einfluß der Korngröße eines Koks auf den Wirkungsgrad. Diese Untersuchungen wurden im heiztechnischen Institut der Technischen Hochschule Darmstadt durchgeführt und hatten den Zweck, die verschiedenen sich aus der Art des Brennstoffes und dem Bau der Feuerung ergebenden Einflüsse auf die Wärmeausnützung zu untersuchen. Es zeigte sich, daß die Korngröße das Ergebnis im ungünstigen Sinne beeinflussen kann, wenn große Leistungen von einem Kessel gefordert werden. Bei den Versuchen 1 und 2 wurde Koks von der Stückgröße 20/40 mm verheizt und bei den anschließenden Versuchen 3—5 solcher von der Stückgröße 40/60. Im übrigen waren die Feuerungsbedingungen vollkommen die gleichen; die Feuerung war eine normale Schachtfeuerung, d. h. eine solche mit oberem Abbrand. Während die Versuche 1 und 2 einen ganz erheblichen Verlust durch gebundene Abgaswärme, d. h. durch unverbrannte Gase, zeigen, der beim Versuch 2 sogar den Betrag von 15,8% erreicht, bewegte sich bei den Versuchen 3—5 dieser Verlust zwischen 3 und 5%. Aus diesen Ergebnissen muß die Lehre gezogen werden, daß für den Kessel mit oberem Abbrand der Korngröße 40/60 mm mit Rücksicht auf die Vollkommenheit der Verbrennung der Vorzug zu geben ist. Will man Koks geringer Korngröße vorteilhaft verheizen, so muß der Kessel mit unterem Abbrand Verwendung finden. Ich habe durch eingehende Versuche nachgewiesen, daß mit dieser Feuerung auch feinkörniger Koks mit sehr guter Verbrennung verheizt werden kann.

Dem Studium des Einflusses der Feuerung auf die Wärmeausnützung sind auch die in der Zahlentafel 3 zusammengestellten Ergebnisse gewidmet. Die Versuche 1 und 2 wurden in einem größeren Gußkessel bekannter Bauart durchgeführt und ergaben bei normaler Wärmeleistung und Verwendung eines Koks von 40/60 mm Korngröße einen Verlust von 6,2% durch unverbrannte Gase bei oberem Abbrand, während dieser Verlust bei dem Kessel mit unterem Abbrand nur 2,6% betrug. Die Versuche 3 und 4 wurden ebenfalls in einem Gußkessel mit unterem Abbrand durchgeführt und ergaben beide bei normaler Kesselbelastung Verluste durch unverbrannte Gase von 4,6 bzw. 4,3%. Die Versuche 5, 6

und 7 dagegen, die in einem Kessel mit unterem Abbrand und großem Verbrennungsraum mit verschiedenen Belastungen von 5000 bis 9000 kcal/m² Heizfläche durchgeführt wurden, hatten bei allen Belastungen eine vollkommene Verbrennung, d. h. es konnten unverbrannte Gase in keinem Falle nachgewiesen werden.

Diese Versuche zeigen zwar, daß der Ruhr-Zechenkoks auch bei dem Kessel mit oberem Abbrand mit guten Wirkungsgraden von 73—79% verheizt werden kann, daß jedoch mit dem unteren Abbrand infolge der Erzielung vollkommenerer Verbrennung eine noch höhere Ausnützung erreicht werden kann.

Während die bisher besprochenen Untersuchungen auf Versuchsständen durchgeführt wurden und im wesentlichen den Zweck hatten, den Einfluß verschiedener Brennstoffeigenschaften, der Feuerungseinrichtung und der Belastung auf die Wärmeausnützung festzustellen, sind die in der folgenden Zahlentafel 4 zusammengestellten Versuchsergebnisse in Zentralheizungskesseln im normalen Betriebe gewonnen worden. Die untersuchten Kessel sind in den Heizzentralen großer Krankenanstalten aufgestellt und es sollten bei den durch den Betrieb bedingten Belastungsverhältnissen die Wirkungsgrade ermittelt werden. Da in diesen Betrieben die Kessel ununterbrochen geheizt sind, die Belastung jedoch während der Nacht fast auf Null zurückgeht, war es von besonderem Interesse, neben dem Wirkungsgrad für die Zeit des üblichen Tagesbetriebes auch den Wirkungsgrad für 24 Stunden, also einschließlich der Nachtperiode, kennenzulernen. Für die Versuche 1 und 2 ergaben sich an zwei aufeinanderfolgenden Tagen die Wirkungsgrade bei der großen mittleren Kesselleistung von rund 10600 kcal/m² und Stunde zu 76,6 und 75,2%. Die Messungen an den beiden Versuchstagen wurden über die anschließenden Nächte fortgesetzt, so daß sich ein Gesamtergebnis für 48 Stunden gewinnen ließ. Für diese Zeit ergab sich ein Gesamtwirkungsgrad von 68,6%. Tatsächlich war während der Nacht überhaupt keine Belastung vorhanden, so daß für diese Zeit nur der Strahlungsverlust des Kessels zu decken war und dadurch das Ergebnis ungünstig beein-

flussen mußte. Mit Berücksichtigung dieser Tatsache muß das Gesamtergebnis als sehr befriedigend bezeichnet werden.

Die Versuche 3 und 4 wurden ebenfalls bei der sehr großen Kesselleistung von durchschnittlich etwa 10500 WE während des Tagesbetriebes durchgeführt und die Wirkungsgrade, die festgestellt wurden, betrugen 69,8 und 71,2%. Die Fortsetzung dieser Versuche über die anschließenden Nächte lieferte für 48 Stunden einen Gesamtwirkungsgrad von 69,7%. Auch für diesen Fall wurde sonach der Beweis erbracht, daß der sogenannte Betriebswirkungsgrad, der für die wirtschaftliche Beurteilung maßgebend ist, nahezu 70% beträgt. Diese Feststellung ist um so wichtiger, als sehr häufig schon die Behauptung aufgestellt wurde, dieser Betriebswirkungsgrad weiche außerordentlich stark von dem Versuchswirkungsgrad ab. Es ist selbstverständlich, daß unter den in den beiden Versuchsanlagen, ebenso wie im allgemeinen vorliegenden Verhältnissen der Betriebswirkungsgrad niedriger sein wird als der im Beharrungszustand festzustellende Wert. Der Abstand der beiden Zahlen hängt auch wesentlich von der Güte der Bedienung ab. In den beiden hier untersuchten Fällen zeigte sich jedoch, daß auch für den Betriebswirkungsgrad der Wert von 70% noch erreichbar ist.

Aus den in vorstehendem angeführten und besprochenen Untersuchungen lassen sich für die Verwendung des Ruhr-Zechenkoks in der Zentralheizung folgende Richtlinien aufstellen:

1. der Heizwert, mit dem der Ruhr-Zechenkoks geliefert wird, dürfte im allgemeinen über 7000 kcal liegen;
2. für die Verheizung im Zentralheizungskessel ist im allgemeinen die Korngröße 40/60 mm der Größe 20/40 mm vorzuziehen;
3. für die Verheizung des Ruhr-Zechenkoks kann der Kessel mit oberem und unterem Abbrand Verwendung finden. Für größere Anlagen sollte man jedoch mit Rücksicht auf die Erzielung vollkommenerer Verbrennung dem unteren Abbrand den Vorzug geben. Der letztere ist insbesondere dann wichtig, wenn Koks von kleinerer Körnung verheizt werden sollen;
4. mit Ruhr-Zechenkoks läßt sich nach den durchgeführten Versuchen auch bei großer Kesselbelastung im normalen Betriebe noch ein Betriebswirkungsgrad von 70% erreichen.

Zahlentafel 1.

Zusammensetzung und Heizwerte von Ruhr-Zechenkoks

	Koks I	Koks II	Koks III
Kohlenstoff %	86,77	86,61	87,97
Wasserstoff %	0,34	0,33	0,41
Asche %	10,32	7,25	9,25
Wasser %	0,63	4,17	0,68
Unterer Heizwert kcal	7 062	7 082	7 170

Zahlentafel 2.

Versuche mit oberem Abbrand und verschiedener Stückgröße.

Versuchs-Nr.	1	2	3	4	5
Stückgröße mm	20/40	20/40	20/40	40/60	40/60
Kesselleistung kcal/m ²	4 770	6 640	6 280	8 750	8 990
Heizwert Hu . . .	6 910	6 910	6 705	6 960	6 920
Abgase: CO ₂ . . . %	11,5	13,0	11,6	11,1	11,0
CO . . . %	1,8	3,9	0,5	0,9	0,8
Temperatur . . . °C	181	235	272	320	343
Wärmebilanz:					
Wirkungsgrad . . %	75,4	68,2	75,4	70,2	68,9
Freie Abgaswärme %	9,0	9,6	15,6	18,4	20,3
Gebundene „ %	9,2	15,8	3,0	5,3	4,8
Rückstände . . . %	0,9	0,9	0,5	0,6	0,5
Restglied %	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5

Zahlentafel 3.

Vergleichende Versuche mit oberem und unterem Abbrand.

Gruppe	Nr.	I		II				
		1	2	3	4	5	6	7
Feuerungsart		oberer Abbrand	unterer Abbrand	oberer Abbrand		unterer Abbrand		
Wärmeleistung auf 1 m ² Heizfläche . kcal		7030	7260	6650	7300	4950	6170	9100
Nutzbar gemachte Wärme %		78,9	80,5	72,6	74,8	86,1	86,1	76,4
Verlust durch freie Wärme %		7,8	9,2	10,6	11,0	9,5	10,7	14,5
Verlust durch gebundene Wärme %		6,2	2,6	4,6	4,3	—	—	—
Verlust durch Herdrückstände %		0,7	0,9	1,1	0,6	0,9	0,6	1,3
Verlust durch Strahlung (Rest) %		6,4	6,8	11,1	9,3	3,5	2,6	7,8

Zahlentafel 4.

Versuche im normalen Heizungsbetrieb.

	Anlage I		Anlage II	
Wärmeleistung auf 1 m ² Heizfläche kcal	10 480	10 690	10 460	10 530
Nutzbar gemachte Wärme . . . %	76,6	75,2	69,8	71,2
Verlust durch freie Wärme . . . %	16,2	17,3	20,1	19,8
Verlust durch gebund. Wärme . %	1,2	1,7	1,6	1,2
Verlust durch Herdrückstände . %	0,9	0,9	1,3	1,3
Verlust durch Strahlung (Rest) . %	5,1	4,9	7,2	6,5

Ruhrkohle und Zimmeröfen.

Von Prof. Dr.-Ing. Bonin, Aachen.

Trotz der großen Anstrengungen, die in den letzten Jahren auf dem Gebiete der zentralen Wärmeversorgung für Haushaltszwecke gemacht worden sind, sei es durch Fernleitung von Dampf oder warmem Wasser, sei es durch Lieferung von besonders billigem Heizgas, und trotz der Erfolge, die auf diesem Gebiete unzweifelhaft schon erzielt worden sind, spielt die Erzeugung der Haushaltswärme in Einzelöfen auch heute noch eine ganz hervorragende Rolle.

Es ist hier nicht der Ort, die einzelnen Heizanlagen, z. B. Zentralheizung und Einzelofenheizung, auf ihre Vor- und Nachteile hin gegeneinander abzuwägen, sicher ist, daß die Einzelofenheizung in gesundheitlicher Beziehung, in der Behaglichkeit, die sie einem Raum zu erteilen vermag, und in der Wirtschaftlichkeit der Brennstoffverwertung durchaus hochwertig sein kann, und daß sie in Zeiten, wo mit dem Brennstoff besonders gespart werden muß, die einfachste Möglichkeit dazu bietet. Diese Erfahrung haben wir ja alle in der schweren Kriegs- und Nachkriegszeit gemacht. Aber die unverkennbaren Bequemlichkeiten, die auf der anderen Seite die zentrale Wärmeversorgung für Hausfrau und Dienstpersonal bietet, lassen gewisse Unannehmlichkeiten, die mit der Einzelofenheizung verbunden sind, besonders empfindlich fühlen und haben daher die Ansprüche, die heute sowohl an die Öfen, als auch besonders an den Brennstoff gestellt werden, erheblich gesteigert.

Wie muß nun ein Brennstoff für Haushaltszwecke, insbesondere für die Verfeuerung in Zimmeröfen beschaffen sein, um berechtigten Ansprüchen sowohl in bezug auf rein praktische Handhabung, als auch auf wirtschaftliche Verwendung zu genügen? Beginnen wir mit den Bedingungen für eine praktische Handhabung:

Zuerst muß der Brennstoff eine gewisse Sauberkeit bei der Lagerung ermöglichen, d. h. beim Einschaufeln in den Lagerkeller muß der Brennstoff fest genug sein, um nicht zu viel Feinkohle oder sogenannten Abrieb entstehen zu lassen. Denn dieser verschmutzt einmal den Keller selbst in besonderem Maße und bei dem Transport in die Zimmer, da er leicht aus den Traggefäßen herausrieselt, auch diese, während ein reiner, gut gewaschener, fester Brennstoff leicht ohne Schaden für die Umgebung gehandhabt werden kann. Dann muß die Stückgröße möglichst gleichmäßig sein, damit sie das Einfüllen der Kohle in die Traggefäße und von den Traggefäßen in den Ofen erleichtert. Weiter muß die Kohle frei sein von öligen oder wässerigen Ausscheidungen in den Rauchgasen, da diese durch die Steinwände der gemauerten Kamine durchschlagen und das Zimmer verschandeln, oder gar bei eisernen Ofenrohren durch deren Stoßstellen hindurchsickern können. Sie darf nicht zu viel Ruß oder Flugasche entwickeln, damit die Züge und die Heizkanäle des Ofens nicht zu schnell verstopft werden. Man muß verlangen können, daß ein Ofen eine ganze Heizperiode aushält, ohne daß seine Züge von Ruß und Flugasche gereinigt zu werden brauchen. Der Brennstoff muß ferner eine gut ausgebrannte Asche bilden, frei von größeren Schlackenklumpen und Steinrückständen, damit das Herausnehmen der Asche leicht und schnell vor sich gehen kann; denn je schwieriger das Entfernen der Asche ist, je mehr man dabei in dem Ofen herumstochen muß, um so größer ist die von der Hausfrau so gehaßte Staubentwicklung.

Der Brennstoff darf nicht zu schlecht zünden, einmal natürlich beim ersten Anheizen des Ofens und dann auch im Betrieb, damit nicht bei Einregulierung des Ofens auf schwache Leistung das Feuer ausgeht. Er muß auch einigermaßen gleichmäßig abbrennen, also nicht zu Anfang erst ganz langsam in Brand kommen und dann plötzlich durchgehen, denn man will nicht gezwungen sein, dauernd an den Reguliervorrichtungen des Ofens zu verstellen. Schließlich spielt es bei der Auswahl eines Brennstoffes für Zimmeröfen noch eine große Rolle, wie oft man am Tage den Ofenschacht neu füllen muß. Bei jedem Ofen steht der Feuerraum in einem bestimmten Verhältnis zu seiner Heizfläche und seiner Rostfläche, und damit zu seiner stündlichen Wärmeabgabe. Es wird daher die Brenndauer

einer einmaligen Brennstofffüllung um so größer sein, je höher der Heizwert des Brennstoffes ist. Man wird im allgemeinen verlangen, daß ein Ofen bei normalem Betrieb nur je einmal des Morgens und des Abends aufgefüllt zu werden braucht.

Die eben geforderten Eigenschaften des Brennstoffes scheinen nur Äußerlichkeiten zu betreffen, aber sie sind vielleicht in ihrer psychologischen Wirkung auf den Käufer stärker als die nachher noch zu besprechende Wirtschaftlichkeit in der Wärmeerzeugung. Nicht alle Kohlensorten entsprechen den genannten Bedingungen. Sie müssen vielmehr aus der großen Auswahl der geförderten Kohle sorgfältig ausgesucht werden. Ein großes Kohlsyndikat, dem die verschiedenartigsten Kohlensorten zur Verteilung zufließen, wird am ehesten in der Lage sein, dem Verbraucher die für den Hausbrand benötigten Sorten in genügender Menge zur Verfügung zu stellen.

Unter den Steinkohlen haben sich als für Hausbrandzwecke besonders angenehm in der Handhabung die sogenannten Magerkohlen, vor allem Anthrazit und die Verarbeitungsprodukte Koks und Eiforbriketts herausgestellt. Die Vorzüge von Magerkohle und Anthrazit für Zimmeröfen sind allgemein bekannt und anerkannt. Diese Brennstoffe sind fest genug, um bei der Lagerung nicht zu viel Abrieb zu geben und lassen sich ohne starke Schmutzentwicklung handhaben. Sie können leicht gut ausgewaschen und abgeseibt in passender Stückgröße von etwa 15 bis 30 mm größtem Durchmesser geliefert werden. Da sie nur einen geringen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen haben, bilden sie eine klare kurze Flamme und entwickeln wenig Ruß. Ihre Asche ist meist locker ohne starke Schlackenbildung, sie läßt sich im allgemeinen durch einfaches Rütteln entfernen. Der große Heizwert ergibt auch eine genügend lange Brenndauer einer Schüttmenge.

Nicht so allgemein bekannt ist die Eignung für Zimmeröfen von Ruhr-Zechenkoks und von Ruhr-Eiforbriketts; man könnte zuerst gegen ihre Verwendung Bedenken tragen.

Ruhr-Zechenkoks ist zwar ebenfalls in passender Stückgröße von etwa 20 bis 40 mm Kantenlänge zu haben. Wegen seiner Härte ist er ein ganz besonders sauber zu handhabendes Material und sein hoher Heizwert sichert eine genügend lange Brenndauer einer Füllung zu. Aber er ist wegen seiner harten Oberfläche schwerer zündbar,

und wegen seiner großen Festigkeit bilden die einzelnen Stücke während des ganzen Abbrandvorganges große offenbleibende Kanäle, durch die, wenn der Koks einmal gut entzündet ist, die durch den Schornsteinzug angesaugte Luft, ohne großen Widerstand zu finden, mit Gewalt hindurchstreicht und den Koks zu hoher Glut anfachen kann. Der Ofen kann dann, wie man sagt, durchgehen.

Um die Brauchbarkeit von Ruhr-Zechenkoks für Ofenbeheizung zu prüfen, habe ich in dem mir unterstellten Feuerungstechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Aachen auf Veranlassung des Rheinisch-Westfälischen Kohlen-Syndikats eine Reihe von Versuchen angestellt, und zwar unter Benutzung eines von den Frankschen Eisenwerken, Niederscheld - Dillkreis, zur Verfügung gestellten sogenannten Koks-Dauerbrenners. Es zeigte sich, daß sich mit Leichtigkeit ein gleichmäßiger Dauerbetrieb aufrechterhalten ließ. Die Brenndauer einer Schüttung betrug je nach der Heizleistung des Ofens $6\frac{1}{2}$ Stunden bei starkem Betrieb, bis 12 Stunden bei normalem Betrieb. Die Heizleistung konnte bequem in weiten Grenzen eingestellt werden. Allerdings muß man einige Umsicht walten lassen, wenn man des Abends den Ofen für die lange unbeaufsichtigte Nachtzeit fertigmacht. Man muß die letzte Füllung aufgeben einige Zeit bevor man ihn sich selbst überläßt. Dann zuerst muß man die Luftzufuhr etwas größer einstellen, damit der frische Koks gut zündet. Dann erst darf man den Ofen für die Nacht auf „klein“ stellen. Gibt man die letzte Füllung auf, erst ganz kurze Zeit bevor man ihn sich selbst überlassen will oder muß, so kann es, wenn man die Luftzufuhr auf „klein“ stellt, geschehen, daß der Ofen über Nacht ausgeht; stellt man die Luftzufuhr, um dies zu vermeiden, zu groß ein, kann es, wie oben erklärt wurde, vorkommen, daß der Ofen durchgeht.

Auch über die Verwendbarkeit der Steinkohleneiformbriketts für Hausbrandzwecke waren die Ansichten noch nicht geklärt. Zwar fallen sie infolge ihrer Herstellungsart sehr gleichmäßig aus, und die Stückgröße mit einem Gewicht von 50 g ist sehr handlich. Aber einmal könnte man bezweifeln, ob die aus Feinkohle gepreßten Stücke durch den Pechzusatz genügend Festigkeit gegen Abrieb bei der Lagerung und gegen Zusammenfallen in der Ofenglut erhalten würden. Und dann erfährt ja durch den Pechzusatz die ursprüngliche

magere und daher günstige Kohlensubstanz künstlich die Eigenschaften einer etwas fetteren Kohle. Denn Pech ist in der Hitze leicht flüchtig und flüchtig, und es besteht die Gefahr, daß die Dämpfe des Peches unverbrannt in die Züge kommen und sich dort als öliger, rußiger oder teeriger Niederschlag festsetzen.

Um auch diese Frage zu klären, habe ich in dem mir unterstellten Laboratorium eine sehr große Anzahl von ganztägigen Versuchen mit Anthrazit-Eiformbriketts des Rheinisch-Westfälischen Kohlen-Syndikates vorgenommen, und zwar sowohl bei einfachen irischen Schachtofen, als auch bei sogenannten Dauerbrennern und dabei auch gerade auf die rein praktischen Gesichtspunkte geachtet. Die Eiformbriketts verhielten sich ganz einwandfrei. Beim Lagern ergaben sie nur geringen Abrieb. Im Ofen behielten sie auch glühend ihre Form bei, bis sie zu Asche zusammenfielen, und die Züge waren keineswegs stärker verschmutzt, als eben bei Kohlen unvermeidlich. An den hinteren, kälteren Eisenteilen hatten sich nur einige dünne oder leicht abstoßbare Ansätze gebildet. Flugasche hat sich nicht in störendem Maße gezeigt. Die bei Verwendung im einfachen irischen Schachtofen eintretende Neigung, größere Mengen Pechdämpfe unverbrannt abzuschwelen, konnte durch eine besondere Feuerführung bekämpft werden, worüber später noch berichtet werden wird. Die Asche ließ sich leicht durch Rütteln entfernen. Der Abbrand war ganz gleichmäßig, und eine bestimmte Heizleistung ließ sich bequem einhalten. Sie konnte, um nur ein Zahlenbeispiel zu nennen, etwa in den Grenzen 2000 bis 5400 Wärmeeinheiten je qm Heizfläche leicht einreguliert werden. Wegen des hohen Heizwertes ergaben sich bei nicht zu starker Anstrengung des Ofens Abbranddauern einer Füllung von 12 Stunden und mehr. Kurz, allen Anforderungen, die man billigerweise an einen Brennstoff für Zimmeröfen in praktischer Hinsicht stellen kann, wurden die von mir untersuchten Eiformbriketts gerecht.

Nun kann aber auch bei bequemster Handhabung und sauberstem Betrieb eine Einzelofenheizung nicht befriedigen, wenn der Brennstoff in ihr nicht wirtschaftlich ausgenutzt wird. Über den Ausnutzungsgrad des Heizwertes der Kohle namentlich in eisernen Zimmeröfen, wie sie hier im Westen üblich sind, herrschen zum Teil auch heute noch ganz irrige Ansichten, indem er im allgemeinen viel zu niedrig eingeschätzt wird. Es ist natürlich möglich, in einem

schlechten Ofen mit ungeeignetem Brennstoff und törichter Behandlungsweise einen sehr großen Teil des Brennstoffes zum Schornstein herauszujagen, aber bei sorgfältig hergestellten Öfen, wie sie heute die Deutsche Eisenofenindustrie liefert, bei geeignetem Brennstoff und bei einigermaßen mit gesundem Menschenverstand durchgeführtem Feuerungsbetrieb ist es sehr leicht möglich, eine Ausnutzung des Heizwertes in den Grenzen von 75 bis 90% zu erreichen, wie gerade auch meine Versuche an Ruhr-Zechenkoks und Ruhr-Eiformbriketts bestätigt haben.

Wie eben erwähnt, hängt der wirtschaftliche Betrieb eines Eisenofens ab von der Ausführung des Ofens, von seiner sachgemäßen Bedienung und dem Brennstoff selbst. Für die Größe der Gesamtverluste sind maßgebend:

1. der Rostdurchfall,
2. Entweichen von unverbrannten Gasen in den Kamin,
3. zu großer Luftüberschuß,
4. zu hohe Abgastemperatur.

Wenn wir nun untersuchen, welchen Einfluß Ofenbauart, Bedienung und Brennstoffeigenschaften auf die einzelnen Verlustquellen haben, so werden wir das folgende feststellen können:

Die Neigung, unverbrannte Teile mit in die Asche gehen zu lassen, ist natürlich verschieden, je nach der Art der Kohle. Eine Kohlensorte oder ein Kohlenprodukt, wie z. B. Briketts, werden um so mehr Rostdurchfall zeigen, je leichter sie in der Glut zu Pulver zerfallen, aber man ist in der Lage, durch geeignete Rostausbauarten, im schlimmsten Fall durch den Einbau von Treppenrosten, diese Neigung zu bekämpfen. Dann kommt es sehr auf die Behandlung der Kohle im Ofen an, wieviel Unverbranntes durch den Rost hindurchfällt. Man wird schon mit Rücksicht auf die in dieser Beziehung so angenehmen Konkurrenten der Einzelofenheizung verlangen, daß der Ofen so wenig wie möglich Bedienung verlangt. Bei geeignetem Brennstoff und richtigem Ofen kann dieser auch stundenlang gleichmäßig brennen, ohne daß man bei ihm stochen oder rütteln muß. Die Bedienung beschränkt sich darauf, in größeren Zwischenräumen dafür zu sorgen, daß die ausgebrannte Asche durch den Rost fällt. Dazu muß der Brennstoff aber neben genügender Festigkeit folgende Eigenschaften haben: Er darf im Schacht des Ofens nicht

hängen bleiben, keine sogenannten Brücken bilden und muß eine gleichmäßige lockere Schicht bilden, so daß die Luft ihn in allen Teilen in feinen Kanälen durchstreicht. Bleibt die Kohle hängen, oder ballt sie sich an einzelnen Stellen zusammen, so muß dauernd mit dem Stocheisen gearbeitet werden, und dabei geht dann ein großer Teil der Kohle unverbrannt durch den Rost. Es erscheint einleuchtend, daß magere Kohle, die im allgemeinen lockere Asche bildet, und daß harter Zechenkoks in dieser Beziehung günstig dastehen, und diese Brennstoffe zeigen in der Tat geringe Verluste durch Rostdurchfall — Versuchsergebnisse: etwa 2% —, aber auch die Ruhrkohlen-Eiformbriketts haben in dieser Hinsicht zufriedengestellt. Bei den etwa 45 Versuchen, die ich mit Eiformbriketts angestellt habe, war es kaum je nötig, mit dem Stocheisen nachzuhelfen, und die ganze Bedienung beschränkte sich darauf, etwa alle 2 Stunden die Asche abzurütteln. Der Verlust durch Unverbranntes in der Asche war infolge des Aufbaues der Briketts aus Feinkohle höher als bei Koks, aber er beschränkte sich immerhin auf 4 bis 6%. Besonders groß wird der Rostdurchfall, wenn die Kohle größere Schlackenstücke bildet, weil in diesen Schlackenstücken leicht ganze Kohlenstückchen eingeschlossen, an der Verbrennung gehindert werden, und nachher in die Asche wandern.

Der zweite der genannten Verluste, Entweichen unverbrannter Gase, hängt in großem Maße von der Beschaffenheit des Brennstoffes ab. Je mehr flüchtige Bestandteile er enthält, um so mehr besteht die Gefahr, daß die kurz nach dem Aufschütten abwechselnden Gase unverbrannt entweichen. Ein wirksames Mittel, auch bei stärker gashaltiger Kohle, z. B. bei Eiformbriketts, diesen Verlust zu bekämpfen, besteht bei dem einfachen irischen Schachtofen in einer besonderen Art der Feuerführung. Während man bei mageren Brennstoffen fast allgemein so vorgeht, daß man zuerst auf dem Rost eine kleine Glut erzeugt, dann den frischen Brennstoff auffüllt, und so die Glutschicht von unten nach oben wandern läßt, kann man bei stärker abschwelender Kohle zuerst den Ofenschacht mit Brennstoff füllen, und dann obenauf ein Zündfeuer anstecken, das sich dann langsam von oben nach unten durchfrißt. Bei diesem sogenannten oberen Abbrand sind die Schwelgase gezwungen, gemeinsam mit Luft die darüber liegende Glutschicht zu durchziehen, und dadurch

wird ihre Entzündung und Verbrennung sicherer gestellt. Natürlich ist bei der Feuerführung von oben nach unten ein Dauerbrand nicht möglich, man hat daher besondere Öfen, sogenannte Dauerbrenner, gebaut, bei denen bei normaler Auffüllung des Brennstoffes die Schwelgase gezwungen werden, mit Luft gemischt, heiße Zonen zu durchstreifen. Diese Öfen stellen dann meistens besondere Anforderungen an das leichte Nachrutschen des Brennstoffes im Schacht. Das nachträgliche Verbrennen einmal ausgeschwelter Gase bereitet nach meinen langjährigen Erfahrungen mit allen möglichen dazu ersonnenen Bauarten große Schwierigkeiten und auch bei den hier verwendeten Öfen konnten bei Eiforbriketts die Verluste durch Kohlenmonoxyd, Methan, Wasserstoff und schwere Kohlenwasserstoffe nicht unter 6 bis 10% heruntergebracht werden. Am günstigsten erwies sich in dieser Hinsicht die Feuerführung von oben nach unten. Immerhin wurden bei den Öfen die Pechdämpfe anscheinend so gut aufgespalten, daß sie keine lästigen Teeransätze mehr erzeugten.

Zu großer Luftüberschuß ist in den meisten Fällen durch eine zu leichte Bauart oder einen schlechten Zustand des Ofens bedingt, wenn nämlich sogenannte Falschluf durch allerlei Risse und Spalten oberhalb der Glut durch den Kaminzug in den Ofen hineingesaugt wird. Der Brennstoff an sich hat, wenn er glüht und in genügender Schichthöhe gelagert ist, die Neigung, möglichst allen Sauerstoff an sich zu ziehen. Da man in den Hausbrandöfen leicht mit genügender Schichthöhe arbeiten kann — man sollte stets frischen Brennstoff nachschütten, wenn die Füllung des Ofens auf etwa $\frac{1}{3}$ seines Inhaltes heruntergebrannt ist — so kann man bei guten dichten Öfen leicht mit einer kleinen Luftüberschußzahl arbeiten. Aber der Brennstoff muß dann wieder die Eigenschaft haben, gleichmäßig locker liegende Schichten zu bilden, wie Magerkohle, Anthrazit und Eiforbriketts es tun (Zechenkoks arbeitet in dieser Hinsicht, wie schon erwähnt, unter Umständen zu gut). Bei ungleichmäßigem Brennstoff aber ballen sich leicht die kleinen Teile dicht zusammen und dort, wo die großen Stücke liegen, brennen sich dann große Kanäle in die Brennstoffschicht hinein, durch die kompakte Luftströme hindurchfließen können, ohne mit der Kohle zu reagieren. Auch backende Kohlenarten stören den Luftdurchgang und können zur Ausbildung von solchen Luftlöchern beitragen. Wenn man auch durch aufmerksames

Bearbeiten der Kohlschicht diese Erscheinung bekämpfen kann, so fällt doch im Hausbrand der Zwang zu einer solchen aufmerksamen Bedienung lästig, und man wird daher auch mit Rücksicht auf eine wirtschaftliche Verbrennung Magerkohle, Koks oder Briketts empfehlen.

In hohem Maße hängt die Wirtschaftlichkeit eines Ofens ab von der Temperatur, mit der die Gase in den Schornstein ziehen. Sie wird sich im allgemeinen nach der Bauart des Ofens, dem Verhältnis zwischen Heizfläche und Rostfläche und der Größe des Ofens für einen gegebenen Raum einstellen. Der Ofen sollte so bemessen sein, daß er bei verhältnismäßig niedriger Abgastemperatur den Raum genügend erwärmt. Die Eigenschaften des Brennstoffes kommen hier nur insofern in Frage, als er einmal gestatten muß, mit der Abgastemperatur weit genug herunterzugehen, ohne daß das Feuer erstickt — leichte Zündfähigkeit und lockere Lagerung sind hier notwendig — und daß bei tiefen Abgastemperaturen keine öligen und flüssigen Bestandteile sich niederschlagen dürfen, die die Züge verschmutzen. Bei einigen Öfen, bei denen zur besseren Ausnutzung der Wärme der Heizgase an den eigentlichen Ofenschacht besondere Heizzüge mit dünner Eisenwandung, in der einfachsten Form etwa aus einer Rohrtrompete bestehend, angeschlossen sind, hat der Brennstoff noch insofern einen Einfluß auf die Abgastemperatur, als eine mit kurzer und klarer Flamme brennende Magerkohle die Heizflächen reiner erhält, während sie bei langflammiger Kohle leicht verrußen, und da Ruß ein schlechter Wärmeleiter ist, können dann die Heizflächen nicht genügend Wärme an die Außenluft abgeben, sie bleibt in den Rauchgasen, und diese gehen mit zu hoher Temperatur zum Schornstein hinaus.

Wir haben gesehen, daß die Anforderungen, die man an einen Brennstoff stellen muß, damit er eine wirtschaftliche Verbrennung ermöglicht, mit denen übereinstimmen, die auch eine einfache und saubere Handhabung sichern, ein sonst bei technischen Problemen leider nicht zu oft vorkommendes Zusammengehen. Meine Untersuchungen an den oben behandelten, in praktischer Hinsicht als günstig erwiesenen Brennstoffen, bei denen mit größter Mühe allen nur möglichen Verlustquellen nachgespürt worden ist, haben denn auch recht annehmbare Ausnutzungsgrade der Brennstoffe ergeben.

Unter Berücksichtigung aller besprochenen Verluste ergaben sich bei den genannten Brennstoffen je nach Ofenbauart und Zufälligkeiten im Betrieb Einwirkungsgrade, die mit der Ofenbelastung abfallend in einem Gebiete liegen, das oben durch die Wirkungsgradzahlen 80—90 v. H., unten durch die Zahlen 85—75 v. H. begrenzt wird. Das sind Zahlen, die auch in wirtschaftlicher Beziehung gerechten Ansprüchen genügen können.



Inhalts - Verzeichnis.

	Seite
Zum Geleit	3
Von Bergschuldirektor Prof. Dr.-Ing. e. h. H e i s e , Bochum.	
Die Kohlen des Ruhrgebiets, ihre Gewinnung und Veredlung durch Aufbereitung, Brikettierung, Verkokung und Schwelung	11
Von Bergassessor F. W. W e d d i n g , Essen.	
Die Ruhrkohle als Kesselkohle	31
<hr/>	
Über die Zersetzungswärmen und Verkokungswärmen von Stein- kohlen	129
Von Prof. Dr.-Ing. E. T e r r e s , Braunschweig.	
Portland-Zement und Ruhrkohle	149
Von Direktor Dipl.-Ing. G r o s s e , Misburg-Hannover.	
Ruhr-Zechenkoks und Zentralheizung	159
Von Prof. Chr. E b e r l e , Darmstadt.	
Ruhrkohle und Zimmeröfen	165
Von Prof. Dr.-Ing. B o n i n , Aachen.	

Unter Berücksichtigung aller besprochenen Verluste ergaben sich bei den genannten Brennstoffen je nach Ofenbauart und Zufälligkeiten im Betrieb Einwirkungsgrade, die mit der Ofenbelastung abfallend in einem Gebiete liegen, das oben durch die Wirkungsgradzahlen 80—90 v. H., unten durch die Zahlen 85—75 v. H. begrenzt wird. Das sind Zahlen, die auch in wirtschaftlicher Beziehung gerechten Ansprüchen genügen können.



Berichtigung.

Seite 63, 2. Zeile von oben:

Anstatt 9% muß es heißen 7—9%.

Seite 63, 2. Absatz, 2. Zeile:

Anstatt 0,9—1,2% muß es heißen 0,7—1,1%.

Seite 73, letzte Zeile:

Anstatt 8—10% muß es heißen 7—9%.

Inhalts - Verzeichnis.

	Seite
Zum Geleit	3
Von Bergschuldirektor Prof. Dr.-Ing. e. h. H e i s e, Bochum.	
Die Kohlen des Ruhrgebiets, ihre Gewinnung und Veredlung durch Aufbereitung, Brikettierung, Verkokung und Schwelung	11
Von Bergassessor F. W. W e d d i n g, Essen.	
Die Ruhrkohle als Kesselkohle.....	31
Von Direktor Dipl.-Ing. S c h u l t e, Essen.	
Die Ruhrkohle als chemischer Rohstoff.....	43
Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Franz F i s c h e r, Mülheim-Ruhr.	
Der Ruhr-Zechenkoks im Hüttenbetrieb.....	51
Von Dr.-Ing. P. B a r d e n h e u e r, Düsseldorf.	
Die Bedeutung des Ruhrkoks für die Eisengußindustrie.....	67
Von Dr.-Ing. Rudolf S t o t z, Düsseldorf-Lohausen.	
Die Ruhrkohle in Generatoren und metallurgischen Öfen....	77
Von Ing. Wilhelm K l e p p e, Hagen i. W.	
Über die Zersetzungswärmen und Verkokungswärmen von Stein- kohlen.....	129
Von Prof. Dr.-Ing. E. T e r r e s, Braunschweig.	
Portland-Zement und Ruhrkohle.....	149
Von Direktor Dipl.-Ing. G r o s s e, Misburg-Hannover.	
Ruhr-Zechenkoks und Zentralheizung.....	159
Von Prof. Chr. E b e r l e, Darmstadt.	
Ruhrkohle und Zimmeröfen.....	165
Von Prof. Dr.-Ing. B o n i n, Aachen.	

Inhalts-Verzeichnis

DRUCK:

DEUTSCHE BERGWERKS-ZEITUNG, G. M. B. H.
DÜSSELDORF, PRESSEHAUS AM KÖNIGSPLATZ

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

RWKS
RUHRKOHLE

BG Politechniki Śląskiej
nr inw.: 11 - 14544



Dyr.1 26806

