

Aufbereitung, Brikettierung und Verkokung der Steinkohle

Von

Fritz Schreiber

Waldenburg in Schlesien

Mit 64 Abbildungen



Braunschweig

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn

1914

Aufbereitung, Brikettierung und Verkokung der Steinkohle

Von

Fritz Schreiber

Waldenburg in Schlesien

Mit 64 Abbildungen



Braunschweig

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn

1914

Erweiterter Sonderabdruck aus dem Ergänzungswerk zu
Muspratt's Handbuch der technischen Chemie. Band I.

ISBN 978-3-663-03113-0 ISBN 978-3-663-04302-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-04302-7

Alle Rechte,
namentlich das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright, 1914, by Friedr. Vieweg & Sohn,
Braunschweig, Germany.

V o r w o r t.

Die Verkokung der Steinkohle mit gleichzeitiger Gewinnung der Nebenprodukte ist eine der wirtschaftlich wichtigsten Fragen. Die Zerlegung der Kohle in Koks und Nebenprodukte steigert den Wert der Erzeugnisse auf fast das Doppelte des Ausgangsmaterials. Die Verwendung von Koks und Koksgas gestattet eine weit höhere thermische Ausnutzung der in der Kohle vorhandenen Energiemenge als die direkte Verbrennung der Kohle auf dem Roste, und die bei der Kokerei gewonnenen Nebenprodukte (Ammonsulfat, Teer, Benzol) sind, abgesehen von dem bedeutenden Geldwert (in Deutschland jährlich über 100 Millionen Mark), für unsere heimische Industrie von außerordentlicher Bedeutung: Ammonsulfat ist die Haupt-Stickstoffquelle für unsere Landwirtschaft, Teer und Benzol sind unentbehrliche Produkte für unsere blühende Farbenindustrie, weiter spielen Teeröle und Benzol jetzt eine große Rolle als Heizstoffe und Treibmittel für Motoren. In jüngster Zeit wird Kokereigas in großen Mengen an Stelle von Leuchtgas zur Beleuchtung ganzer Städte abgegeben, ebenso wie die Energiemengen des überschüssigen Kokereigases neuerdings zur Herstellung von Salpetersäure Verwendung finden.

Eine technische und wissenschaftliche Abhandlung über die neueren Errungenschaften in der Kokerei, sowie über die im Betriebe vorkommenden Untersuchungen aus der Feder des Herrn Verfassers, eines bekannten Fachmannes auf dem Gebiete der Kokerei, dürfte daher allgemeines Interesse erwecken, zumal gerade hierüber unsere Literatur ziemlich dürftig ist. Zur Vervollständigung sind außerdem noch die Aufbereitung und Brikettierung der Steinkohle mit behandelt, worüber in der Literatur auch nicht viel zu finden ist.

Die vorliegende Bearbeitung ist für das jetzt erscheinende Ergänzungswerk zu Muspratts enzyklopädischem Handbuch der technischen Chemie verfaßt worden. Wenn sich das Verlags-
haus Friedr. Vieweg & Sohn schon jetzt zu einer Sonderausgabe dieses Abschnittes hat bereit finden lassen, so wird man dieses Entgegenkommen mit Dank anerkennen.

Breslau, Juli 1914.

Prof. Dr. B. Neumann.

Aufbereitung.

Während die Steinkohlenaufbereitung ursprünglich nur eine Trennung der Stück- und Kleinkohle durch Stürzen über Roste, sogenannte Stengelsiebe, bezweckte, wobei nur die Stückkohle durch Ausklauben von den unreinen Beimengungen befreit wurde, finden wir Ende der 40er Jahre des vorigen Jahrhunderts die ersten Einrichtungen zur Aufbesserung der Kleinkohlen auf mechanischem Wege. Den Anlaß gaben die Kokereien, die bis dahin ihren Koks vorwiegend durch Verkoken von Stückkohlen in Meilern gewannen, dann aber bei der größeren Nachfrage, namentlich infolge der Einführung der Koksfeuerung für Lokomotiven, zur Verkokung von Kleinkohlen in geschlossenen Öfen übergingen. Bei der mechanischen Aufbesserung der Kleinkohlen sind die Erfahrungen der für Erze schon vorher angewandten nassen Aufbereitung durch die Setzarbeit grundlegend gewesen. Einen Übergang zu den später allgemein angewandten hydraulischen Setzmaschinen bildeten die in Frankreich für Kohlen zuerst benutzten kaskadenartig angelegten Schlammgräben.

Der hohe Wasserbedarf, sowie die unvollkommene Scheidung führten bald zur Anwendung der Setzmaschine, die anfänglich aus einem mit Wasser gefüllten Holzkasten bestand, in welchem ein zweiter für die Aufbereitungskohle bestimmter und mit Siebboden versehener Holzkasten mittels Hebelvorrichtung von Hand auf- und abwärts bewegt wurde.

Eine Vervollkommnung dieser Hand- oder Stauchsetzmaschine bildete die im Jahre 1828 von Tutsnack zu Schmöllnitz in Ungarn für Erze zuerst eingeführte vertikal arbeitende Kolbensetzmaschine, die dann im Jahre 1840 in der Kohlenaufbereitung, und zwar auf den Gruben zu Putschappel bei Dresden, die erste erfolgreiche Anwendung fand. Der Betrieb gestaltete sich bei diesen Maschinen noch intermittierend, indem nach einer bestimmten Zeit die an der Oberfläche abgeschiedenen Kohlen mit einem Handblech abgeschöpft wurden. Einen nennenswerten Fortschritt erhielt die nasse Kohlenaufbereitung durch die von Bérard im Jahre 1848 in Frankreich zuerst angewandte Einrichtung der kontinuierlichen Setzarbeit, die im

Jahre 1849 in Deutschland zuerst von Fritz Wimmer für die Erzaufbereitung im Harz aufgenommen wurde. C. Lührig führte Ende der 1850er Jahre in Deutschland, und zwar auf der Glückhilfgrube in Hermsdorf bei Waldenburg, die Setzmaschine mit kontinuierlich arbeitendem Schiefer- und Kohlenaustrag für die Steinkohle ein.

Bis um diese Zeit erstreckte sich die nasse Kohlenaufbereitung nur auf die Aufbesserung der Grobkohlen, die für die Kokserzeugung in Quetschwerken zerkleinert wurden. Es lag auf der Hand, daß die derart hergestellten Kohlen erhebliche Kosten verursachten, weshalb dann auch damals nur solche Gruben zur nassen Aufbereitung übergingen, die wegen stark unreiner Backkohlen für die Koksherstellung unbedingt dazu genötigt waren. Es war ein weiteres Verdienst Lührigs, als es ihm Anfang der 1860er Jahre gelang, die kontinuierliche Aufbereitung auch auf die Feinkohle auszuweiten, was mit Hilfe eines Feldspatbettes, welches das Durchsaugen der Kohlen verhindern sollte, erreicht wurde.

Die weitere Entwicklung der Aufbereitung kennzeichnet sich in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht durch Schaffung eines systematischeren Ganges, in dem Bestreben einer schärferen Scheidung durch einfachere und leistungsfähigere Apparatur und nicht minder in der Gewinnung von Feinkohlen aus den Schlämmen.

Die Kohlenaufbereitung bezweckt die Trennung der Kohlen in verschiedene Korngrößen und deren Reinigung, d. h. Scheidung von den anorganischen Beimengungen, wie Schieferton, Schwefelkies und sonstige den Brennwert der Kohle herabmindernde Bestandteile. Der Brennwert der Kohle nimmt nicht unmittelbar proportional den anorganischen Bestandteilen ab, sondern sinkt infolge des durch die Unreinheit der Kohle notwendig werdenden öfteren Schlackens und den hiermit verbundenen Verlusten an Brennstoff und Wärme in weit höherem Maße. Die anorganischen Bestandteile werden gewichtsanalytisch durch Veraschung der Kohle in Platin- oder Porzellanschälchen als Asche bestimmt. Da die unreinen, durch die nasse Aufbereitung scheidbaren Bestandteile vorwiegend noch brennbare

Substanz enthalten, so bestimmt man den wirklichen Gehalt dieser namentlich für den Setzprozeß in Frage kommenden unreinen Körper mit Hilfe einer Salzlösung vom spez. Gew. 1,3. Am besten eignet sich hierfür eine wässrige 45 proz. Zinksulfatlösung. Zur oberflächlichen Prüfung empfiehlt sich als Betriebsprobe die Waschung in einem Holztrogtrog unter einem Wasserhahn, dessen Ausfluß so reguliert wird, daß die Kohle fortgespült wird, während die spezifisch schweren Bestandteile zurückbleiben.

Die Scheidung der wertlosen Bestandteile der sogenannten „Berge“ geschieht zum Teil schon in der Grube bei der Gewinnung der Kohle, indem die hereingebrochenen Berge durch Handarbeit ausgelesen werden. Diese Arbeit läßt sich jedoch nur bis zu einer bestimmten Stückgröße und bei der mangelhaften Beleuchtung und der beschränkten Räumlichkeit auch nur entsprechend unvollkommen durchführen. Immerhin ist sie von Wichtigkeit, da hierdurch unnütze Förderkosten vermieden werden. Auch eine teilweise Klassierung wird noch in manchen Gruben vorgenommen, indem die vorwiegend zur Anreicherung der eisernen Bestände für die Eisenbahn dienenden größeren Kohlenstücke, die sogenannte „Stückkohle“, vor Ort ausgelesen und für sich verladen werden. Man vermeidet auf diese Weise eine mit der Manipulation der Aufbereitung über Tage zusammenhängende teilweise Zertrümmerung dieser besonders wertvollen Kohle.

Für die Aufbereitung über Tage dienen besondere Aufbereitungsanstalten. Man unterscheidet in der Steinkohlenaufbereitung eine trockene und eine nasse Aufbereitung. Die erstere wird vorwiegend in solchen Revieren angewendet, wo die Kohlen so aschenarm zutage gefördert werden, daß eine Sortierung der einzelnen Produkte durch bloßes mechanisches Absieben genügt. Bei unreinen Förderkohlen ist dagegen zur Erzielung einer marktfähigen Ware eine Scheidung der aschenhaltigen Bestandteile, der sogenannten „Berge“ oder „Schiefer“, erforderlich, die bei Produkten unter 60 bis 80 mm auf mechanischem Wege mittels Wasser nach dem spezifischen Gewicht in sogenannten Setzmaschinen vorgenommen wird, während die über 60 oder 80 mm abgeseibten Kohlen mit der Hand durch sogenanntes „Ausklauben“ von ihren Unreinigkeiten befreit werden.

Trockene Aufbereitung. Das Entleeren der vom Schachte kommenden Förderwagen geschieht allgemein mittels mechanisch angetriebener Kreiselschlepper. Die Schlepper laufen auf Rollen, welche durch Einrücken einer Klauenkuppelung oder durch Friktion angetrieben werden. Die letztgenannte Konstruktion ist die bewährteste und aus Fig. 1 ersichtlich. Der Antrieb geschieht hier durch die mittels Hebels *b* ein- und ausrückbare Friktionsscheibe *a*. Die automatische Ausrückung wird durch das Gegengewicht *c* in der Weise bewirkt,

daß die während der Drehung gegen den Schlepprahmen gedrückte Hebelrolle *d* gegen Ende der Drehung in eine ausgesparte Öffnung des Rahmens schnell und dadurch die Friktionsscheibe *a* auslöst.

Eine gleichmäßige Verteilung der gestürzten Kohlen auf die Siebe wird durch eine am Ausgang des Sturzbleches angebrachte rotierende Aufgabewalze erreicht.

Die weitere Klassierung der Kohlen nach dem Schleppern geschieht heute fast allgemein auf beweglichen Rosten oder Schwingsieben. Von den Rostkonstruktionen sind der Distel-Susky- und der Karop-Rost die gebräuchlichsten. Der erste (siehe Fig. 2) besteht aus gußeisernen Querstäben in Bogen-dreiecksform mit ausgegossenen Rippen, die so geformt und gestellt sind, daß zwischen diesen Stäben in jeder Bewegungslage quadratische oder rechteckige Öffnungen von stets gleicher Größe entstehen, durch welche das kleinere Gut hindurchfällt. Die Roststäbe erhalten an den Enden eingesetzte schmiedeeiserne Zapfen, die in Buchenholz gelagert und durch Gallsche Ketten und Kettenräder von gemeinsamer Welle aus angetrieben werden. Die Arbeitsweise des Rostes ist so, daß der eine Stab das Gut dem anderen zuhebt, wodurch die größeren Stücke so bewegt werden, daß sämtliche auf ihnen liegenden kleineren Stücke herabfallen.

Der Karoprost (s. Fig. 3) unterscheidet sich vom Distel-Suskyrost dadurch, daß die Querstäbe oval geformt sind und die seitliche Begrenzung der Sieböffnungen an Stelle der Rippen durch festliegende Längsstäbe erfolgt.

Die Roste, welche sich besonders zur Scheidung von Stückkohlen eignen, besitzen bei äußerster Schonung des Produktes und geringem Kraftbedarf eine große Leistungsfähigkeit und benötigen keine besondere Neigung.

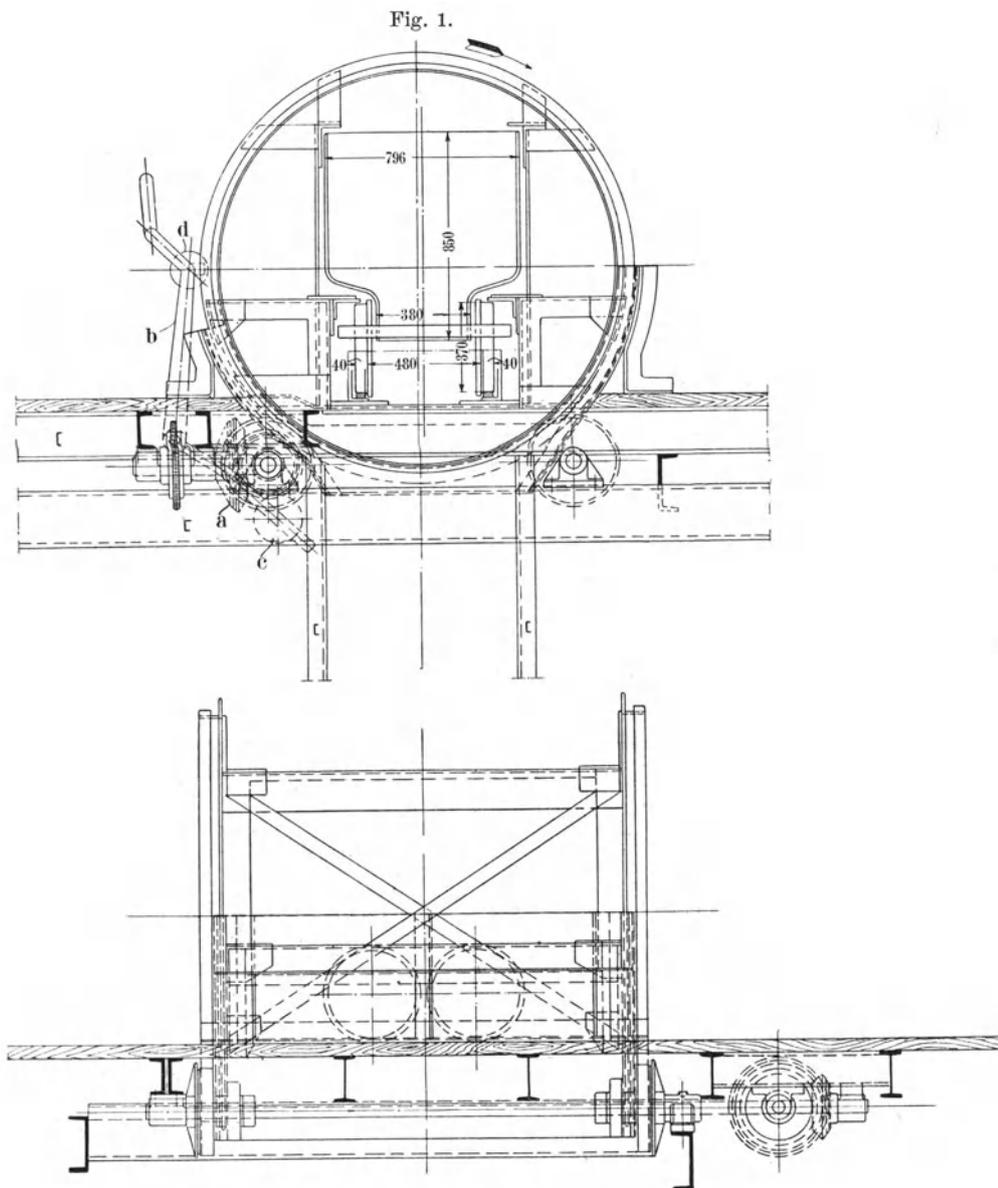
Das Ausklauben der Berge aus den Kohlen über 60 bis 80 mm geschieht heute allgemein auf horizontal sich vorwärts bewegenden Lesebändern, die aus Gliederketten mit dazwischen liegenden glatten Belagblechen von zweckmäßig 1000 mm Breite bestehen und die am Ende einen beweglichen Verladeschnabel zum Transportieren der Kohlen in die Waggons erhalten. Die von den jugendlichen Arbeitern ausgelesenen Berge werden zweckmäßig durch trichterartige, neben dem Klaubeband angebrachte Öffnungen entfernt, während die durchwachsenen Kohlen auf ähnliche Weise in ein Quetschwerk gelangen, dort zerkleinert und zwecks Waschung wieder aufgegeben werden.

Die Klassierung der Kohlen unter 60 mm geschieht auf Schüttel- und Schwingrättern mit hintereinander oder untereinander angeordneten Sieben.

Ein wegen seiner hohen Leistungsfähigkeit und Schonung der Kohlen sehr bewährter und verbreiteter Rätter ist der Doppelplanrätter System „Schwidtal“ (s. Fig. 4). Die übereinander angeordneten Siebkästen sind an den vier Enden mit Stützhelmen verbunden, welche in der Mitte eine feste kugelformige Lagerung erhalten. Der Antrieb

der beiden Siebkästen erfolgt seitlich durch um 180° versetzte Kurbeln, deren gemeinsame Welle mit Schwungscheibe durch ein Zahnradgetriebe bewegt wird. Die an den gleichlangen und entgegengesetzt gerichteten Hebeln angreifenden Kräfte werden in der Mittellagerung aufgehoben, wodurch eine vorzügliche Ausbalancierung aller Massen er-

haltung der atmosphärischen Luft in den Arbeitsräumen verfolgt, geschieht die Gewinnung und Abscheidung des Feinkohlenstaubes vor der Waschung zur Verminderung der Schlammabildung, die namentlich bei weichen, leicht zerreiblichen Kohlen in hohem Maße auftreten und infolge der schweren Abscheidung eine ungenügende Klärung des Waschwassers und



Kreiselwipper mit selbsttätiger Ausrückvorrichtung.

reicht und die Anbringung der Rätter in jeder Höhenlage des Gebäudes möglich ist. Der Rätter ahmt die kreiselnde Bewegung des Handsiebens nach und zeichnet sich durch hohe Leistung bei gleichzeitiger Schonung der Produkte aus.

Während die Gewinnung des Flugstaubes in erster Linie einen hygienischen Zweck, die Rein-

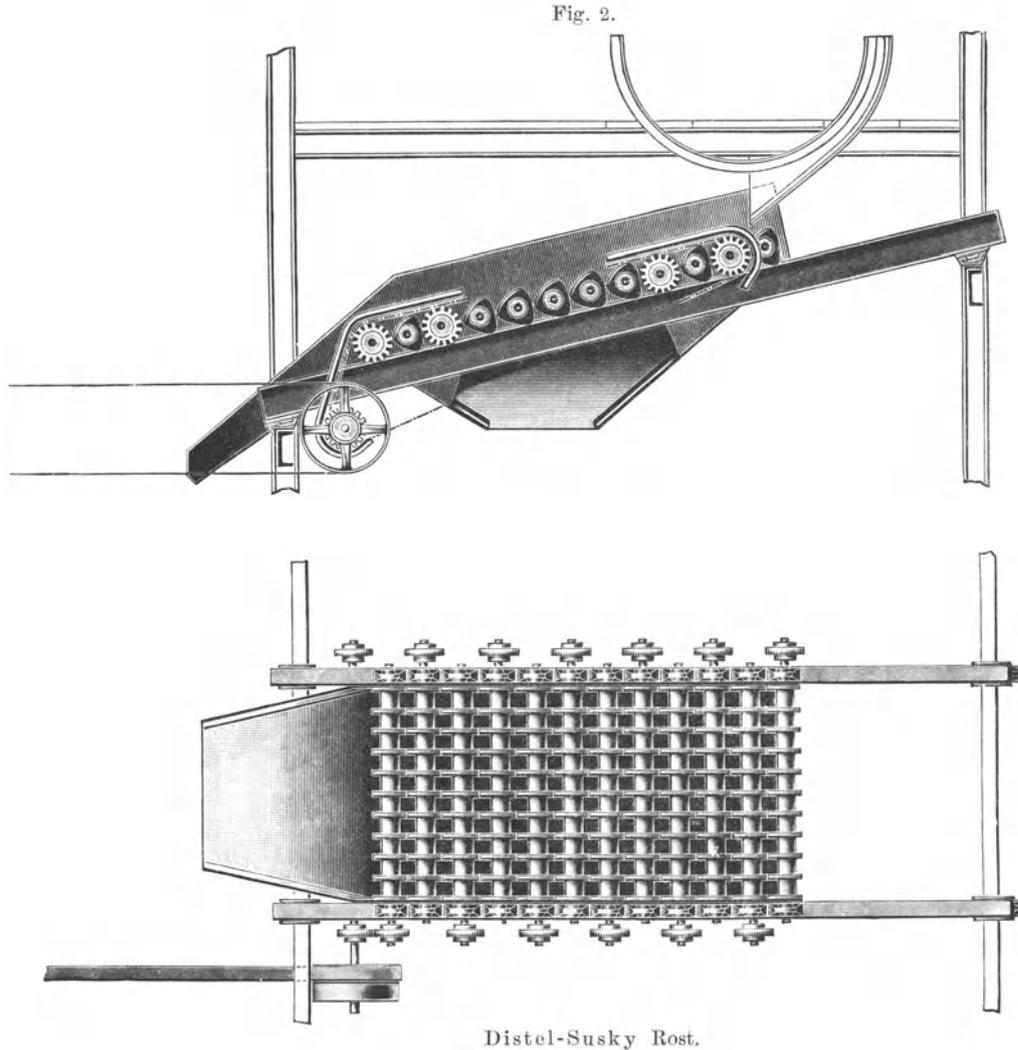
ein Erschweren der Setzarbeit im Gefolge haben kann.

Die Entstaubung gestaltet sich in der Weise, daß die von 0 bis 12 mm klassierte Staubkohle über eine schiefe Ebene mit jalousieartigen Schlitzrieselt, durch die mittels Winddüsen, welche oberhalb der Ebene angebracht sind, der feine Staub

je nach Stärke des Windstromes in Körnung von 0 bis 2 mm in eine Staubkammer geblasen wird. Hier schlägt sich das körnige Gut infolge seiner Schwere nieder, während der Flugstaub von einem Ventilator angesaugt und in eine zweite mit Prellhaube versehene Kammer, sogenannte Zykclone, geblasen wird, wo sich der Flugstaub auch infolge der Geschwindigkeitsverminderung abscheidet, während die Luft ihren Weg zu den Düsen fortsetzt (s. Fig. 5). Der Flugstaub geht als Formstaub

bekanntem „Beth-Filter“. Die Absaugung des Staubes geschieht mittels Rohrleitungen von dünnwandigem Blech, und zwar von allen Staubentwicklungsstellen, wie Wipper und Siebrätter, die dann entsprechende Umkleidungen aus Blech erhalten. Die Konstruktion der Filter ist aus Fig. 1, 2 und 3 der Fig. 6 ersichtlich.

Nasse Aufbereitung. Bei den neueren Wäschern ist man vielfach dazu übergegangen, die Kohlen



in die Gießereien, während das körnigere Produkt, soweit es der Aschengehalt zuläßt, der Waschkohle zugesetzt oder zur Kesselfeuerung verwendet wird.

Für Entstaubungseinrichtungen mit vollkommener Rückgewinnung des Flugstaubes haben sich schlauchförmige Tuchfilter gut bewährt, durch die die staubhaltige Luft hindurchgesaugt wird und die nach einer bestimmten Zeit selbsttätig gereinigt werden. Die ältesten und verbreitetsten Filter dieser Art sind die auch aus der Braunkohlenindustrie

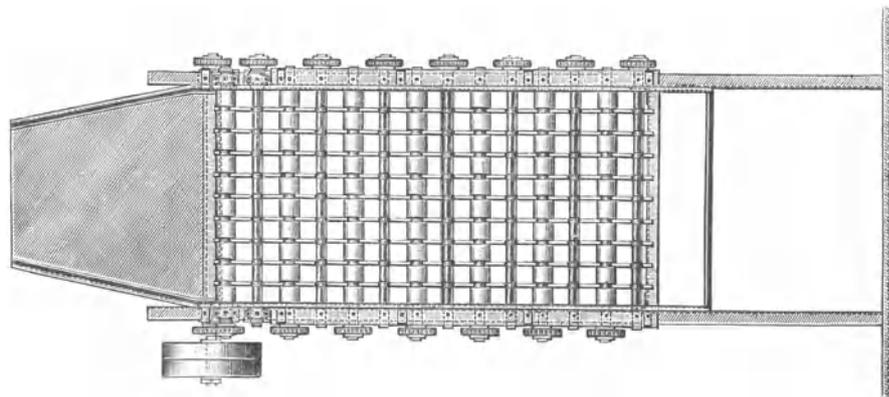
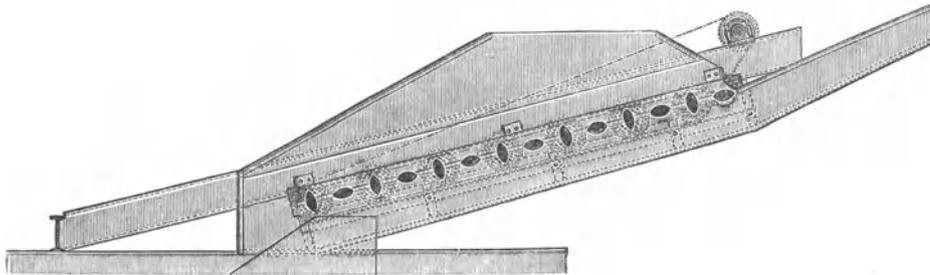
erst nach dem Waschen in die einzelnen Sortimente zu klassieren und vor dem Waschen nur eine Vorklassierung, d. h. eine Trennung der Staub- und Grobkohlen vorzunehmen. Man erhält hierdurch nur zwei Produkte von meist 2 bis 10 und 10 bis 70 mm Korngröße, für deren Waschung die notwendige Setzsiebfläche auf zwei Aggregate von entsprechender Größe beschränkt werden kann.

Die Vorteile der gemeinsamen Waschung bestehen in der einfacheren Bauweise der Setzmaschinen

sowie in dem teilweise niedrigerem Wasserverbrauch und der hieraus resultierenden Ersparnis an Betriebskraft. Demgegenüber stehen die Nachteile der fehlenden Reserve, sowie der zweimaligen Klassierung, deren Manipulation immer eine teilweise

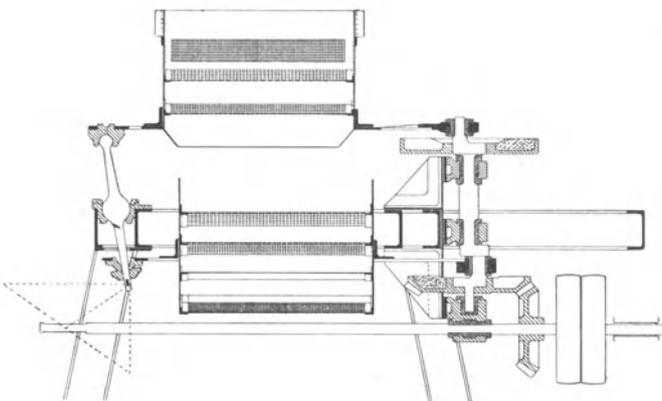
wenn die spezifischen Gewichte nach Abzug der Wasserdichte im umgekehrten Verhältnis ihrer Volumina stehen, und da ferner die Hubhöhe und die Hubgeschwindigkeit der Setzmaschine von der Korngröße des Aufgabeproduktes abhängig ist, oder

Fig. 3.



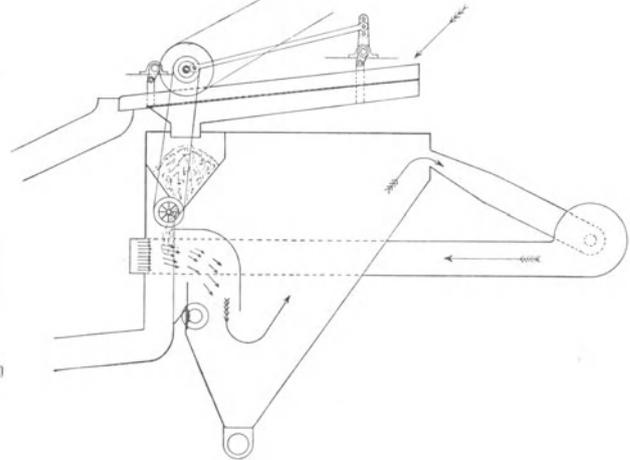
Karop-Rost.

Fig. 4.



Schwidtalscher Doppelplanrätter.

Fig. 5.



Schematische Darstellung einer Staubabsaugungsvorrichtung.

Zerkleinerung, namentlich bei weichen Kohlen im Gefolge hat.

Da ferner die nasse Aufbereitung auf dem Gesetz von der Gleichfälligkeit der Körper beruht, wonach Körper von verschiedenen spezifischen Gewichten sich im Wasser das Gleichgewicht halten,

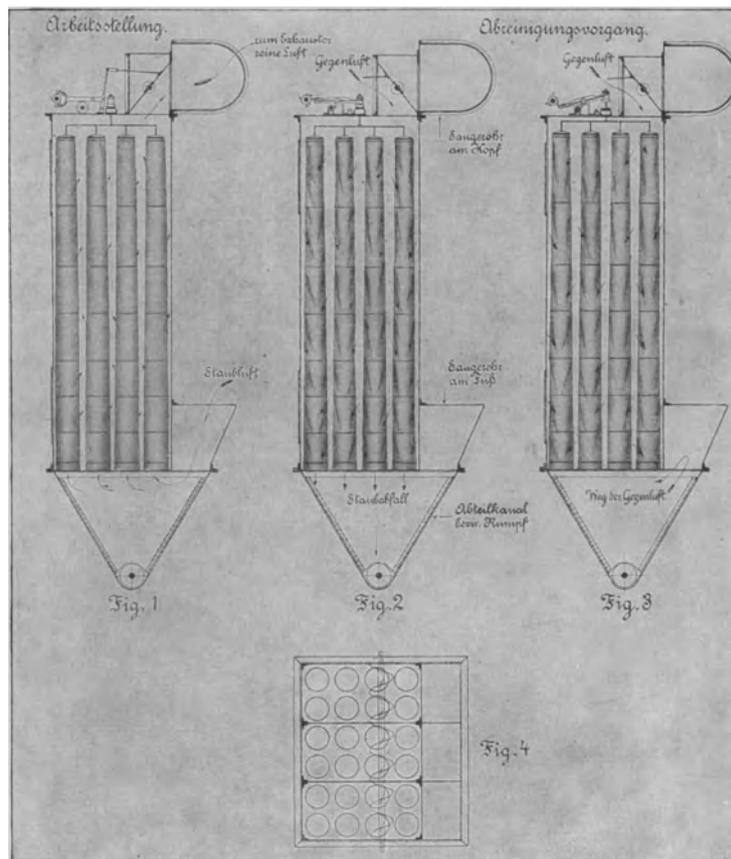
mit anderen Worten, das gröbere Korn eine stärkere Auftriebskraft mit entsprechend langsamerem Hub als das feinere Korn erfordert, so kann bei der gemeinsamen Waschung eines Kohlegemenges von ungleicher Körnung die Setzarbeit aus vorher Gesagtem ungünstig beeinflusst werden. Dies wird besonders

dann in Erscheinung treten, wenn die Dichte der Kohlen und die der beigemengten Unreinigkeiten keinen großen Spielraum bieten, wie solches beispielsweise bei den in vielen Kohlenrevieren häufig und stark auftretenden schieferartigen, unter der Bezeichnung „Platten- und Hornkohlen“ (etwa 40 Proz. Asche) bekannten Beimengungen, die den Aschengehalt des Reinproduktes erhöhen, der Fall ist. Es wird daher je nach Art der Kohlenbeschaffenheit für eine sorgfältige und reine Scheidung der Beimengungen eine Trennung nach Korngröße bis zu

senkrecht arbeitenden Kolben oder nach Baum durch Preßluft, welche abwechselnd auf das Wasser wirkt, vorgenommen.

Während der Austrag der Schiefer bei den Grobkornapparaten diskontinuierlich durch mit Schieber verschließbarem Schlitz an der Vorderseite des Apparates erfolgt, werden die abgeschiedenen Berge der Feinkornsetzmaschinen meist kontinuierlich durch die Siebe ausgetragen und durch eine mit Schieber verstellbare Öffnung am Boden einer jeden Abteilung des Kastens entfernt. Um

Fig. 6.



„Beth“, Filtereinrichtung zur Gewinnung des Flugstaubes.

einem gewissen Grade vor der Waschung nicht zu umgehen sein. Dasselbe gilt auch dann, wenn eine scharfe Trennung des Berge-, Mittel- und Reinproduktes auf einem Apparat vorgenommen werden soll.

Für die Kohlensetzarbeit ist bisher fast allgemein die durch Lührig aus der Erzaufbereitung eingeführte kontinuierlich arbeitende Setzmaschine mit vertikaler Hubbewegung maßgebend geblieben.

Die bei dieser Maschine zum Heben und Senken der Setzflussigkeit erzeugte Arbeit wird in einem besonderen Teil der Maschine entweder durch einen

ein Durchsaugen von Kohlentelchen zu vermeiden, erhält die Siebfläche eine 80 bis 100 mm starke Schicht kristallinischen schwedischen Feldspates von 2,6 bis 2,7 spez. Gew. und 20 bis 40 mm Körnung. Diese Einrichtung hat sich bei der Feinkohlaufbereitung gut bewährt, indem sie ein sicheres Einstellen und genaues Arbeiten der Apparate gestattet, sowie ein Durchsaugen von Feinkohlen verhindert.

Bei den neueren Setzmaschinen hat man die Bauart der Lührigschen Feinkornsetzmaschinen auch für die Aufbereitung der Grobkornkohlen zu-

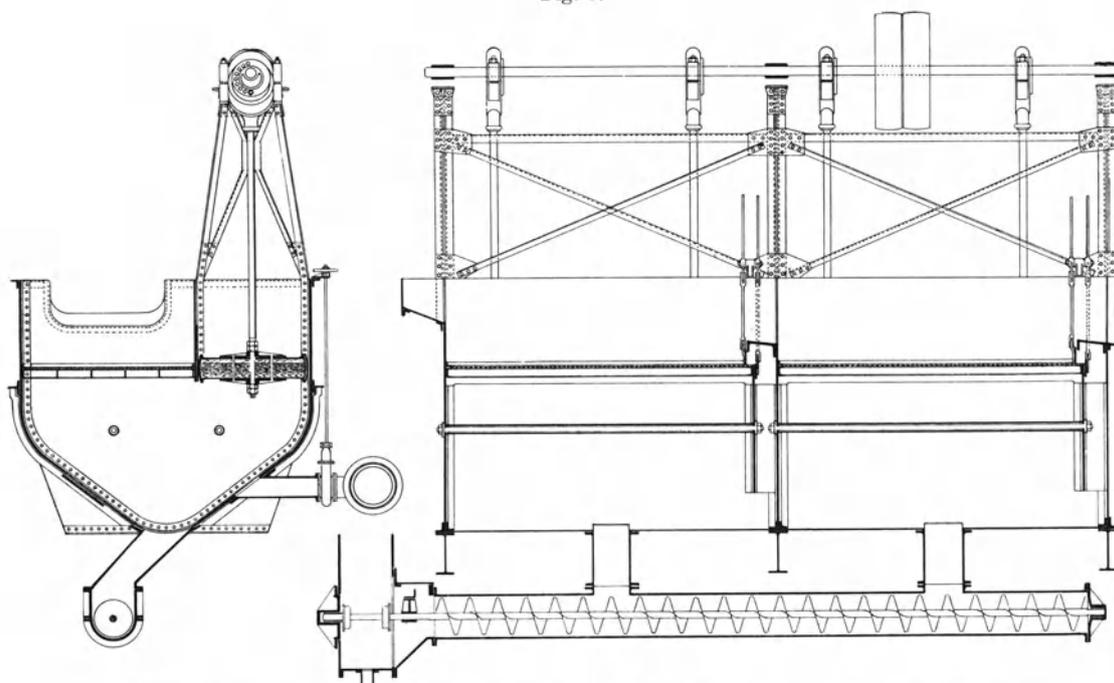
grunde gelegt, indem man zwei oder mehrere Setzmaschinen nebeneinander baut und die Kohle wie bei der Feinkornmaschine seitlich am Kolben vorbeiführt. Die gemeinsame Trennungswand beider Maschinen ist als Austrag ausgebildet, durch welchen die auf dem ersten Sieb abgeschiedenen Berge abgeführt werden, während am Ende des zweiten Siebes der nächstfolgenden Maschine die durchwachsenen Schiefer ausgetragen werden. Durch entsprechende Länge und Breite der Setzsiebe können diese Apparate für große Aufgaben bemessen werden, weshalb sie auch vorwiegend in Wäschen mit gemeinsamer Waschung und Nachklassierung Verwendung finden. Fig. 7 zeigt die Bauart einer derartigen Setzmaschine.

Infolge der bei diesen Maschinen mit dem Abstand vom Kolben sich verringern den Setzarbeit

flächen angebracht sind und mit dem Kolben durch Zugstangen, welche durch die Siebe hindurchführen, verbunden sind (s. Fig. 8).

Die einfachste und wohl zugleich vollkommenste Bauart bildet die in der Praxis sich bereits bewährte doppelwirkende Setzmaschine nach Schreiber¹⁾ (s. Fig. 9). Verfasser ist es gelungen, die von Kasalovsky in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts in der Erzaufbereitung zuerst angewandte doppelwirkende Setzmaschine, die bisher wegen ihrer ungenügenden Setzweise und ihres Verschleißes in der Praxis keinen festen Fuß fassen konnte, derart zu vervollkommen, daß die Maschine in ihrer jetzigen Bauart wohl als die einfachste und zweckmäßigste Konstruktion hingestellt werden kann. Die in der Praxis seit 1 $\frac{1}{2}$ Jahren mit den besten Resultaten

Fig. 7.



Setzmaschinenaggregat für gro. Leistungen mit seitlicher Führung des Kohlenstromes.

müssen durch die seitliche Austragung stets entsprechend ungleichartig gesetzte Produkte abgeschiebert werden, weshalb bei derartigen Maschinen meistens noch eine besondere Nachwaschung der abgezogenen Produkte erforderlich ist.

Die in früheren Jahren bei der Erzaufbereitung vorübergehend in Anwendung gestandenen und unterhalb der Setzsiebe angebrachten vertikal arbeitenden Kolben hat neuerdings Brauns mit entsprechenden Änderungen für die Kohlenaufbereitung nutzbar gemacht. Er hat dadurch erreicht, daß der bisherige Kolbenraum als Siebfläche ausgenutzt und mit dem Apparat eine dementsprechend größere Arbeit geleistet werden konnte.

Der Antrieb des Kolbens geschieht bei diesem Apparat mittels Exzenter, die oberhalb der Sieb-

arbeitenden Maschinen haben seit dieser Zeit keinerlei Reparatur bedurft. Bei der doppelwirkenden Setzmaschine ist der Kolben in wagerechter Lage unterhalb der Siebe angeordnet, so daß der ganze obere Teil der Maschine nur von dem aus zwei Sieben bestehenden Setzbett ausgefüllt ist. Jeder Hub des Kolbens vollführt gleichzeitig zwei Arbeiten, und zwar auf dem einen Sieb eine hebende und auf dem anderen eine setzende Arbeit. Der hierbei stattfindende gegenseitige Austausch der aufgewandten Energiemengen verursacht einen äußerst leichten Gang der ganzen Maschine.

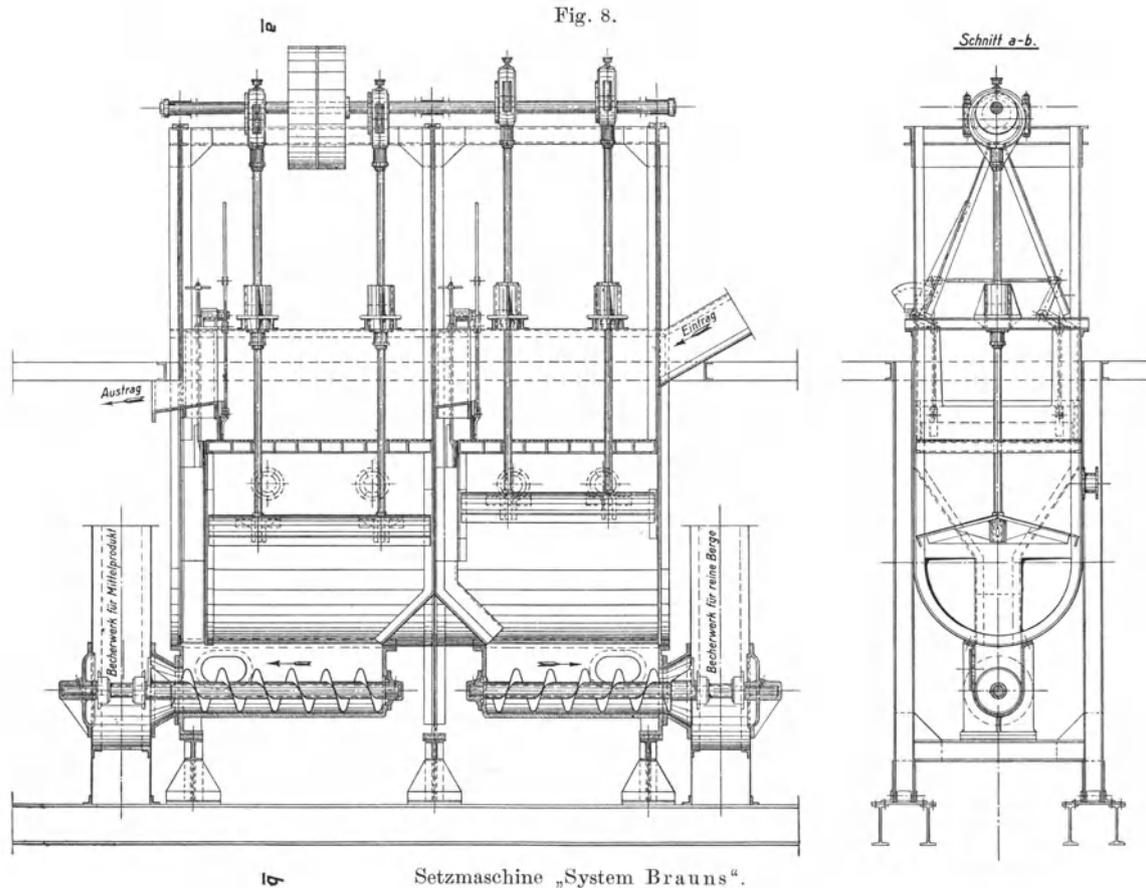
Bei dem neuen System ist jedes Sieb durch eine Mittelwand getrennt, die bei Aufbereitung grob-

¹⁾ Ztschr. „Glückauf“ 1913, Heft 35 u. 36, S. 1477.

körniger Kohlen oberhalb der Siebe als Schieferaustrag ausgebildet ist und in der unterhalb der Siebe sich der Kolben mit verstellbarem Hub in wagerechter Richtung hin und her bewegt.

Die Kolbenstange wird in Stopfbüchsen geführt, die außer der gewöhnlichen Packung im Inneren eigenst konstruierte Schmierbüchsen tragen, die von außen mit konsistentem Fett selbsttätig gefüllt werden. Es wird auf diese Weise ein äußerst leichter Gang der Maschine durch stetes Fettighalten der Packung und der Kolbenstange erreicht und ein Leckwerden der Stopfbüchsen so-

forderlich machen. Diese Beimengungen von 40 bis 45 Proz. Asche, die für Kesselfeuerung usw. ein noch brauchbares Heizmaterial abgeben, werden bei der neuen Maschine nach Trennung der Berge auf dem zweiten Sieb als Mittelprodukt geschieden, das sich infolge des in der ganzen Breitseite des Setzbettes gleichbleibenden Hubes vor dem Abzugschieber als Produkt von vollkommen reiner und gleichmäßiger Beschaffenheit ablagert und wie die Berge durch intermittierendes Abziehen in das Unterfaß gelangen, während das Reinprodukt in bekannter Weise mit dem Wasser über das Setzbett



wie ein frühzeitiger Verschleiß der Kolbenstange vermieden.

Die Konstruktion des Kolbens wie des Gehäuses ist so ausgeführt, daß auf der ganzen Setzfläche ein intensives Arbeiten stattfindet, wobei das Setzbett durch den Kolbengang in eine langsam hebende und kurz abgesetzt fallende Bewegung versetzt wird. Durch die Arbeitsweise der Maschine wird eine äußerst scharfe Scheidung des Reinproduktes selbst von solchen Beimengungen (Plattenkohlen) herbeigeführt, deren spezifische Gewichte sich in sehr engen Grenzen zum Reinprodukt bewegen, und die wegen ihrer schweren Trennung zur Vermeidung unreiner Produkte bisher eine umfangreiche Nachwäsche er-

weiter geführt wird. Aus dem Unterfaß werden die getrennt gewonnenen Produkte durch intermittierendes Abziehen mittels Schieber direkt über Entwässerungsrinnen oder durch kontinuierliche Austragung in Schnecken ihrem Bestimmungsort zugeführt.

Der Apparat zeichnet sich bei reiner Scheidung durch geringe Anlagekosten und hohe Leistungsfähigkeit aus. Die Stundenleistung beträgt bei Kohlen von 0 bis 12 mm-Körnung 15 bis 18 t pro Quadratmeter Setzfläche. Bei dieser Aufbereitung der Staubkohlen erfolgt die Austragung der Berge und des Mittelproduktes mit Hilfe eines Spatbettes kontinuierlich durch die Siebe, so daß die Apparate

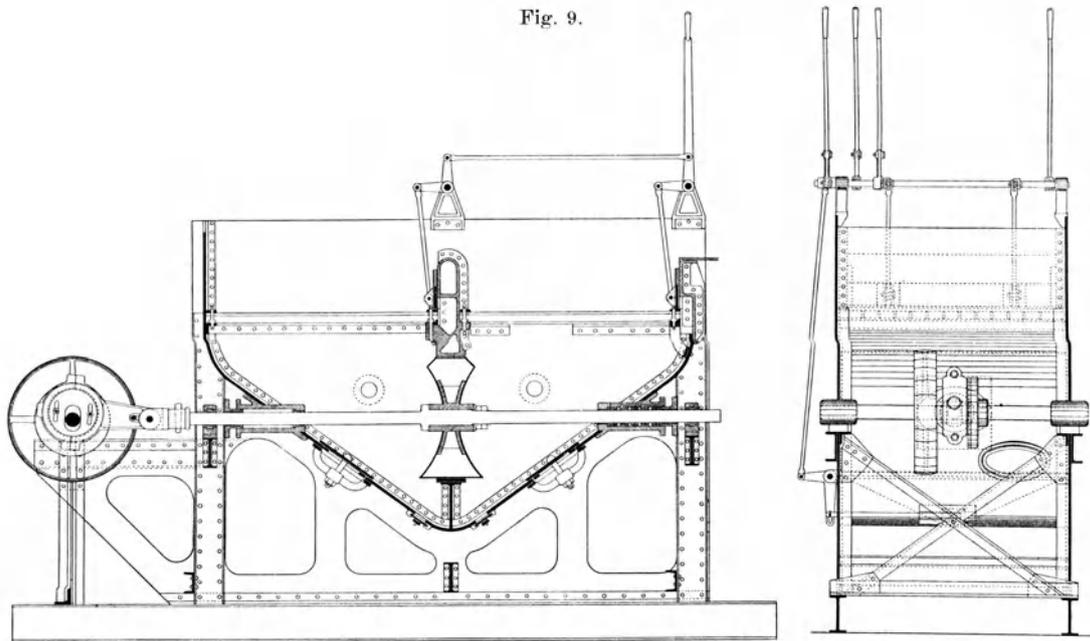
vollkommen automatisch ohne jegliche Bedienung arbeiten.

Bei der Aufbereitung von Staub, sowie bei gemeinsamer Waschung mit nachheriger Klassierung der Kohlen kann bei seitlicher Führung des Kohlenstromes der Aufbau der Apparate in Anzahl der jeweiligen Leistung entsprechend auch unmittelbar nebeneinander erfolgen, indem die Trennungswände der Apparate für die betreffenden Produkte als Ausstrag ausgebildet sind (s. Fig. 10). Jedes Setzabteil kann hierbei verschieden hohen, der Art des Setzgutes entsprechenden Hub erhalten.

Zum Transport der über Spiralschienen in die Vorratstrichter gelangenden Sortimente haben sich die Kreisscheiben Transportrinnen gut bewährt, auf denen gleichzeitig ein Abbrausen der feineren Kohlenteile erfolgt. Zu diesem Zweck sind die Rinnen

die Spitzkästen nimmt. Bei diesem Projekt fallen der bisherige Kokskohlensumpf sowie die Brauserätter fort.

Der von Rittinger erfundene und im Jahre 1844 für die Schlammstortierung der Erze in Schemnitz (Ungarn) zuerst angewandte Spitzkasten, der in der Kohlenaufbereitung zur Klärung der Waschwässer nachträglich Aufnahme gefunden hat, spielt heute außer der Gewinnung einer konzentrierten Schlammtrübe auch für die weitere Aufbereitung dieses Schlammes eine nicht unwesentliche Rolle. Der Spitzkasten ist ein langer, unten spitz zulaufender Kasten, der durch Scheidewände im Inneren in mehrere Abteilungen geteilt ist, aus denen das klassierte Produkt am Boden in verdickter Trübe mittels außen angebrachter schwanenhalsartig ausgebauter Rohre ausgetragen wird.



Doppeltwirkende Setzmaschine „System Schreiber“.

mit entsprechenden Sieben versehen und so angelegt, daß der Durchfall des größeren Sortiments auf die Rinne des nächst kleineren Sortiments gelangt.

Das von den Feinkornsetzmaschinen kommende Waschgut wird nach Auffangung in Sümpfen auf Entwässerungsrättern durch Abbrausen von anhaftenden Schlammteilen befreit und in aus Holz, Eisen oder armiertem Beton hergestellten Vorratstürmen gestapelt. In der Feinkornwäsche Bahnschacht der konsolidierten Fürstensteiner Gruben in Waldenburg gelangt das gewaschene Produkt von den Setzmaschinen direkt auf mit Sieben belegte Schwingrinnen, von denen es nach Entwässerung und gleichzeitiger Abbrausung in die Schleudermühlen bzw. Vorratstürme befördert wird, während das durchfließende Gut seinen Weg durch

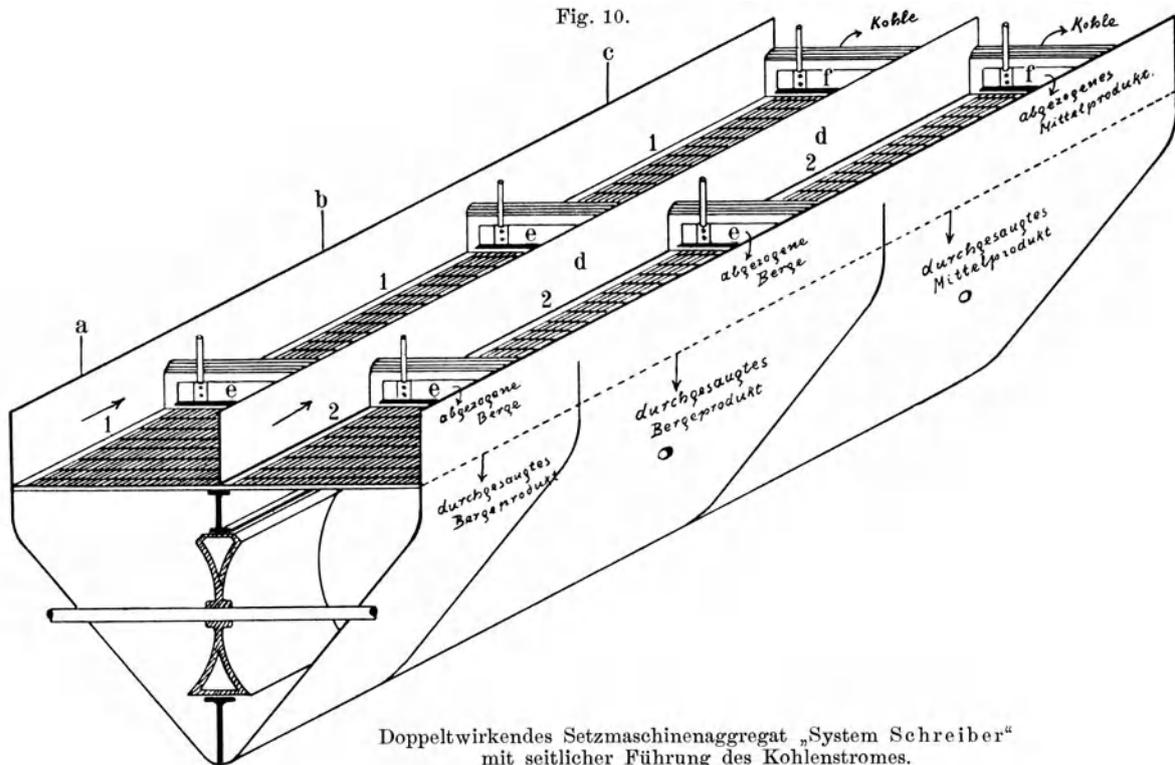
Feinkohlenaufbereitung und Schlammgewinnung. Ein sehr wichtiges Gebiet in der Kohlenaufbereitung, auf dem namentlich in Revieren mit staubhaltigen Kohlen in den letzten Jahren erfolgreich gearbeitet ist, bildet die Gewinnung der Feinkohlen aus den Schlämmen. Die Feinkohlen- oder Schlammreinigung beruht darauf, daß ein nach dem Gesetz der Gleichfälligkeit klassiertes Kohlen- und Berges Korn infolge ihrer verschiedenen großen Volumina auf einem Sieb von entsprechender Maschenweite geschieden werden kann. Als Klassierapparat dient der Spitzkasten, bei dem das Prinzip des freien Falles von stufenweise abnehmender Geschwindigkeit zur Geltung kommt. Bei gleichwertigen Kugeln verhalten sich die Durchmesser umgekehrt, wie die um 1 verminderten Dichtig-

keiten, mithin die Volumina umgekehrt wie die dritten Potenzen der um 1 verminderten Dichtigkeiten. Bei einem spezifischen Gewicht der Berge von 2,4 und der Kohle von 1,35 würde sich beispielsweise der Gleichgewichtszustand bei einem Verhältnis der Volumina von 1:4 herstellen, so daß bei einem Kohlenkorn von 1,5 mm zur Scheidung des gleichfälligen Bergkorns eine Maschenweite von 0,37 mm erforderlich wäre, was einem Messinggazesieb von $\frac{25}{0,37} = \text{Nr. 70}$ entsprechen würde. Die

Aufbereitung aschenreicher grobkörniger Schlämme ist daher zweckmäßig so vorzunehmen, daß die in den Spitzkästen gewonnene Trübe nach Korngröße getrennt auf die Siebe mit entsprechend angepaßter

die Schlammaufbereitung zuerst angewandte Schüttelrinne.

Für die Dimensionierung dieser Aufbereitungsrinne (s. Fig. 12) hat sich als zweckmäßigstes Maß eine Länge von 5 m und eine Breite von 600 bis 650 mm ergeben. Der eigentliche Rinnentrog, dessen Boden aus verzinkten Eisenblechsieben mit 5 mm Lochweite besteht und als Unterlage der Gazesiebe dient, ruht auf 65 mm breiten und 650 mm hohen Stützhebeln aus zwei Lagen Eschenholz von je 5 mm Stärke, die im Winkel von 70° am Rinnentrog und am Fußgestell festgeschraubt sind und in der Mitte durch eine Eisenblechverstärkung zusammengehalten werden. Diese sogenannten Federinnen haben sich bestens bewährt und haben



Doppeltwirkendes Setzmaschinenaggregat „System Schreiber“ mit seitlicher Führung des Kohlenstromes.

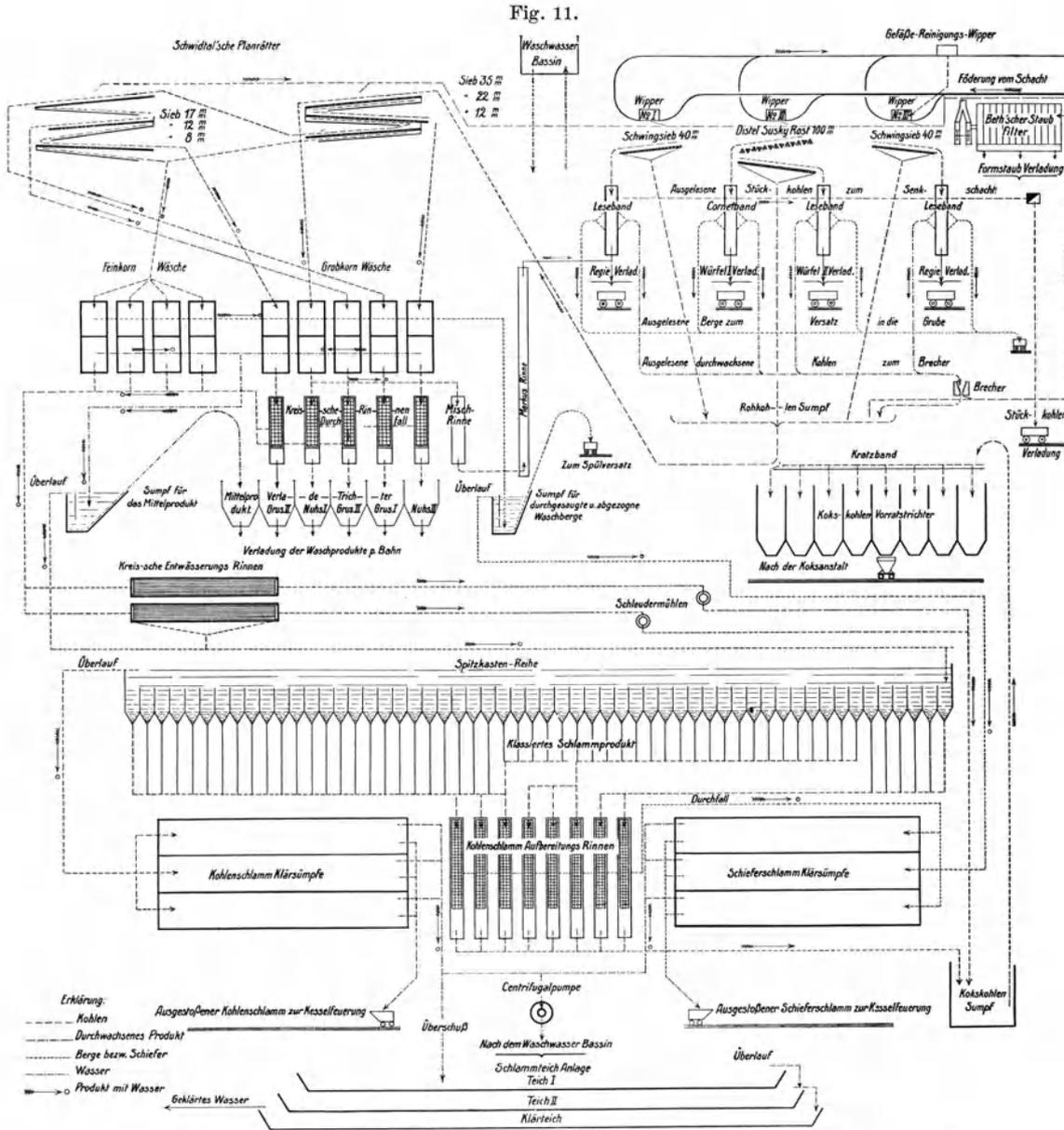
Maschenweite gelangt. In der auf der Wäsche Bahnschacht der konsolidierten Fürstensteiner Gruben in Waldenburg i. Schl. vom Verfasser getroffenen und aus der schematischen Darstellung (Fig. 11) ersichtlichen Einrichtung gelangt die Schlammtrübe in drei klassierten Strömen aus den Spitzkästen auf acht Rinnen, die mit Messinggazesieben Nr. 65, Nr. 80 und Nr. 100 belegt sind und die eine Gesamtproduktion von 60 bis 80 t Feinkohlen pro Tag mit einem Aschengehalt von 7 bis 8 Proz. ergeben.

Von den bisher angewandten Schlammaufbereitungsapparaten seien erwähnt der Artoissche Wiegenwaschapparat, das Karlikische Brauseband und das Köhlsche Schüttelsieb. Der leistungsfähigste, vorteilhafteste und verbreitetste Apparat ist die in der Wäsche Bahnschacht für

gegenüber den Rinnen mit in Lagern beweglichen Stützhebeln den Vorteil eines wesentlich geringeren Verschleißes. Die Rinnen werden am äußersten Ende von einer gekröpften Welle mit 15 bis 20 mm Hub und 300 bis 350 Touren pro Minute angetrieben. Die Schlammtrübe gelangt an der Antriebsstelle auf die Rinne und wird nach der Entwässerung ungefähr in der Mitte von einem kräftigen Brausestrahl bearbeitet. Voraussetzung für eine gute Leistung und Scheidung ist die Aufgabe des Schlammes in möglichst konzentrierter Trübe, was durch ein ausgedehntes Spitzkastensystem und Vermeidung zu großer Wassermengen erreicht wird. Das durchlaufende Schlammwasser gelangt mit einem Aschengehalt von 35 bis 40 Proz. in die Klärsümpfe, um von dort einigermaßen geklärt durch die Zentri-

fugalpumpe den Kreislauf in die Wäsche anzutreten, während das von der Rinne ausgetragene Reinprodukt auf einem Gummigurt oder durch eine Transportschnecke der gewaschenen Staubkohle zugeführt wird. Die weitere Klärung des Überlaufwassers und Gewinnung des Schlammes geschieht in ge-

laden werden kann. Die mit Zement glatt verputzten Wände des Schlammsumpfes erhalten bis zur Höhe des Wasserstandes eine aus Holz hergestellte Hohlwand (s. Fig. 13), die oben geschlossen und in Reihen von 1 m Abstand drei bzw. zwei übereinander und reihenweise versetzt angebrachte Sieb-



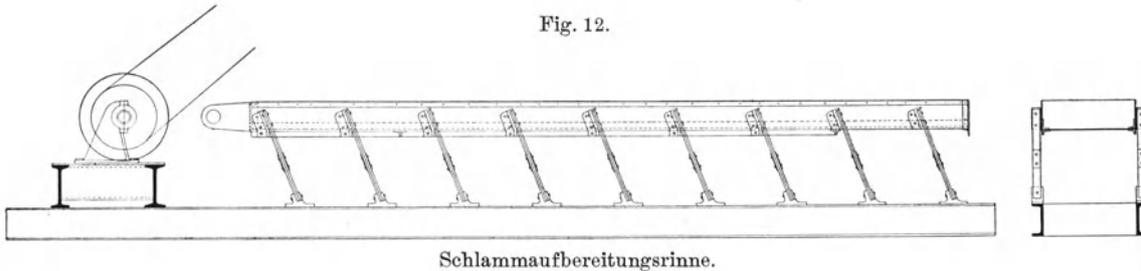
mauerten sogenannten Niederschlagsumpfen und außerhalb der Wäsche angelegten Klärteichen. Als Niederschlagsumpfen hat sich folgende in der Wäsche Bahnschacht getroffene Einrichtung gut bewährt, die es ermöglicht, den Schlamm in diesen verhältnismäßig kleinen Sumpfen so verdickt zu gewinnen, daß er mittels Schaufel gestochen und in Gefäßen ver-

flächen von je 0,12 qm erhält. Die Bretter sind an diesen Stellen mit einer Anzahl Löcher von 50 mm Durchmesser versehen, die mit einem Messingdrahtgewebe von 2 mm Maschenweite überdeckt sind. Die Flächen erhalten in Führung gehende Verschlussschieber, die, an einer gemeinsamen Zugstange befestigt, von oben bedient werden. Der Boden des

Sumpfes ist nach den Seiten abgehöcht und mündet in eine unterhalb der Hohlwand sich langziehende Rinne, die von außen durch einen Stöpsel geschlossen werden kann. Die Eingangsöffnung des Sumpfes ist mit einem aus mehreren Flächen bestehenden Schieber verschließbar, der von einer Spindel mit Handrad derartig betätigt wird, daß die Flächen sich einzeln hintereinander in Abständen von 4

Oberfläche als Drainageschacht ausgebildet, indem im Mauerwerk Öffnungen vorgesehen sind, die beim Füllen des Teiches geschlossen und vor dem Ausschlagen des abgeschiedenen Schlammes hintereinander und von oben nach unten geöffnet werden. Während dieser Manipulation ist der untere Drainageabfluß *a* geschlossen und das in den Schacht fließende schlammhaltige Wasser wird

Fig. 12.



Schlammaufbereitungsrinne.

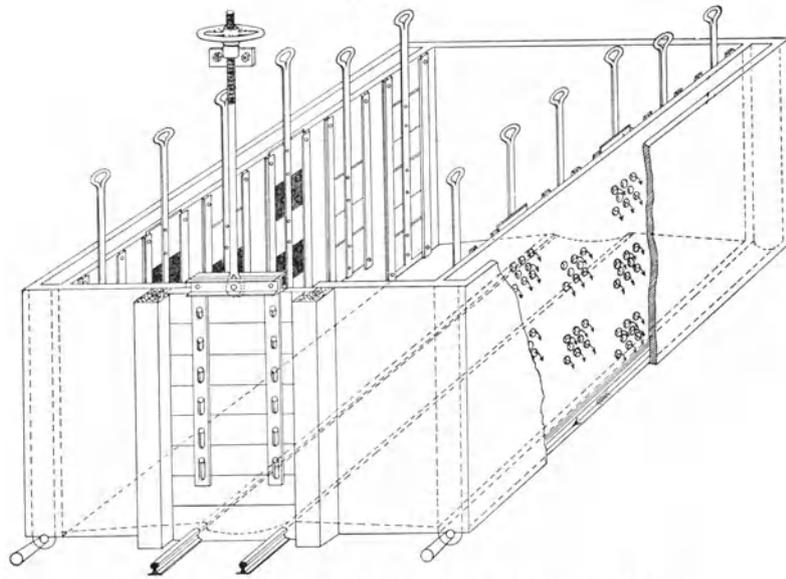
bis 5 cm abheben, um durch die in dieser Weise entstandenen Schlitzte eine allmähliche Entfernung des hinter der Eingangstür stehenden Wassers zu bewirken. Das schlammhaltige Wasser tritt an der Verderseite des Sumpfes unter einer Haube ein und wird durch zwei an den Längswänden angebrachte Übertragsfluter in den nächsten Sumpf geführt. Die Sümpfe werden hintereinander geschaltet. Ist ein Sumpf mit abgesetztem Schlamm fertig, so wird der Zufluß umgestellt und zunächst die seitlichen Schieber hintereinander hochgezogen. Hat die Hohlwand sich mit Wasser gefüllt, so werden die außen liegenden Verschlussstöpsel der Hohlwand entfernt, wodurch der Abfluß wie ein Heber wirkt und den Schlamm trocken saugt. Der Schlamm bleibt noch 12 Stunden stehen und kann dann nach Entfernen des Wassers an der Eingangstür durch allmähliches Hochziehen der Schieberflächen ausgestochen werden.

Das aus dem Frischwasserzusatz der Wäsche sich bildende Überlaufwasser des Pumpensumpfes fließt, bevor es in die Bachwasser gelassen wird, zur endgültigen Klärung in große hintereinander schaltbare Teiche von 2 bis 2,5 m Tiefe und je 2000 bis 2500 qm Fläche (s. Fig. 14), von denen meist zwei Stück als Ausschlagsümpfe und der dritte als Nachklärsumpf dienen. Der Boden der Ausschlageteiche erhält mit Steinen oder Schlacken ausgefüllte und mit lockerem Erdrreich überdeckte Drainagegräben, die sich in einem Schacht vereinigen und aus dem das Wasser mittels Pumpe oder auf natürlichem Wege durch die Abflußöffnung *a* geleitet wird. Der Schacht ist bis zur

mittels Pumpe in den zweiten Ausschlageteich gepumpt. Das durch die Drainagegräben einlaufende Wasser ist meist klar und kann, wenn aus den oberen Drainageöffnungen des Schachtes kein Wasser mehr eindringt, durch Öffnung *a* entfernt werden.

Zur Vermeidung einer einseitigen Strömung und hierdurch hervorgerufenen unruhigen und unvoll-

Fig. 13.



Schlammwässerungsumpf „System Bahnschacht“.

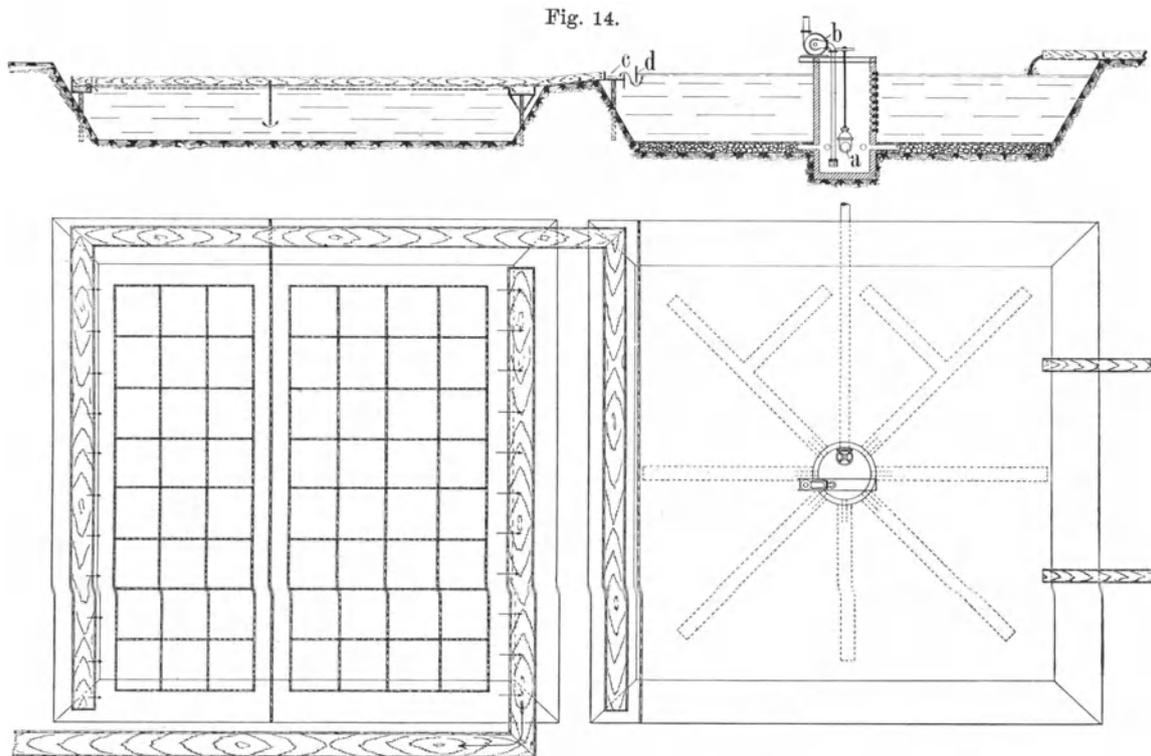
kommenen Klärung gelangt das Wasser am entgegengesetzten Ende des Teiches in ein in der ganzen Breite des Teiches angebrachtes Übertragsfluter *c*, das so ausgerichtet sein muß, daß das Wasser an allen Stellen gleichmäßig übertritt. Zur Zurückhaltung des an der Oberfläche sich bildenden Schaumes usw. ist in kurzer Entfernung vor dem Übertragsfluter eine kleine Holzwand *d* angebracht, die etwa 10 cm in Wasser taucht und unter die das Wasser seinen Weg zum Übertragsfluter nehmen

muß. Aus dem Übertragsfluter fließt das Wasser in den zweiten Teich und gelangt von hier in gleicher Weise zum Nachklärteich. Im Nachklärteich wird das ankommende Wasser auf der ganzen Breitseite des Teiches durch ein mit runden Öffnungen versehenes Fluter gleichmäßig verteilt und durch eine in der Mitte des Teiches befindliche, etwa 1 m tauchende Trennungswand *e* gezwungen, seinen Weg nach unten zu nehmen, wodurch ein besseres Absetzen der noch vorhandenen suspendierten Stoffe ermöglicht wird. Auf der anderen Seite der Trennungswand gelangt das Wasser völlig geklärt durch ein Übertragsfluter in die Vorflut. Die ganze Wasserfläche des Nachklärteiches ist mit

gewaschenen „Berge“ bzw. „Schiefer“ zwischen 60 und 80 Proz.

Brikettierung der Steinkohle.

Wenn backfähige Staubkohlen durch den Verkokungsprozeß eine Steigerung ihres Wertes erfahren können, so erreicht man dies bei mageren oder halbfetten, für die Verkokung nicht geeigneten Kleinkohlen durch Überführung derselben unter Zusatz eines Bindemittels in den gepreßten Zustand, durch sogenanntes Brikettieren. Die ersten Brikettierungsversuche mit Steinkohlen sind Anfang der dreißiger Jahre des vorigen Jahrhunderts in St. Etienne in Frankreich vorgenommen, und zwar zuerst mit



Schlammklärteiche der Kohlenaufbereitung „Bahnschacht“ in Waldenburg i. Schl.

einem Holzlattennetz versehen, um jegliche Wellenbewegung bei Regen oder Sturm zu vermeiden. In einer derartigen von der Wäsche Bahnschacht angelegten Kläranlage erreicht man bei einer stündlichen Durchgangsmenge von 90 bis 100 cbm Schlammwasser ein vollkommen geklärtes wasserhelles Abwasser.

Der abgeschiedene zur Kesselfeuerung verwendete Schlamm wird in Kippgefäße gefüllt, die mittels eines elektrisch angetriebenen Haspels auf eine schräge Ebene hochgezogen oder durch eine seitlich angebrachte Dammtür in Bodenhöhe abgefahren werden.

Der Aschengehalt des Kohlenschlammes beträgt 30 bis 40 Proz.

Der Aschengehalt der gewaschenen Reinprodukte bewegt sich zwischen 5 und 8 Proz., der der aus-

Teerzusatz, der kurze Zeit darauf infolge des ungenügenden Bindungsvermögens durch Steinkohlenpech ersetzt wurde.

Dieses bei der Teerdestillation gewonnene asphaltartige Produkt wird auch heute noch vorwiegend als Bindemittel mit einem Schmelzpunkt von 65 bis 75° für die Steinkohlenbrikettierung verwendet. Die vielen in neuerer Zeit vorgenommenen Versuche, durch andere organische und anorganische Bindemittel einen geeigneten Ersatz für das altbewährte Steinkohlenpech zu finden, sind bisher ohne wesentlichen Erfolg geblieben. Den größten Anspruch auf praktische Verwendbarkeit scheint der Zusatz von Naphthalin und die bei der Papierfabrikation in großen Mengen als Abfallprodukt gewonnene Sulfitcellulose zu haben. Bei der

zurzeit herrschenden großen Knappheit an Steinkohlenpech, sowie bei den hierfür gezahlten hohen Preisen von 55 bis 60 *M* pro Tonne, haben diese Produkte an verschiedenen Stellen in der Brikettfabrikation Zugang gefunden. Durch Zusatz von 0,2 Proz. Naphthalin kann der Pechzusatz um rund 1 Proz. reduziert werden. Die mittels Schwefelsäure entkalkte Sulfitcelluloselauge besitzt in eingedicktem Zustand stark klebrige Eigenschaft. Einen Nachteil bildet die Wasserlöslichkeit, weshalb die Briketts, um wetterbeständig zu sein, nach dem Pressen, zwecks Verkokung des Cellulosenextraktes, kurze Zeit auf 200 bis 300° erhitzt werden müssen.

Von den Brikettmaschinen hat bisher die Couffinhalpresse, s. Muspratt 4, 581, und zwar zur Herstellung von Briketts von 3 bis 11 kg, die größte Verbreitung erfahren. Desgleichen sei auf die im

Zeitler Maschinenfabrik in Zeitz eingeführt und weiter verbessert worden.

Die Tigler-Kniehebelpresse unterscheidet sich im wesentlichen von der alten Middleton-Detombaypresse durch die Anordnung von Doppelkniehebeln, wodurch der Druck auf die Brikettpresse wie bei der Couffinhalpresse gleichzeitig von oben und von unten ausgeübt wird. Außerdem ist statt des rotierenden Tisches ein feststehender Formtisch mit verschiebbarem Füllkasten vorhanden.

Die Kniehebelpressen eignen sich nur für größere Briketts von 3 kg aufwärts, wobei sie sich durch hohe Leistung (12 bis 20 t pro Stunde) auszeichnen, indem bei jedem Pressenhub eine Anzahl von drei bis acht Briketts gleichzeitig hergestellt werden können.

Die Konstruktion der neuen Tiglerpresse ist aus Fig. 15 ersichtlich. Der Antrieb erfolgt von

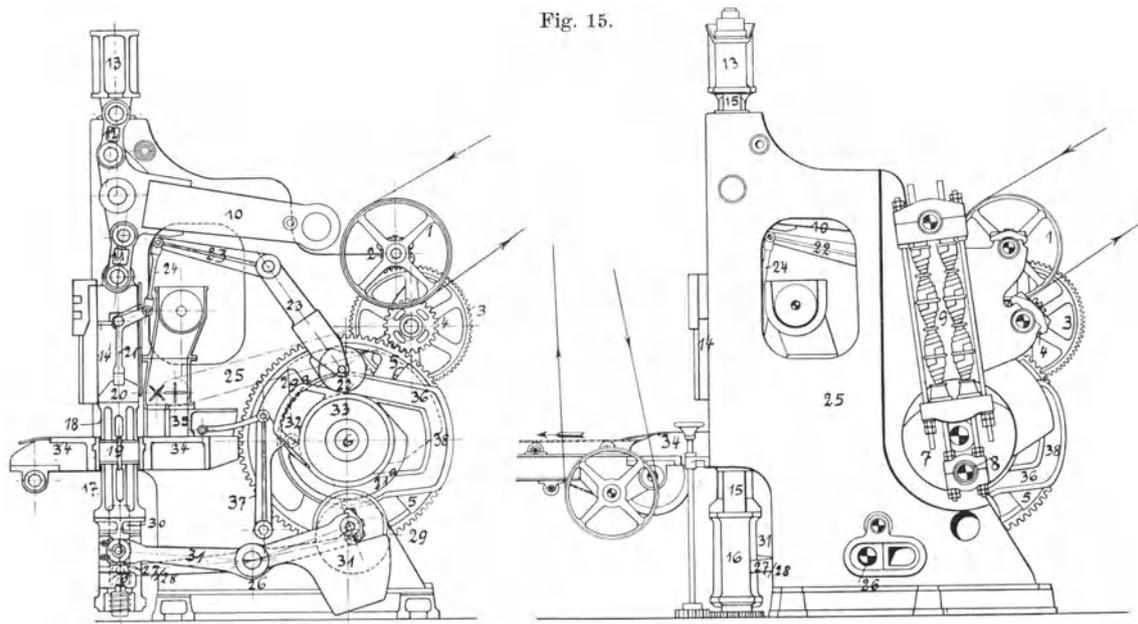


Fig. 15.

Brikettpresse Tigler.

selben Bande beschriebene und für die Herstellung kleiner eierförmiger Briketts namentlich im Westen Deutschlands noch teilweise angewandte Eierwalzenpresse verwiesen.

Neben diesen Maschinen älteren Systems haben neuerdings in der Steinkohlenbrikettfabrikation zwei weitere Systeme mit bestem Erfolg Anwendung gefunden, und zwar die Kniehebel- und die Revolverpresse. Erstere so genannt, weil durch das Durchdrücken eines kniegelenkartigen Stempels der Druck erzeugt wird, letztere, weil der Formtisch ähnlich einem Revolver in senkrechter Lage zur Antriebswelle drehbar angeordnet ist. Beide Pressen sind in den 1840er Jahren von dem Engländer Middleton in Leeds erfunden und nach von Detombay und Yeaton vorgenommenen Änderungen Ende der 90er Jahre in Deutschland durch die Maschinenfabriken Tigler in Duisburg-Meiderich und die

Riemenscheibe 1 aus durch ein Zahnradgetriebe 2 bis 5, welches eine Kurbelwelle 6 in Drehung versetzt. An jeder Seite der Welle ist eine Kurbelscheibe 7 aufgesetzt, deren Zapfen mit zwei gefederten Pleuelstangen 9 verbunden sind, welche dem Kniehebel 10 eine gleichmäßige auf- und abwärtsgehende Bewegung geben, die wiederum auf zwei kniehebelartig mit ihm verbundene Gelenkhebel 11 und 12 übertragen wird. Diese Gelenkhebel sind durch Bolzen mit dem in senkrechter Richtung beweglichen Querhaupt 13 und dem Stempelschlitten 14 verbunden. Die Hebung und Senkung des Querhauptes 13 wird durch kräftige Schraubenbolzen 15 auf das untere Querhaupt 16, welches den unteren Preßstempel 17 trägt, übertragen. Der Bolzen des unteren Kniehebelgelenkes 11 hebt den Stempelschlitten 14 in seinen zwischen dem Gestell befindlichen Führungen herab, wodurch

der an ihm befestigte obere Preßstempel 18 in die Preßform gedrückt wird. Gleichzeitig wird auch das untere Querhaupt 16 mittelst der Schraubenbolzen 15 gehoben und dadurch die untere Pressung bewirkt. Um nach erfolgter Pressung ein schnelles Heben des die oberen Preßstempel tragenden Druckstückes 20 zu ermöglichen, wird das Zwischenstück 21 durch eine auf Kurbelwelle 6 angebrachte unrunde Scheibe 21a, die den mit Rolle versehenen zweiarmigen Hebel 23 und die Zugstange 24 bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle entsprechend betätigt, ausgerückt. Die rasche Hebung des Druckstückes 20 mit Oberstempel 18 erfolgt dann durch die auf Achse 26 befestigten Hebelarme 27 und 28, welche von der unrunnen Scheibe 29a hochgedrückt werden; dem rasch sich hebenden Druckstück mit Oberstempel folgt im gleichen Tempo das untere Querhaupt 16 mit dem Druckstempel 17, welcher,

gehörige Rolle 29 einläuft und dadurch den Oberstempel eine abwärtsgehende Bewegung ausführen läßt, wodurch das im Füllkasten befindliche Material in die Preßform gedrückt wird. Sind die Formen gefüllt, dann wirkt die auf der Kurbelachse sitzende unrunde Scheibe wieder auf das Hebelwerk und das Druckstück 20, so daß dieses den Oberstempel 18 mit schlagender Geschwindigkeit in die Preßform fallen läßt. Gleichzeitig wird in ähnlicher Weise das Zwischenstück 21 zurückgeführt, worauf dann der Kniehebeldruck stattfindet, welcher den eigentlichen Preßdruck auf die Preßstempel 17 und 18 gleichzeitig und gleichstark wirken läßt.

Die Preßformen, sowie die Stempelplatten sind aus Phosphorbronze hergestellt, die einen wesentlich geringeren Verschleiß als die von Stahl ergeben haben und nach Abnutzung ihren Materialwert behalten.

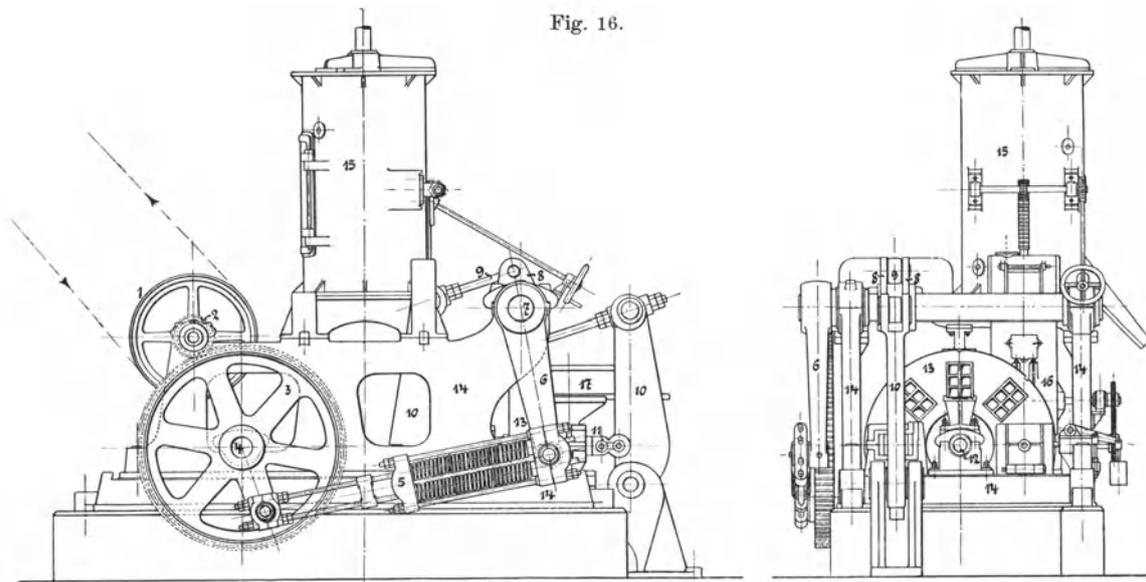


Fig. 16.

Revolver-Brikettpresse Busse-Tigler.

ähnlich wie vorstehend ausgeführt, durch Zusammenwirken von Hebel 31, Rolle 32 und unrunder Scheibe 33 gehoben und gesenkt wird.

Sobald der untere Preßstempel 17 so hoch gehoben ist, daß die fertigen Briketts mit dem Preßtisch 34 gleich liegen, wird der Füllkasten 35 durch die Kurvenschleife 36 mittels Rolle und Hebel 37 vorwärts bewegt und die Briketts vorgeschoben. In dem Augenblick, wo der Füllkasten über der Preßform 19 steht, geht das Querhaupt 16 mit dem Unterstempel 17 herunter, die Preßform ist wieder offen, so daß der Füllkasten darin entleert und dann zurückgezogen wird. Die Kurvenschleife 36 ist so konstruiert, daß der Füllkasten in vorgeschobener Stellung über der Preßform 19 eine Ruhepause macht. Die unrunde Scheibe 29a, welche das Druckstück 20 mit dem Oberstempel 18 betreibt, erhält am Umfange eine Vertiefung, in welche während der Ruhepause des Füllkastens die zu-

Die Federung der Kniehebel-Pleuelstangen hat den Zweck, bei entstehendem Überdruck in der Presse, sei es durch zu große Füllung im Formkasten oder bei Eindrängung von unnachgiebigen Fremdkörpern in die Formen, ausgleichend zu wirken, indem bei Beginn des Überdruckes eine Verlängerung der Pleuelstangen eintritt und Brüche usw. hierdurch vermieden werden.

Für die Herstellung von kleinen, namentlich für Hausbrandzwecke geeigneten 1 kg-Briketts hat sich die Zeitzer Revolverpresse, System Busse, die heute ebenfalls von der Firma Tigler mit weiteren Verbesserungen gebaut wird, gut bewährt. Die Konstruktion dieser Revolverpresse ist aus Fig. 16 ersichtlich. Der Antrieb erfolgt mittels Riemens bei 1, die Zahnräder 2 und 3 übertragen die Kraft auf die Kurbelachse 4, von wo aus die federnde Zugstange 5 die drehende Bewegung in eine schwingende Bewegung des Hebels 6 umwandelt.

Dieser Hebel ist mit der Welle 7 fest verbunden, durch welche wiederum der zweiarmige Hebel 8 und damit die durch Zugbolzen 9 verbundenen Preßhebel 10 bewegt werden, die an ihren unteren Enden drehbar gelagert sind und über den Drehpunkten die Preßstempel 11 tragen. Die dem Verschleiß stark unterliegende Gleitführung der Preßstempel im Stempelbock ist neuerdings mit einer Metallauskleidung versehen, deren oberer mit Stellschrauben versehener Teil ein der Abnutzung entsprechendes Nachstellen der Führung ermöglicht. Die ebenfalls aus Phosphorbronze hergestellten Preßformen sitzen in einer auf horizontaler Achse 12 angebrachten Revolverscheibe 13, die von der Kurbelachse aus durch Zwischenvorgelege in absatzweise Drehung versetzt wird. Auf dem Hauptrahmen 14, in welchem sämtliche Wellen und Achsen verlagert sind, ist das Knetwerk 15 aufmontiert, in welchem das Kohlenpechgemisch unter Einwirkung überhitzten Dampfes für die Pressung vorbereitet wird.

Der Preßvorgang ist folgender:

Das vom Knetwerk ausgetragene heiße Gemisch gelangt in den Stopferkasten 16, welcher unter dem Knetwerk angebracht ist. Ein Stopfstempel, welcher von der Hauptwelle hin und her bewegt wird, schiebt die Masse in die davorstehende Preßform der Revolverscheibe 13, die an dieser Stelle von außen durch ein Widerlager gedeckt ist. Durch entsprechende Einstellung des verstellbaren Hubes beim Stoßstempel wird bei diesem Vorgang eine gleichzeitige Vorpressung der Briketts vorgenommen. Die Revolverscheibe erfährt darauf eine absatzweise Drehung nach unten, bis die gefüllte Form zwischen den beiden Preßhebeln 10 angekommen ist. Die Pressung geschieht bei etwa 250 Atm. von beiden Seiten und zu gleicher Zeit.

Nach weiterer Drehung der Scheibe gelangt das fertig gepreßte Brikett vor den Ausstoßer, durch welchen es über die Ausstoßrinne 17 auf das Verladeband geschoben wird.

Zur Vorbereitung des Brikettgemisches für die Pressung dient ein bei jeder Presse heute vorhandenes Dampfknethwerk oder Malaxeur. Derselbe besteht aus einem zylinderförmigen Eisengefaß, das im Innern eine mit schraubenartig angeordneten Flügeln versehene Welle trägt, die das Kohlenpechgemisch fortwährend durchknetet, während durch den Mantel aus spiralförmig verteilten Düsen überhitzter Dampf einströmt, der das Gemisch bis zum Schmelzpunkt des Peches erhitzt. Es ist zweckmäßig, die Temperatur des Brikettgutes etwa 30° höher zu halten, da der für die innige Mischung in Frage kommende tropfbarflüssige Zustand des Peches um mehrere Grade höher liegt, als der für die Klassifizierung der Peche geltende Schmelzpunkt. Vorwiegend wird mittelhartes Pech mit einem Schmelzpunkt von 65 bis 70° für die Brikettierung verwendet. Die Anwendung einer genügend hohen Temperatur ist erforderlich für eine innige Verteilung der Bindemittel und die damit zusammenhängende wirtschaftliche Ausnutzung derselben.

Auf Zeche Holland 3 und 4 in Westfalen wird das Weichpech direkt aus der Teerdestillation im flüssigen Zustand und zwar an der Stelle, wo die Kohle vom Abstreichteller fällt, zugesetzt. Auf dem Brikettwerk Rheinau wird das ebenfalls flüssige Pech mit Hilfe eines Dampfstrahlgebläses in fein verteilter Form der Kohle zugesetzt. Bei diesen Verfahren kann der Pechzusatz infolge der innigen Verteilung entsprechend reduziert werden.

Das so vorbereitete Gut gelangt durch einen am Boden des Gefäßes mit Handrad einstellbaren Schieber durch den Verteiler in die Preßformen.

Trocknung und Erwärmung der Brikettkohlen bzw. des Brikettgemisches. Das Trocknen der in gewaschenem Zustand zur Brikettierung gelangenden Kohlen geschieht mittels Feuergasen oder mittels indirekten Dampfes. Die erstere Art ist die ältere und bisher fast allgemein bei dem Couffinhal-System angewandt worden, während die aus der Braunkohlenindustrie stammende Dampftrocknung hauptsächlich bei den Zeitzer- und Tiglerpressen angewandt worden ist.

Der mit Feuergasen betriebene, von Biatrix zuerst angewandte sogenannte Wärmeofen¹⁾ vertrat früher, wo die Kohlen meist ungewaschen brikettiert wurden, das heutige Knetwerk und ist dann später als Trockenofen für gewaschene Kohlen beibehalten worden, indem dieselben mit dem Pechgemisch in den Ofen gelangen.

Eine weit geringer aufmerksame Bedienung erfordert das Trocknen der Kohlen mit Dampf in sogenannten Dampftellertrockenöfen, die zuerst von der Zeitzer Maschinenfabrik für die Trocknung von Braunkohlen gebaut wurden.

Der von der Firma Tigler-Meiderich verbesserte Tellertrockenofen (Fig. 17) unterscheidet sich von dem ersteren zunächst in der Bauart der Teller, deren innerer Dampfraum mit einem nach der Peripherie geneigten Boden versehen ist, um ein Ansammeln von Kondenswasser und eine damit verbundene unvollkommene Ausnutzung des Dampfes zu vermeiden. Ferner tritt die Beförderung der Kohlen auf die einzelnen untereinander angeordneten Teller nicht durch ausgesparte Öffnungen, sondern wird abwechselnd über den äußeren und inneren Tellerrand bewerkstelligt. Die übereinander liegenden doppelwandigen Teller, deren Anzahl sich nach den zu verdampfenden Wassermengen richtet, haben einen Durchmesser von 5 m und lagern auf vier Säulen, von denen zwei für die Zuleitung des Dampfes und zwei für die Ableitung des Kondenswassers ausgebildet sind. Die zu jedem Teller führenden Abzweigsleitungen sind bei den unteren Tellern mit Ventilen versehen, um durch entsprechende Regulierung die Kohlen auf einem bestimmten Feuchtigkeits- und Wärmegrad halten zu können. Durch die Mitte des Apparates geht eine stehende Welle mit Rührarmen und Stahlblechschaufeln, welche von unten durch ein Zahnrad-

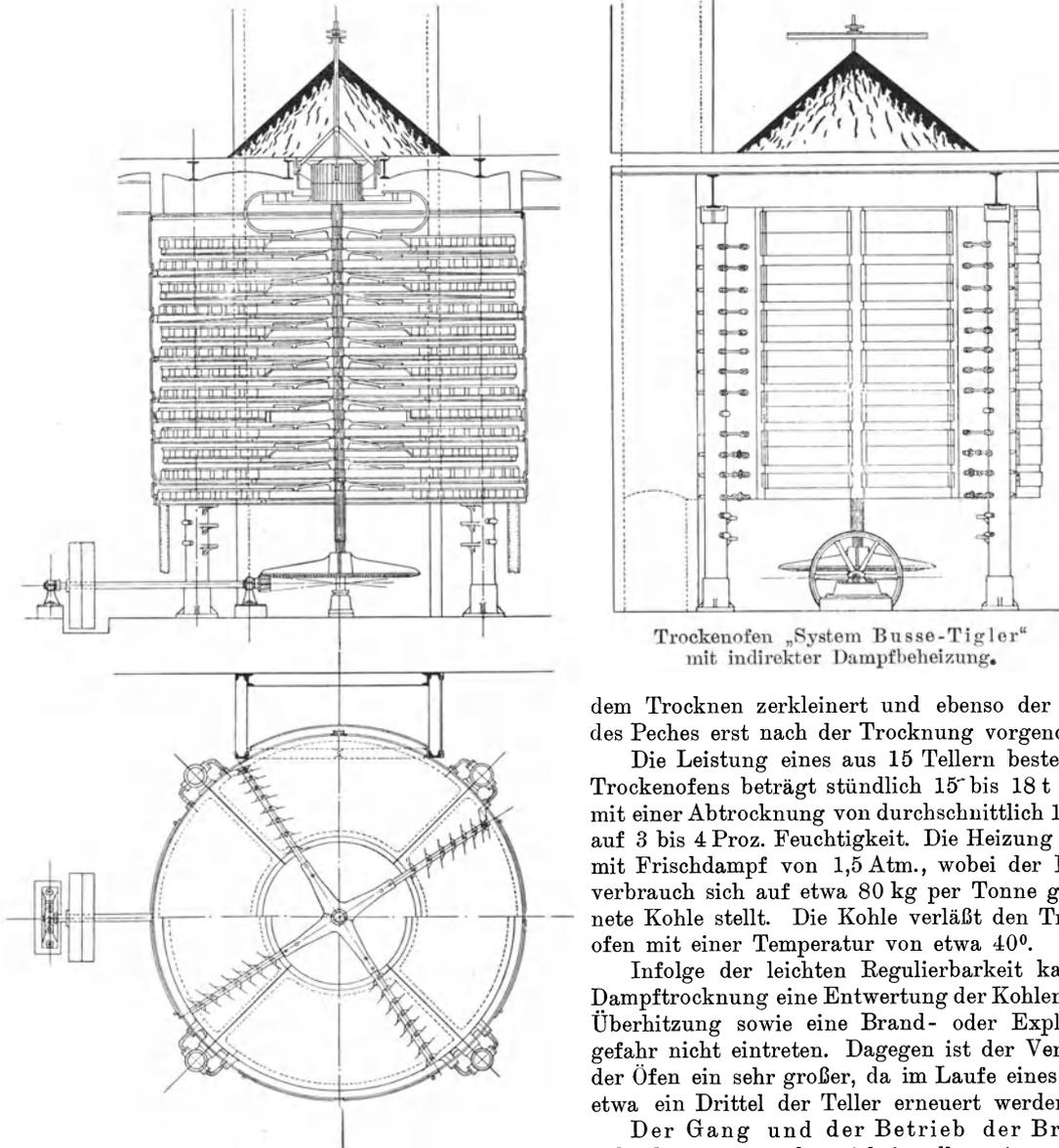
¹⁾ Siehe Muspratt 4, 583.

getriebe in Tätigkeit gesetzt wird. Der ganze Apparat ist mit einem Blechmantel versehen, welcher an einer Seite den Anschluß der einzelnen Teller an den Dunstschlot frei läßt. Die Kohle fällt aus dem Vorratstrichter durch eine oberhalb des ersten Tellers angebrachte Aufgabevorrichtung auf die Mitte des obersten Tellers und wird mittels des

das Material während des Betriebes an jeder Stelle des Apparates zu entnehmen und zu prüfen.

Die für die Telleröfen bestimmte Kohle darf nicht zu feinkörnig sein, weil durch das leichte Zusammenballen dieser Kohlen die Rührarme zu großen Widerstand finden und leicht abbrechen. Die Kohlen werden daher zweckmäßig erst nach

Fig. 17.



Trockenofen „System Busse-Tigler“
mit indirekter Dampfheizung.

dem Trocknen zerkleinert und ebenso der Zusatz des Peches erst nach der Trocknung vorgenommen.

Die Leistung eines aus 15 Tellern bestehenden Trockenofens beträgt stündlich 15 bis 18 t Kohlen mit einer Abtrocknung von durchschnittlich 12 Proz. auf 3 bis 4 Proz. Feuchtigkeit. Die Heizung erfolgt mit Frischdampf von 1,5 Atm., wobei der Dampfverbrauch sich auf etwa 80 kg per Tonne getrocknete Kohle stellt. Die Kohle verläßt den Trockenofen mit einer Temperatur von etwa 40°.

Infolge der leichten Regulierbarkeit kann bei Dampftrocknung eine Entwertung der Kohlen durch Überhitzung sowie eine Brand- oder Explosionsgefahr nicht eintreten. Dagegen ist der Verschleiß der Öfen ein sehr großer, da im Laufe eines Jahres etwa ein Drittel der Teller erneuert werden muß.

Der Gang und der Betrieb der Brikettfabrikation gestaltet sich im allgemeinen folgendermaßen:

Hauptsächlich findet die bei der Förderung fallende Flammkohle, im rohen oder gewaschenen Zustand, für die Herstellung von Briketts Verwendung. Die gewaschene Kohle wird in einer Korngröße von 0 bis 10 mm und mit einem Aschengehalt von 5,5 bis 6,5 Proz., sowie einer Feuchtigkeit von etwa 14 Proz. in Bunker gestapelt und

Rührwerkes in langer Schneckenlinie und in geringer Schicht nach der Peripherie des Tellers transportiert, wo sie auf den darunter liegenden Teller fällt. Hier beschreibt die Kohle denselben Weg in entgegengesetzter Richtung nach innen, wo sie über den inneren Tellerrand auf den nächsten Teller fällt usf. Der Blechmantel ist aus einzelnen Türfeldern zusammengesetzt, wodurch es möglich ist,

Schreiber, Aufbereitung, Verkokung und Brikettierung.

gelangt von hier nach etwa 24 stündiger Entwässerung mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 11 bis 12 Proz. in den Trockenofen. Die Kohle verläßt den Ofen mit einer Feuchtigkeit von 3,5 bis 4 Proz., die hinsichtlich Pechverbrauch und Festigkeit der Briketts die günstigste Norm bei der Brikettierung ergeben hat.

Das in Blöcken gelieferte Pech wird zunächst von Hand in Stücken von etwa 100 mm Korngröße zerschlagen und dann durch ein sogenanntes Pechknackwerk bis zu einer Korngröße von 25 bis 30 mm vorzerkleinert. Das Knackwerk besteht aus einer drehbaren Walze, auf der in versetzter Lage Messer angebracht sind, welche sich zwischen einem Stahlrost bewegen, auf dem das Pech von den kreisenden Messern zerschlagen wird und der den weiteren Zweck hat, eventuell vorhandene feste Beimengungen, wie Eisenteile usw., zurückzuhalten. Nach der Zerkleinerung gelangt das Pech in eine Mischschnecke, deren Austrag durch einen Schieber eingestellt werden kann.

Der Pechzusatz beträgt bei der Brikettierung je nach Beschaffenheit der Kohle 6 bis 10 Proz., und zwar ist der Pechverbrauch um so größer, je magerer, härter und feiner die Kohle ist.

Beim Tigler-System vereinigt sich in genauem Mischungsverhältnis mit dem Pech die aus dem Trockenofen kommende Kohle. Die Einstellung der richtigen Mischung geschieht bei der Kohle durch einen Verteilungstrichter, dessen trichterförmiger Boden oberhalb eines rotierenden runden Tisches, des sogenannten Abstreichtellers, mündet. Der Raum zwischen Teller und Trichtermündung kann durch einen um den Trichterhals angebrachten, nach oben und unten bewegbaren Ring eingestellt und damit die Auslaufmenge beliebig reguliert werden. Die so im richtigen Mengenverhältnis zum Pech ausgetragene Kohle gelangt mittels eines Abstreichers vom Teller in die Mischschnecke und von da mit dem Pech zur Schleudermühle, wo eine Zerkleinerung des Peches sowie eine weitere innige Mischung stattfindet. Durch das Schleudern wird die Kohle auf eine Korngröße von etwa 3 mm gebracht. Diese Korngröße hat sich bisher als die günstigste erwiesen, da bei größerer Feinheit ein entsprechend höherer Pechzusatz notwendig wurde. Das so gemischte Brikettgut nimmt dann seinen Weg zum Dampfknackwerk, wo es mittels überhitzten Dampfes die zum Pressen erforderliche Plastizität erhält.

Beim Couffinhal-System wird die gewaschene Kohle in einer Korngröße von 0 bis 12 mm, sowie einer Feuchtigkeit von durchschnittlich 13 Proz. aus dem Vorratsturm der Brikettanlage in einen Verteilungstrichter mit rotierendem Tisch abgezogen. Das durch ein Backenwerk vorgebrochene Pech wird durch ein Becherwerk auf die Schleudermühle

gehoben und auf dieser in Korngröße von 0 bis 1 mm gemahlen. Aus der Schleudermühle fällt das Pech in einen zweiten Verteilungstrichter mit ebenfalls rotierendem Tisch. In entsprechendem Verhältnis wird das Pech auf den Kohlentisch abgestrichen und mit der Kohle durch ein Becherwerk dem Wärmeofen zugeführt, wo die Kohle auf etwa 5 Proz. getrocknet und das Pech zum Schmelzen gebracht wird. Von dem rotierenden Tisch des Wärmeofens wird das Brikettgut in eine Schnecke abgestrichen, die es den Couffinhalpressen zuschraubt.

Am vorteilhaftesten arbeiten im allgemeinen die Pressen bei Herstellung größerer Briketts von 3 kg aufwärts, während kleinere durch Teilung der erhaltenen Formate infolge des in den Formen zu überwindenden höheren Reibungswiderstandes und des verhältnismäßig hohen Materialverschleißes bei geringerer Pressenleistung größere Herstellungskosten verursachen.

Im Inlande hat sich das 3 kg-Brikett am meisten eingeführt, das namentlich von den Eisenbahnen, die ungefähr 50 Proz. der gesamten Brikett-erzeugung aufnehmen, verlangt wird, während für die Marine, zwecks möglicher Ausnutzung der Stapelräume, Briketts von größerem Kaliber bis 11 kg hergestellt werden. Für Hausbrandzwecke haben sich besonders die handlichen, 350 bis 1000 g schweren Würfelbriketts eingeführt, während die Eierbriketts namentlich in Amerika vielfach zum Heizen von Füll- und Dauerbrandöfen verwendet werden.

Der Heizwert der aus Steinkohlenpech hergestellten Steinkohlenbriketts beträgt je nach dem Aschengehalt der verwendeten Kohle 6500 bis 7800 Cal.

Für die Versand- und Lagerfähigkeit spielt die Festigkeit der Briketts, der sogenannte Kohäsionsgrad, eine nicht unwesentliche Rolle. Bei der Kaiserlichen Werft wird derselbe in der Weise festgestellt, daß die Briketts zunächst in Stücke von 0,2 bis 0,5 kg zerschlagen und auf einem Sieb von 30 mm Maschenweite abgesiebt werden. Von diesen abgesiebten Stücken werden 50 kg in eine Blechtrommel gebracht, die 50 mal langsam umgedreht wird. Der auf diese Weise entstandene Abrieb wird auf dem 30 mm-Maschensieb entfernt. Der Rückstand ergibt in Prozent auf die angewandte Menge von 50 kg die Kohäsionsziffer. Dieselbe schwankt bei Steinkohlenbriketts zwischen 40 und 70 Proz.

Von den Steinkohlenbriketts erzeugenden und verbrauchenden Ländern steht das Deutsche Reich mit einer im Jahre 1912 festgestellten Produktion von 5 333 651 t, von denen 3 266 672 t auf den Selbstverbrauch fallen, an erster Stelle. Die gesamte Weltproduktion wird auf etwa 15 000 000 t eingeschätzt.

Verkokung der Steinkohle.

Die ersten Anfänge der Kokserzeugung, welche in England zu suchen sind, liegen ungefähr in der Mitte des 17. Jahrhunderts und schlossen sich der Herstellung der Holzkohle an, indem die Kohle, von der man nur die Stücke verwendete, in Meilern oder Haufen gesetzt, verkokt wurde. Neben der Meilerverkokung wurde in England in den 1760er Jahren auch schon Koks und zwar aus Kleinkohlen in geschlossenen Öfen hergestellt. Diese Öfen von etwa einer Tonne Inhalt hatten muffelartige Form von quadratischem Querschnitt und sind damals in England wohl in erster Linie zur Leuchtgasherstellung verwendet worden. Die belgische Hüttenindustrie führte diese Öfen für ihre Koksgewinnung ein, und auch in Deutschland haben dieselben in den 1780er Jahren vorübergehend in Anwendung gestanden¹⁾. Aus dem Muffelofen bildete sich der heute noch in Amerika viel verbreitete Bienenkorb-Ofen, der von England über Belgien etwa um das Jahr 1830 nach Deutschland eingeführt wurde. Während beim Bienenkorb-Ofen die Verkokung durch Verbrennung der Destillationsgase im Verkokungsraum selbst durch entsprechende Luftzuführung vor sich geht, finden wir bei dem im Jahre 1855 in Saarbrücken, Westfalen und Schlesien gebauten Appoltofen, dessen Kammer senkrecht und dessen Sohle durch eine Klapptür zum Entleeren der Kammer ersetzt war, die erste Anwendung der Beheizung durch Seitenkanäle.

Einen großen Fortschritt erhielt die Kokserzeugung durch die Anwendung der horizontalen Kammer. François und Rexroth waren die ersten, welche um die Mitte der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts horizontale Kammern mit vertikalen Heizzügen verwendet haben, die zur Erzielung einer gleichmäßigen Beheizung der Kammer durch weitgehendste Teilung der Hauptströme bis in die Neuzeit mustergültig geblieben sind. Das System François-Rexroth wurde von Coppée weiter ausgebildet, der von dem Grundsatz ausging, schmale und hohe Kammern zu bauen und diese in möglichst scharfe und ausgedehnte Berührung mit den Heizgasen zu bringen, was durch Verminderung der Steinstärke zwischen Kammer und Zügen, sowie durch Anbringung einer größeren Anzahl Vertikalzüge erreicht wurde.

Einen wichtigen Abschnitt in der Geschichte der Kokerei bildet das Jahr 1882, wo der für die Entwicklung unserer heutigen Destillationskokerei bahnbrechend gewesene Regenerativofen zum ersten

Male in Betrieb genommen wurde. Zwar hatten im Anfang der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts schon Knab und Carvès bei ihren Öfen in Frankreich gezeigt, daß man durch Kühlung und Waschung der Destillationsgase die wertvollen Bestandteile Teer und Ammoniak gewinnen konnte, welches Verfahren in Deutschland im Jahre 1881 in modifizierter Form durch Hüssener in Essen Verbreitung fand und weiter bei dem Ofensystem von Semet-Solvay, sowie bei der Ottoschen Modifikation des Coppéeofens zur Anwendung gelangte. Alle diese Ofensysteme mit Nebenproduktengewinnung litten jedoch mehr oder weniger an dem Übelstande, daß namentlich bei schwer backenden Kohlen die notwendige Verkokungstemperatur nicht immer erreicht wurde, und der Koks aus diesen Öfen gegenüber den Öfen ohne Nebengewinnung an Qualität zu wünschen übrig ließ. Diese für die Verwertung des Kokes in der Hüttenindustrie wichtige Frage wurde erst gelöst, als es Gustav Hoffmann im Jahre 1882 auf den schlesischen Kohlen- und Kokswerken in Gottesberg gelang, durch Bau von Regeneratoren große Wärmemengen aufzuspeichern, welche durch Vorwärmung der Verbrennungsluft nutzbar gemacht wurden und zu einer erheblichen Verbesserung und Mehrleistung der Koksofenheizung führten. Damit war der Weg für die Weiterentwicklung der Destillationskokerei geebnet, die dann namentlich durch die hervorragenden Verdienste des Dr. Karl Otto in Dahlhausen, welcher die Öfen nach weiteren Verbesserungen unter dem Namen Otto-Hoffmann-Öfen einführt, einen ungeahnten Aufschwung erfuhr. Bestrebungen, den pyrometrischen Effekt durch vollkommene Verbrennung der Gase bei der Ofenheizung auf das Maximum zu bringen und durch bessere Verteilung der Wärmemengen eine gleichmäßigere Beheizung und damit eine höhere Leistung des Ofens zu erzielen, führten dann zu den im folgenden näher beschriebenen Systemen, deren Namen mit der Entwicklung unseres heutigen Kokereistandes eng verknüpft sind.

Verkokungschemie. Die Verwendbarkeit einer Kohle zur Verkokung ist abhängig von der Schmelzbarkeit, d. h. von der Fähigkeit, beim Erhitzen in einen teigartigen Zustand überzugehen. Diese Backfähigkeit wird bedingt durch das Vorhandensein von Kohlenwasserstoffverbindungen, sogenannten Teerbildnern, die bei zunehmender Temperatur flüchtig werden und als Zersetzungsprodukt festen, graphitartig glänzenden Kohlenstoff abscheiden, der in

¹⁾ Schreiber, Kokereiindustrie Niederschlesiens.

molekularer Ablagerung die Muttersubstanz durchsetzt und umgibt und das Ganze kittend als Koks zusammenfügt. Die dem Koks eigene glasartige Härte wird auf flüssige Silikate zurückgeführt, die am Ende der Garungsperiode aus den mineralischen Bestandteilen der Kohlensubstanz entstehen und das Koksgebilde schmelzartig durchziehen¹⁾. Das praktische Ausbringen an Koks schwankt nach dem Gasgehalt der Kohle zwischen 68 bis 85 Proz.

Die Backkohlen geben einen großstückigen, kompakten Koks von dichtem Gefüge, wohingegen die backenden Sinterkohlen einen porösen Koks von rissiger, stengliger Struktur hinterlassen. Durch vorheriges Stampfen der Kohle wird die Porosität des Kokses reduziert und das Gefüge dichter. Ein Koks aus gestampfter Kokskohle ergab einen Porenraum von 39 Proz., während gute Backkohlen im ungestampften Zustand einen Koks mit einem Porenraum von 46 bis 53 Proz. ergeben²⁾. Auf die Rissigkeit hat das Stampfen keinen reduzierenden Einfluß, sondern erhöht dieselbe eher, da die gleiche Gasmenge auf ein geringeres Kohlenvolumen verteilt wird und bei der Entgasung auf dieses Volumen entsprechend mehr Schwindrisse entstehen müssen. Verkokungsversuche mit einem Zusatz von 10 bis 20 Proz. gasarmer Kohle oder feingemahlener Koksasche haben gezeigt, daß die Rissigkeit hierdurch vermindert werden kann. Eine weitere Eigentümlichkeit der backenden Sinterkohle ist die lange Stengelbildung auf der Sohle der Verkokungskammer. Diese Stengelbildung ist durch die fortschreitende Verkokung von der Sohle und den Seitenwänden der Ofenkammer aus zu erklären, und zwar werden die Stengel um so länger, je heißer die Ofensohle betrieben wird. Da der stenglige Koks infolge seiner leichten Zerbrechlichkeit und geringen Tragfähigkeit ebenso nachteilige Eigenschaften besitzt wie der rissige Koks, so wird man bei der Verkokung von backenden Sinterkohlen Öfen mit breiten Kammern und heißer Sohlenheizung meiden müssen.

Der Aschengehalt im Koks beträgt je nach dem Aschengehalt der zur Verkokung gelangten Kohle zwischen 7 und 12 Proz. Die Zusammensetzung der Asche eines westfälischen und niederschlesischen Kokses zeigt folgende Untersuchung:

	Asche in Prozenten aus	
	westfälischem Koks	niederschlesischem Koks
Si O ₂	30,38	30,07
Al ₂ O ₃	39,64	29,30
Fe ₂ O ₃	20,88	13,99
Ca O	3,54	7,62
Mg O	1,13	2,13
Alkali als K ₂ O	3,74	7,89
SO ₃	0,69	8,81
Mn ₃ O ₄	Spur	Spur
P ₂ O ₅	—	0,13

¹⁾ Stahl und Eisen 1913, S. 408; 1910, S. 1644. —
²⁾ Ebenda 1904, S. 446.

Entsprechend dem Aschengehalt schwankt der Heizwert von 7000 bis 7300 Kal.

Der Gesamtschwefel, welcher außer Bindung an Eisen und Kalk in Form von FeS₂, CaS und CaSO₄ zum größten Teil als organischer Schwefel im Koks vorhanden ist, schwankt im Gehalt von 0,8 bis 2 Proz. Der organische Schwefel, der bis 80 Proz. des im Koks vorhandenen Gesamtschwefels betragen kann, verhält sich bei der Verkokung analog dem in der Kohle vorhandenen Stickstoff, der ebenfalls in bisher unerklärter Form zum größten Teil im Koks zurückbleibt. Ein Teil des Sulfidschwefels wird beim Löschen des glühenden Kokskuchens mit Wasser als Schwefelwasserstoff entfernt: FeS + H₂O = FeO + H₂S. Bei schwefelreichem Koks zeigen sich nach kurzen Lagern an der Luft braune Flecken, deren Ränder in regenbogenfarbiger Tönung auslaufen.

Der Stickstoffgehalt schwankt im Koks zwischen 0,6 bis 0,9 Proz. Im allgemeinen kann man sagen, daß hohe Temperatur und schnelle Vergasung die Bildung von koksfixem Stickstoff fördert. Daher ist beispielsweise der Gasanstaltskoks reicher an Stickstoff als der Kokereikoks, und der Durchschnittsstickstoffgehalt im Kokereigas immer um einige Prozent höher als im Gasanstaltsgas. Die Verteilung des Gesamtstickstoffs und des Schwefels stellt sich nach Short¹⁾ bei der Verkokung einer Durham-Kokskohle von 76,4 Proz. Koks, 1,57 Proz. Stickstoff und 0,82 Proz. Schwefel wie folgt:

	Stickstoff	Schwefel
	Proz.	Proz.
Im Koks	43,31	72,53
Als Ammoniak bzw. Schwefelwasserstoff	15,16	24,00
Als Cyan bzw. Schwefelverbindungen	1,43	1,72
Im Teer	2,98	1,45
Frei	37,12	0,30

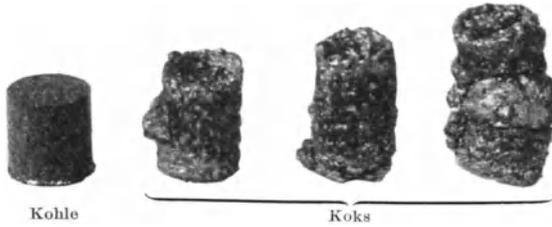
Über das Verhalten der Kohle im Ofen, die zum Schutz gegen zu schnelle Vergasung und für den Stampfbetrieb zum besseren Zusammenhaften mit etwa 12 Proz. Feuchtigkeit besetzt wird, sind von Hilgenstock eingehende Untersuchungen unternommen worden²⁾.

Nach Einbringen der Kohle in die heiße Ofenkammer tritt in der Berührungsschicht an den Wänden nach Verdampfung der in dieser Schicht vorhandenen Feuchtigkeit die Entgasung der Kohle ein. Die entstehenden Kohlenwasserstoffe, namentlich die Teerbildner, werden von der noch kühlen Nachbarschicht zu Teer verdichtet. Es entsteht eine fortschreitende Verkokungsnaht, eine teerige Masse, die auf der Wandseite erhitzt wird, auf der Innenseite aber vermöge der Wärmeabsorption durch die Verdampfung kühl, d. h. nicht über 100°

¹⁾ Journal Gaslight 1907, S. 97—99. — ²⁾ Gasjournal 1902, S. 617.

heiß ist, während die Wandschicht beispielsweise bereits 800° zeigt. Durch Probenahme aus dem Inneren eines besetzten Kohlenkuchens ist nachgewiesen worden, daß der Feuchtigkeitsgehalt der

Fig. 1.



Das Quellen verschiedener Arten von Koks-kohlen.

Kohle in den ersten Stunden um mehrere Prozent zunimmt, und daß ganz trocken eingebrachte Kohle eine Zeitlang aus dem chemisch gebundenen, etwa 5 Proz. betragenden Wassergehalt eine gewisse Feuchtigkeit aufnimmt.

hinterlassen. Der Druck, den derartige Kohlen infolge ihrer Ausdehnung auf die Kammerwandungen ausüben, ist bisweilen derartig, daß Deformationen der Wände durch Ausbauchung entstehen. Die treibende Wirkung steigt mit der Dichtigkeit des angewandten Kohlenvolumens. Damit der infolge des Treibens an den Wänden stark anhaftende Koks sich beim Ausstoßen leichter ablöst und Defekte der Wände durch gewaltsames Ausstoßen vermieden werden, müssen bei Verkokung von treibenden Kohlen die Kammern reichliche Konizität von 60 bis 100 mm erhalten. In Betrieben, wo die Kohle gestampft wird, muß außerdem die Breite des Kohlenkuchens entsprechend reduziert werden. Der Spielraum zwischen Kohlenkuchen und Wand wird zweckmäßig an der engsten Stelle der Kammer nicht unter 30 mm gehalten.

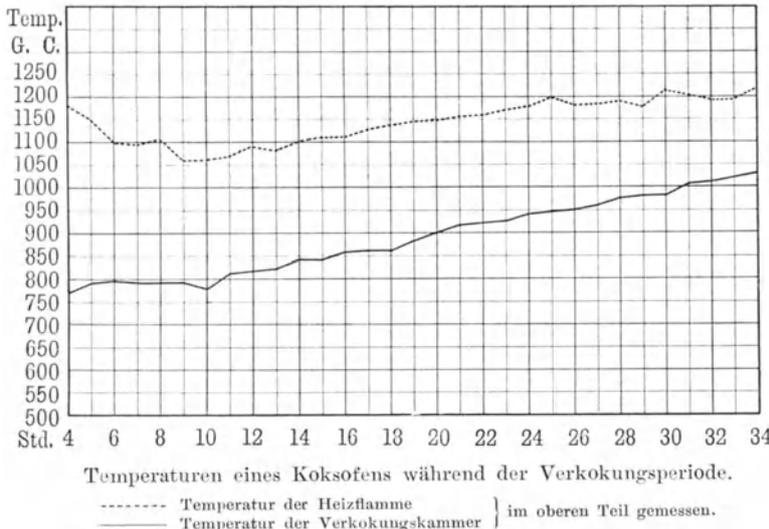
Verf. prüft das Treiben der Kohle an der Ausdehnung eines in Zylinderform gepreßten Kohlenkuchens, der ein bestimmtes Gewicht und Volumen hat und im Platintiegel verkokt wird. Fig. 1 zeigt das Treibmaß verschiedener Arten quellender Kohlen nach Verkokung eines aus je 1,5 g Kohlen hergestellten zylinderförmigen Kuchens von 11 mm Durchmesser. Eine andere Prüfung ist die Verkokung einer größeren Probe in einer Blechkiste, bei der die Ausbauchung der Wände ein Merkmal des Treibens darstellen.

Durch die Erhitzung der Kohle unter Luftabschluß findet ein stufenweiser Abbau der die Kohle bildenden Kohlenstoffverbindungen statt, und zwar um so weitgehender, je höher die angewandte Temperatur ist. Die hierbei stattfindende Vergasung stellt einen Vorgang der ständigen Wasserstoffabspaltung dar. Es entstehen zunächst die Kohlenwasserstoffe der Methanreihe $C_nH_{2n} + 2$,

dann diejenigen aus der Äthylenreihe C_nH_{2n} und bei zunehmender Temperatur die kohlenstoffreichen Verbindungen der aromatischen Reihe. Bei niedriger Temperatur werden also weniger beständige Gase und mehr methylierte Derivate (Toluol, Xylol, höhere Phenole) erzeugt, während bei höherer Temperatur mehr Gase und daneben mehr wirkliches Benzol, Naphthalin, Anthracen und mehr freier Kohlenstoff entstehen.

Die Temperatur der Verkokungskammer, im oberen Teil der abziehenden Gase gemessen, beträgt bei mäßig heißgehenden Öfen unmittelbar nach dem Besetzen etwa 600° und steigt bis zum Schluß der Garung um etwa 200 bis 250°. Bei heißgehenden Öfen betragen die Anfangs- und Endtemperaturen gegen 200° mehr. Fig. 2a und 2b zeigen den Verlauf der Temperaturkurve einer mäßig beheizten und einer wegen schwerbackender, gasarmer Kohle sehr heiß betriebenen Kammer.

Fig. 2a.



Durch die infolge des Feuchtigkeitsgehaltes schichtenweise nach der Mitte zuschreitende Ofentemperatur ist die große Stückbildung des Kokereikoks zu erklären, im Gegensatz zu dem von allen Seiten gleichmäßig schnell erhitzten Retortenkoks, indem im ersteren Fall die Teerbildner in verdichteter konzentrierter Form als Kittmasse in der Kohle erhalten werden, während bei schneller Erhitzung eine vorzeitige Verflüchtigung derselben stattfindet. Sind die Wände der Verkokungskammer gleichmäßig beheizt, so schreitet die Verkokung von beiden Seiten gleichmäßig nach der Mitte zu vor. An dieser Stelle bildet sich die Kokstrennungsnaht, die sich bei ungleichmäßig beheizten Wänden entsprechend aus der Mitte verschiebt.

Einige Kohlen haben die Eigenschaft, während des Erhitzens im Ofen zu „wachsen“ oder zu „treiben“, d. h. nach der Verkokung ein größeres Volumen als das zur Verkokung angewandte Kohlenvolumen zu

Die kondensierbaren Kohlenwasserstoffe werden durch Kühlung in Form einer schwarzen, zähflüssigen Masse, des Teeres, gewonnen, der einen Pechgehalt (Fraktion über 350°) von 50 bis 60 Proz. und ein spezifisches Gewicht von 1,1 bis 1,2 hat.

Die Teerentwicklung vollzieht sich in der Hauptsache zwischen 300 und 400° und ist bei 500° beendet. Der bis 450° sich bildende Teer, der sogenannte Primärteer, hat nach Börnstein ein geringes spezifisches Gewicht (0,95 bis 1,03) und einen geringen Pechgehalt von 7,5 bis 13,2 Proz., dafür einen hohen Gehalt an Phenolen (4 bis 28 Proz.), während Naphthalin-Anthracen, Thiophen, sowie freier Kohlenstoff fehlen, da diese Stoffe erst sekundär durch Überhitzung gebildet werden.

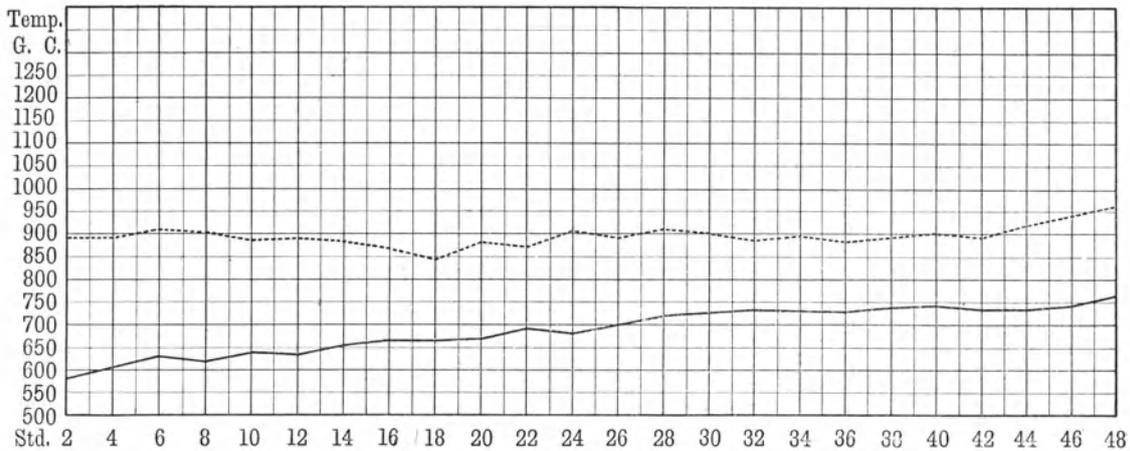
Untenstehende Tabelle zeigt die Zusammensetzung eines Teeres aus mäßig beheiztem Ofen und die Zusammensetzung eines Teeres aus heißgehender Kokskammer.

Das Teerausbringen der Kokskohlen schwankt zwischen 1,8 bis 4,0 Proz.

Das aus dem Stickstoffgehalt der Kohle stammende und bei der Verkokung bis durchschnittlich etwa zu einem Fünftel umgesetzte Ammoniak ergibt bei den verschiedenartigen Kokskohlen ein Ausbringen von 0,15 bis 0,35 Proz.

Der Verlauf der Ammoniakentwicklung im Koksofen während der Destillation ist aus der in Fig. 3 dargestellten Kurve einer Gasuntersuchung der Kokerei „Bahnschacht“ ersichtlich. Die Ammoniakentwicklung erreicht hiernach am Anfang des zweiten Drittels der Vergasungsperiode ihren Höhepunkt, und zwar vollzieht sich diese Entwicklung zwischen 500 und 700° und hält bis 800° an, wobei über 600° schon teilweise Zersetzung eintritt. Durch Zusatz von Wasserdampf und Kalk kann der Ammoniakgehalt bei der Destillation der Kohle erhöht werden¹⁾.

Fig. 2 b.



Temperaturen eines Koksofens während der Verkokungsperiode.

----- Temperatur der Heizkammer } im oberen Teil gemessen.
 ———— Temperatur der Verkokungskammer }

Steinkohlenteer bei der Verkokung von Kokskohlen aus:

	mäßig beheizter Kammer	heißgehender Kammer
Wasser	1,45 Proz.	2,70 Proz.
Freier Kohlenstoff . .	2,33 "	7,12 "
Viskosität bei 20° . .	17,75	94,4
Fraktionsbeginn . . .	etwa 100°	—
Fraktion bis 170° . .	2,0 Vol.-Proz.	—
" 170 bis 230° . .	14,0 "	—
" 230 " 270° . .	13,0 "	3,5 Vol.-Proz.
" 270 " 350° . .	20,5 "	32,0 "
" 350 " 380° . .	11,5 "	5,5 "
" über 380° . .	39,0 "	59,0 "
Naphthalin	2,65 Proz.	2,1 Proz.
Spez. Gew. bei 15° . .	1,14	1,19
Oberer Heizwert . . .	9093 WE	9045 WE
Unterer "	8744 "	8710 "
Flammpunkt, uncorr.	90°	125°
Brennpunkt, " . . .	120°	148°

Der Gehalt an Benzolkohlenwasserstoffen schwankt bei der Verkokung der Kohle zwischen 0,45 bis 1,2 Proz. Das Gasausbringen beträgt ebenfalls, je nach Art der Kohle, 250 bis 360 cbm bei 760 mm Barometerstand und 15°.

Von großem Einfluß auf die Ausbeute der Nebenprodukte ist die Geschwindigkeit der Entgasung, sowie die Größe der mit den abziehenden Gasen in Berührung kommenden Heizfläche, die eine Zersetzung der Produkte im Gefolge hat. Die Neigung zur Zersetzung steigt mit zunehmender Temperatur und Größe der feuerrumpulsten Berührungsfläche und steht quantitativ im umgekehrten Verhältnis zur Geschwindigkeit der abziehenden Gase.

Zur Ermittlung der in der Kohle vorhandenen und praktisch erzielbaren Mengen an Destillationsprodukten hat sich die von A. Bauer an

¹⁾ Gasjournal 1906, S. 925—929.

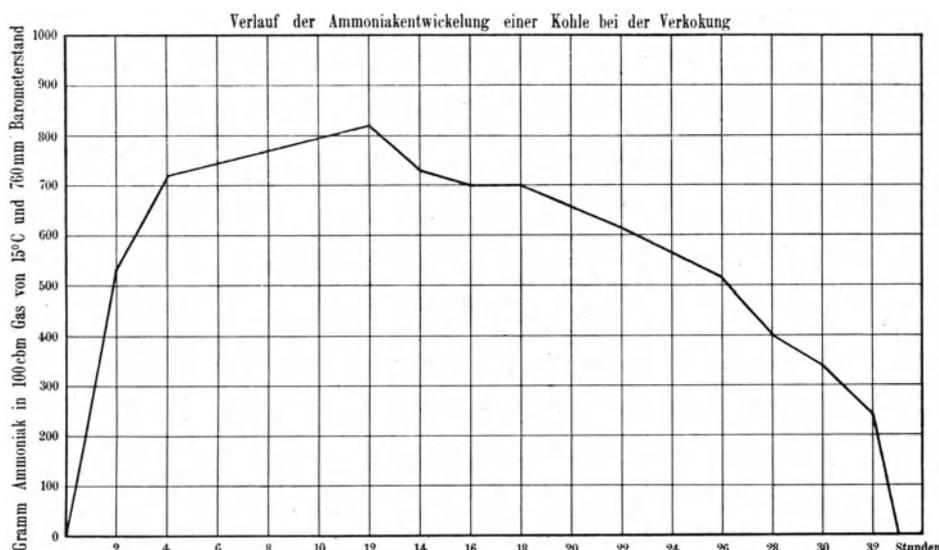
Hand praktischer Vergleichsresultate ausgearbeitete Kohlendestillationsmethode im schwer schmelzbaren Glasrohr mit vorgelegter Schicht Schamottekörner als sehr zweckmäßig erwiesen¹⁾. Bis auf den Teergehalt, von dem ein Teil bei der heißen Teerscheidung überdestilliert und der infolgedessen um einige Zehntel Prozent zu niedrig ausfällt, geben die Resultate ziemlich mit der Praxis übereinstimmende Werte.

Das aus schwer schmelzbarem Glas hergestellte, an einem Ende zugeschmolzene Verbrennungsrohr, das bei einer lichten Weite von 11 mm = 750 mm, bei 12 mm = 720 mm und bei 14 mm = 600 mm lang ist, erhält für die Destillation 15 bis 20 g auf etwa 0,5 mm feingeriebene Kohle, die von der vorgelegten 25 cm langen Schamotteschicht durch eine mittels Asbestpfropfens gebildete Luftisolierungsschicht von 3 cm getrennt liegt. Das Rohr steckt mit seinem offenen Ende in einem etwa 3 cm weiten

ring der Benzolkohlenwasserstoffe folgen dann zwei Geißlersche Fläschchen, die mit Paraffinum liquidum gefüllt sind und während des Versuches in Eis gekühlt werden. Die von Nebenprodukten befreiten Gase werden in eine mit Manometer und Thermometer versehene Saugflasche von etwa 8 Litern Inhalt mit einem Unterdruck von 50 mm Quecksilbersäule angesaugt, die ausgelaufenen Wassermengen gewogen und das so festgestellte Gasvolumen unter Berücksichtigung der Tension des Wasserdampfes auf 760 mm Barometerstand und 15° berechnet.

Der Verlauf der Destillation, die in einem Verbrennungssofen vorgenommen wird, gestaltet sich in der Weise, daß zuerst die Schamotteschicht bis zur Isolierschicht auf Rotglut von etwa 700 bis 800° gebracht und dann durch hintereinanderfolgendes Öffnen der Brenner, in Zwischenräumen von 20 bis 15 Minuten, die Kohle von der Isolierschicht aus

Fig. 3.



Rohr, das zur Filtrierung der teerhaltigen Gase mit Watte gefüllt ist und zur Austreibung etwaiger zurückgehaltener Mengen freien Ammoniaks in einem Wasserbad auf 100° erhitzt wird. Anschließend an das Teerrohr folgt zur Bindung des Ammoniaks ein in Wasser gekühltes, mit 5 ccm $\frac{n}{1}$ -Schwefelsäure gefülltes Geißlersches Absorptionsfläschchen, sowie eine mit Chlorcalcium gefüllte U-förmige Trockenröhre. Beide Apparate werden zur Feststellung des in der Kohle enthaltenen Hydratwassers vor und nach der Destillation zusammen gewogen. Zur Absorbierung der Kohlensäure, der Schwefel- und Cyanverbindungen folgen zwei Geißlersche Fläschchen mit Kalilauge 1:3, sowie eine mit Chlorcalcium gefüllte Trockenröhre, die mit den Fläschchen ebenfalls vor- und nachher gewogen wird. Zur Absorbie-

zur Entgasung gebracht wird, so, daß die Gasblasen gleichmäßig schnell, ohne Mitführung von Teernebel, durch die Absorptionsfläschchen streichen. Die Kohlschicht wird auf etwa 1000° getrieben und nach völliger Entgasung $\frac{3}{4}$ Stunden auf dieser Temperatur gehalten. Aus dem vor und nach der Destillation festgestellten Gewicht des gefüllten Destillationsrohres ergibt sich nach Abzug der am Rohrausgang anhaftenden Teerrückstände, die durch vorheriges und nachheriges Wiegen des entsprechend abgeschnittenen und gereinigten Glasrohrendes bestimmt werden, das Koks ausbringen.

Das mit Watte gefüllte Teerrohr wird nach dem Trocknen auf 100° gewogen und das in demselben zurückgebliebene gebundene Ammoniak durch Auswaschen mit heißem Wasser entfernt. Durch Zurücktitrieren der bei der Kohlendestillation angewandten Säuremengen erhält man das flüchtige Ammoniak, das mit dem ausgewaschenen und dann abdestil-

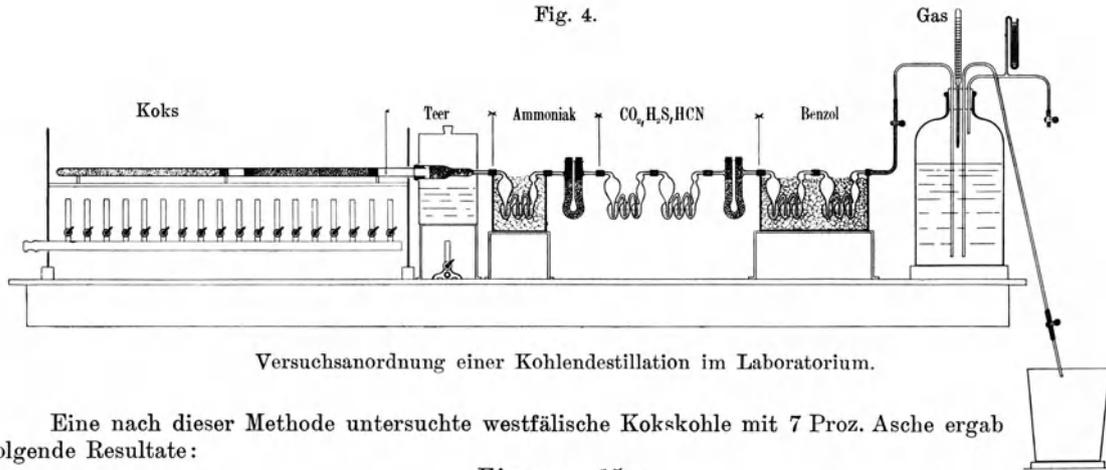
¹⁾ Bauer, Beiträge zur Chemie der sogenannten trockenen Destillation der Steinkohle, Dissertation 1908, Rostock.

lierten fixen Ammoniak das Gesamtausbringen an Ammoniak ergibt.

Der im Kaliapparat absorbierte Schwefelwasserstoff wird unter Zusatz von konzentrierter Salzsäure und Stärkelösung durch Titration mit $\frac{1}{10}$ -Jodlösung bestimmt. — Die Gewichtszunahme der nach Durchleiten von Luft von den Destillationsgasen befreiten Paraffinfläschchen ergibt das Ausbringen an Benzolkohlenwasserstoffen. Die Anordnung der Destillation zeigt Fig. 4.

Da 1 cbm H_2 bei 0° und 760 mm B. = 2570 WE, 1 cbm CH_4 = 8562 WE, 1 cbm C_mH_n (als C_2H_4) = 13940 WE und 1 cbm CO = 3052 WE bei Verbrennung zu Wasserdampf und Kohlensäure liefern, so lassen sich aus den jeweilig gefundenen Vol.-Proz. die Wärmemengen des betreffenden Gases berechnen. Der so gefundene Heizwert stellt den unteren Heizwert bei 0° und 760 mm B. dar. Derselbe beträgt bei den vorstehenden luftfreien Gasen 4926 WE.

Fig. 4.



Eine nach dieser Methode untersuchte westfälische Koks-kohle mit 7 Proz. Asche ergab folgende Resultate:

Einwage 15 g.

	g	Proz.	cbm	
Koks	11,01	73,4	—	Ammoniak: Flüchtig 0,317 Proz. Gebunden 0,033 „ Summe 0,350 Proz. = 1,36 „ Sulfat
Flüchtig	3,99	26,6	—	
Teer	0,5648	3,76	—	
NH ₃ -Wasser	1,2596	8,39	—	
CO ₂	0,2400	1,60	0,81	
H ₂ S	0,0433	0,29	0,19	
Benzolkohlenwasserstoffe	0,1283	0,85	0,24	
Summe	2,2360	14,89	1,24 cbm pro 100 kg gleich 12,40 cbm pro Tonne.	
Gas (aus der Differenz)	1,7540	11,71		

Gasberechnung.

Gefundenes Gasvolumen	4,85 Liter
Abgelesene Gastemperatur	18 ^o C
Abgelesener Gasdruck	— 45 mm Quecksilbersäule
Abgelesener Barometerstand <i>B</i>	762 „ „
Auf 0 ^o C reduzierter Barometerstand <i>B</i> ₀ = 762 — 2	760 „ „
Tension des Wasserdampfes bei 18 ^o C und <i>B</i> ₀	15 „ „
Somit <i>P</i> bei 0 ^o = 760 — (45 — 15)	700 „ „
Reduktionsfaktor bei 18 ^o C und 700 mm <i>B</i> ₀	0,8641
Somit reduziertes Gasvolumen bei 0 ^o C = 4,85 × 0,8641	279,3 cbm pro Tonne
<i>V</i> bei 15 ^o C = <i>V</i> ₀ (1 + 0,00367 <i>t</i>)	298,6 „ „ „
Gesamtausbringen bei Anlage ohne Benzolgewinnung <i>V</i> ₁₅ = 298,6 + 12,4	311,0 „ „ „ trockene Kohle.

Zusammensetzung und Heizwert des Gases.

	Vol.-Proz.	Luftfrei	Heizgas
Luft	12,4	—	—
N ₂	3,5	4,0	—
CO ₂	1,1	1,1	—
H ₂	44,3	50,8	53,5
CH ₄	28,1	32,0	33,9
C _m H _n	4,1	4,7	4,8
CO	6,5	7,4	7,8

Verkokungstechnik, betriebliche Untersuchungen.

Die Verkokungstechnik hat in den letzten Jahren einen bedeutenden Aufschwung erfahren, der sich neben der leistungsfähigeren Ausgestaltung der Koksöfen vornehmlich auch in der weiteren Entwicklung der Gewinnung der Destillationsprodukte, sowie in der besseren Ausnutzung und Verwertung der Gase kundgibt.

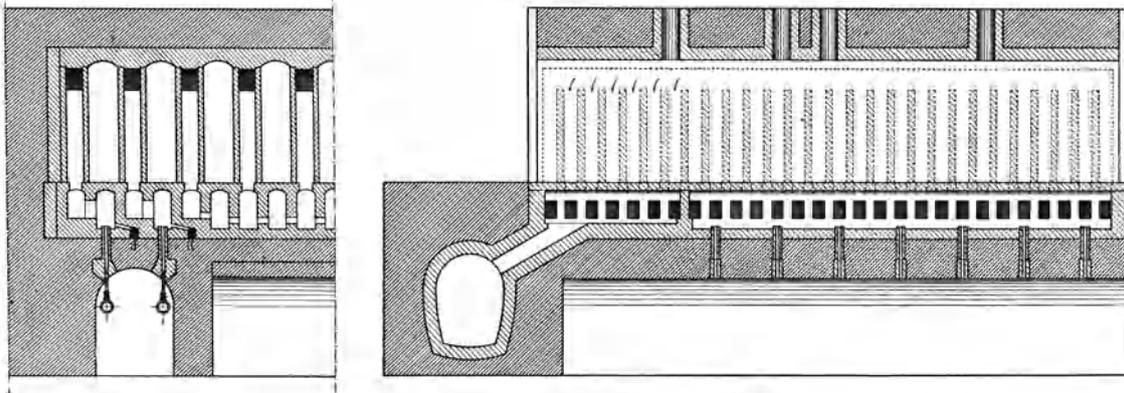
Bei den Koksöfen erstrecken sich die Hauptbestrebungen auf eine gleichmäßige und ökonomische Beheizung der Kammern durch bessere Verteilung und vollkommeneren Verbrennung der Heizgase. Das Hauptverdienst an der Lösung dieser Frage gebührt in erster Linie der Firma Dr. Otto in Dahlhausen durch ihren im Jahre 1896 auf den Markt gekommenen Unterbrennerofen. Bestrebungen, durch bessere Verteilung der Wärmemengen eine gleichmäßigere Beheizung und damit eine höhere Leistung des Ofens zu erzielen, veranlaßten Otto im Jahre 1895 zu einer Abänderung des Otto-Hoffmann-Ofens dahin, daß die Gasführung unterhalb der Kammersohle durch sieben Verteilungsröhrchen erfolgte, die ihre Verbrennungsluft durch seitlich im Mauerwerk ausgesparte Kanälchen erhielten (s. Fig. 5). Der Regenerator fiel fort und die Teilung der aus 28 Heizzügen bestehenden Hoffmann-Kammer wurde von der Mitte in den 21. und 22. Heizzug verlegt.

eines großen Bunsenbrenners, bei dem die zur Verbrennung dienende Primärluft durch verstellbare Öffnungen im Rohr und die Sekundärluft durch den zur Aufnahme des Brenners bestimmten Brennerkanal angesaugt wird.

Um eine bessere Verteilung der Heizgase zu erreichen, hat man die Trennungswände der Vertikalzüge bis an die Mündung der Brenner gelegt. Die Absaugung der Abhitze geschieht durch den zweiten und dritten Heizzug, während der erste Zug mit einem besonderen Brenner versehen worden ist, um ein besseres Ausgaren des Kokes an diesen durch Außenstrahlung ohnehin kühler gehenden Stellen zu bewirken.

Die Ottoschen Unterbrenneröfen wurden bis zum Jahre 1905 nur für Abhitze gebaut, d. h. die bei der Verbrennung entstehenden überschüssigen Gasmengen wurden zur Erzeugung von Dampf unter die Kessel geleitet. Um keine großen Ver-

Fig. 5.



Der erste Unterbrenner-Versuchsofen, erbaut im Jahre 1895 auf der Versuchsanlage der Firma Dr. Otto u. Co. in Dahlhausen a. d. Ruhr.

Das Heizgas kam aber erst zur Wirkung und brachte den gewünschten Erfolg, als die Brenner in Bunsenbrenner umgeändert wurden, deren Verlegung wegen Schmelzung der Sohle unter die Heizwand erfolgte, bei der dann statt sieben nur drei Züge für die abfallende Abhitze verwendet wurden. So entstand auf der Versuchsanlage in Dahlhausen der Otto-Unterbrennerofen, der im Jahre 1896 in fünf Exemplaren zuerst auf der Halbergerhütte in Brebach erbaut wurde und seit der Zeit den Otto-Hoffmann-Ofen überholt und vom Markt verdrängt hat.

Die Bauart der Unterbrenneröfen unterscheidet sich von den bisherigen Horizontalkammeröfen durch den Unterbau, der aus überwölbten, begehbaren Gängen besteht, in denen die Gaszuführungsleitung mit den in die Heizkanäle mündenden Brennern liegt. Die Brenner, deren Anzahl man zur Steigerung der gleichmäßigen Beheizung mit der Zeit erhöhte, und von denen jetzt für jede Kammer 16 Stück vorgesehen sind, haben die Form

Schreiber, Aufbereitung, Verkokung und Brikettierung.

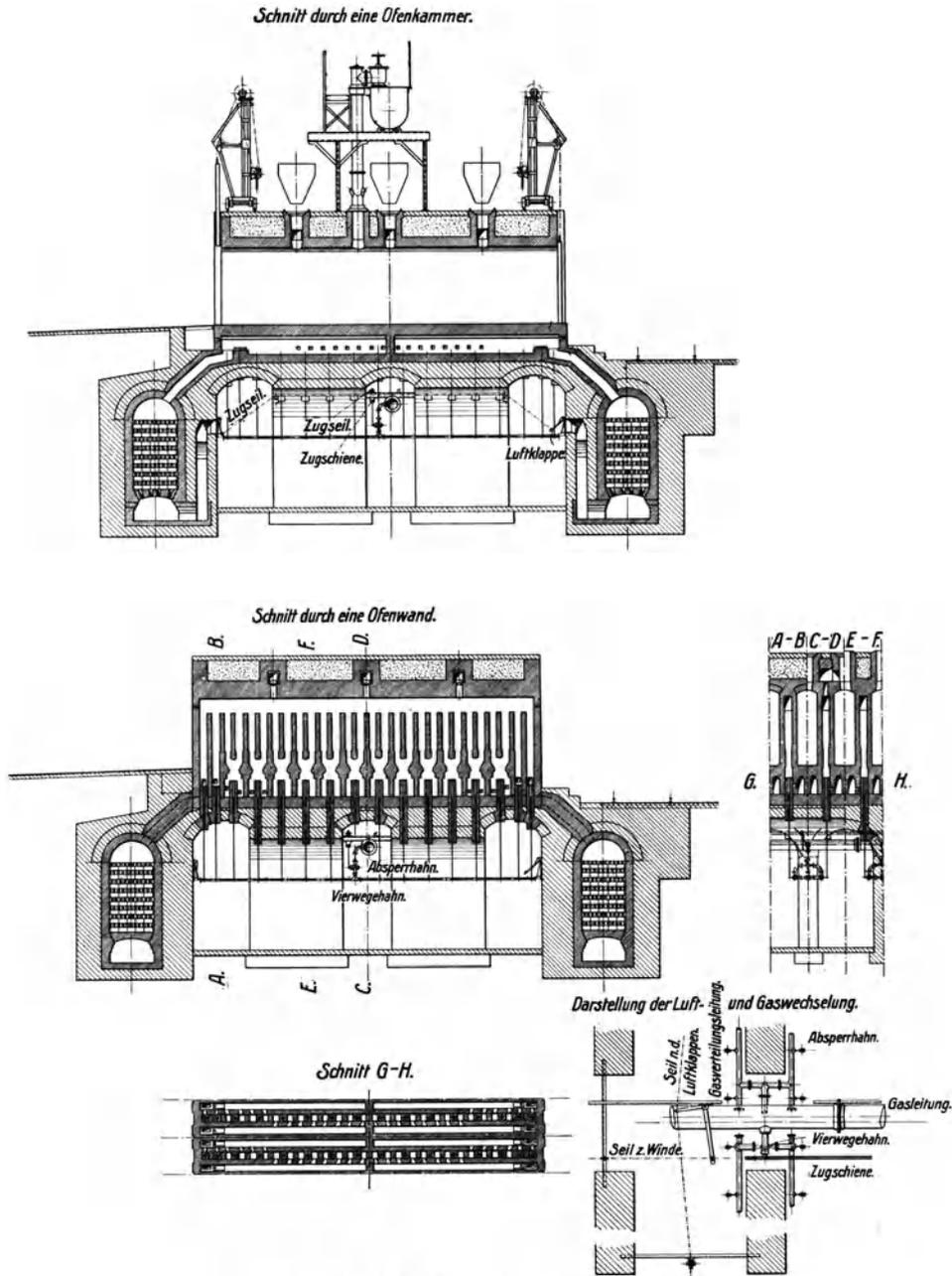
luste der Abhitze durch Strahlung zu erhalten, muß die Kesselanlage zweckmäßig in unmittelbarer Nähe der Ofengruppe angelegt werden. Die inzwischen eingetretene und immer stärker werdende Nachfrage für das Gas zu Kraft- und Beleuchtungszwecken, sowie die öfter Schwierigkeiten bereitende Platzfrage zur Unterbringung der Kesselanlagen in unmittelbarer Nähe der Öfen veranlaßten die Firma, ihren bisher vertretenen Standpunkt der ausschließlichen Gewinnung von Abhitze zu verlassen und auch zur Regenerierung der Abhitze überzugehen.

Eine nennenswerte Verbesserung bildet bei den neuen Ottoschen Unterbrenner-Regenerativöfen (s. Fig. 6) die Ableitung der bisweilen unerträglichen Hitze aus den unterhalb der Ofenkammern liegenden begehbaren Düsenräumen. Man hat dies in der Weise erreicht, daß die den Düsenräumen zugekehrte Abschlußwand der Regeneratoren mit einer Anzahl Luftschächte versehen ist, durch die aus einer Höhe von etwa 2 m die heiße Luft aus den Innenräumen

in den unterhalb des Regenerators liegenden Verteilungskanal angesaugt wird. Es findet auf diese Weise eine wirtschaftliche Ausnutzung der ausgestrahlten Wärmemengen unter gleichzeitiger Zu-

geordneten, dicht schließbaren Deckeln versehen, mittels deren halbstündlich, je nach den Temperaturverhältnissen, die wechselseitige Umstellung der Luft vorgenommen wird.

Fig. 6.



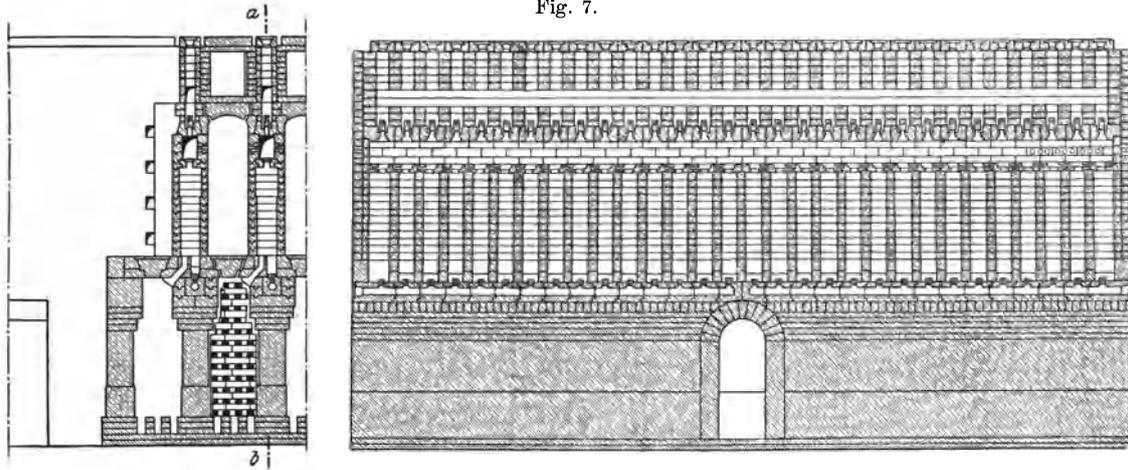
Otto'scher Unterbrenner-Regenerativofen.

führung frischer Außenluft für die in den unteren Räumen arbeitenden Düsenwärter statt. Die Verbesserung wird wesentlich dadurch gefördert, daß die unteren Räume hoch gehalten sind (3 bzw. 3,5 m) und die heiße Luft oberhalb Manneshöhe abgesaugt wird. Die Einfallöffnungen sind mit schräg an-

Die Umstellung von Gas und Luft erfolgt gleichzeitig von einer im Mittelgang angebrachten Führungsstange aus, die von einer Handwinde mittels Drahtseils betätigt wird, und an der sowohl die Arme zum Öffnen und Schließen der Gas- hähne als auch die Winkelhebel zum Öffnen und

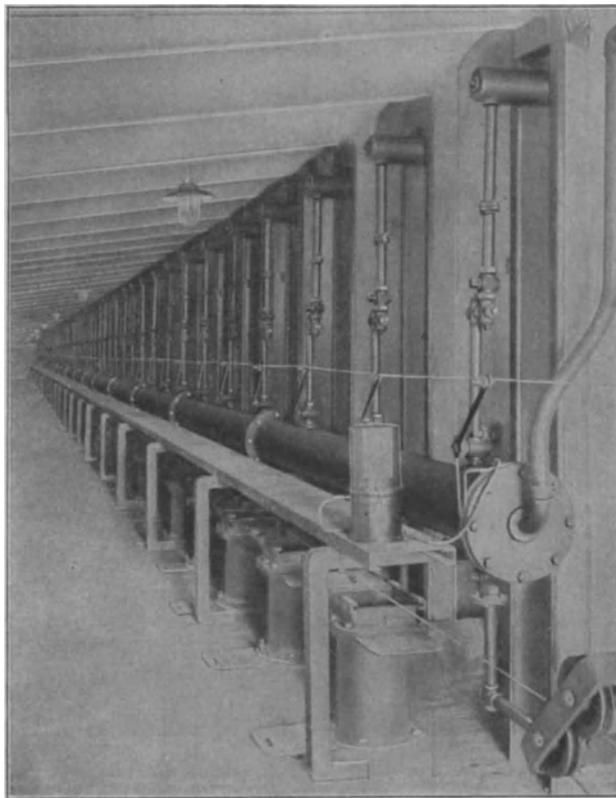
Schließen der mittels Zugseils bedienten Luftklappe befestigt sind. Die Gasverteilung auf die Düsen geschieht von der im Mittelgang untergebrachten und zwar abwechselnd beim Umstellen einmal die der vorderen und das andere Mal die der hinteren Kammerhälfte.

Fig. 7.



Kopperscher Regenerativofen.

Fig. 8.



Düsenkanal einer Kopperschen Regenerativofen-Gruppe.

Hauptleitung aus in der Weise, daß durch einen im Abzweig vorgesehenen Vierwegehahn die Düsenleitungen für je zwei Heizzüge bedient werden,

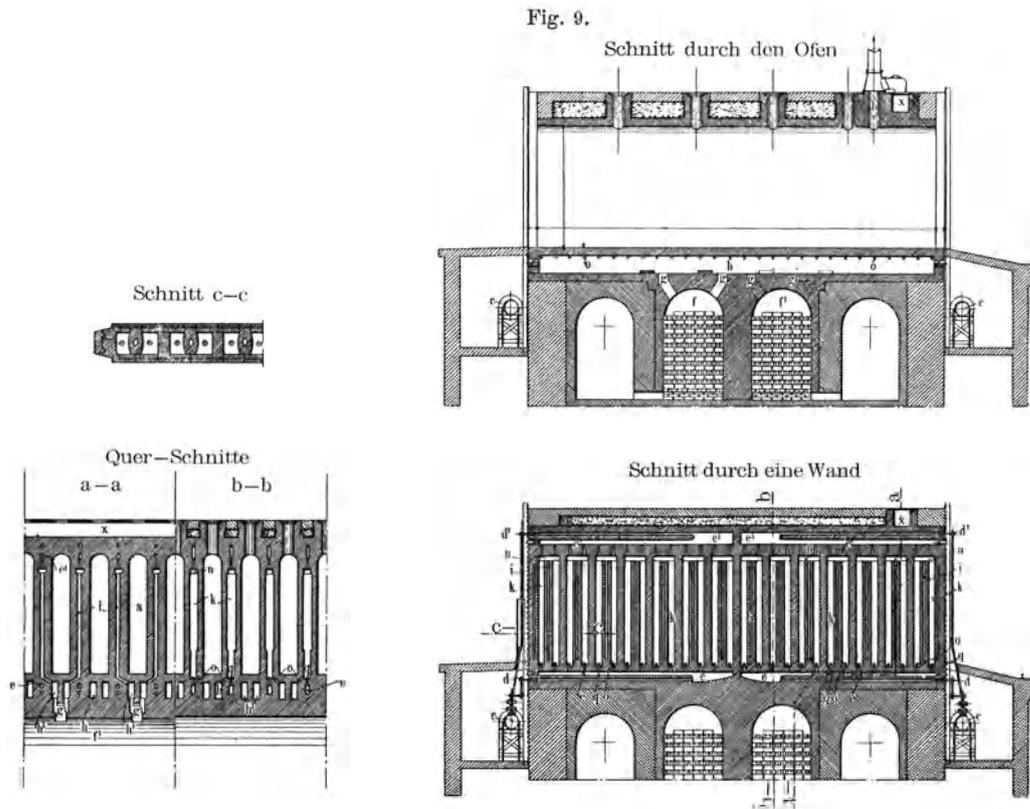
Das Koppersche System unterscheidet sich von dem Ottoschen Unterbrennerofen in der weitgehenden Verteilung der Gasmengen auf 32 Düsen, die von oben durch die Ofendecke zugänglich sind. Dadurch ferner, daß jeder Heizzug mit einem verstellbaren Schieber versehen ist (s. Fig. 7), kann die Verbrennung eines jeden Heizzuges reguliert und damit eine äußerst gleichmäßige Beheizung der Ofenwand erreicht werden. Das zur Verbrennung dienende Gas wird den Öfen durch eine regulierbare Düsenleitung zugeführt, welche in einem unterhalb der Ofensohle an den beiden Enden der Kammer liegenden begehbaren Raum untergebracht ist. Das Verbrennungsgas gelangt von hier in einen unterhalb der Vertikalabzüge liegenden Kanal, der bei jedem Heizzug an der Oberfläche den Sitz einer herausnehmbaren Schamottedüse trägt, durch welche das Gas ausströmt und mit der seitlich aus dem Sohlkanal austretenden Luft verbrennt. Während bei den ersten Regenerativöfen die Wärmespeicher nach der Hoffmannschen Konstruktion am Ende der Kammer und in der Längsrichtung der Ofengruppe angebracht waren, hat Koppers bei den neueren Öfen den ganzen Raum unterhalb der Ofenkammer zur Regenerierung der Abhitze ausgenützt. Er hat somit jedem Ofen seinen besonderen Regenerator gegeben, der in der Mitte durch einen Kanal mit kräftigem Gewölbe in zwei Hälften geteilt ist und gleichzeitig als Stützpfeiler der Ofensohle dienen soll. Die Verbindung eines jeden Regenerators einmal mit dem Abzugskanal am Kamin, das andere Mal mit der zuströmenden Verbrennungsluft geschieht mittels eines gußeisernen Kniestückes, das in seinem

oberen Teil einen verstellbaren Schieber zur Regulierung der Luft und in seinem unteren Teil einen gleichartigen Schieber zur Regulierung des Kaminzuges für die Abhitze besitzt (s. Fig. 8). Diese Anordnung befindet sich an beiden Enden der Ofenkammer. Die Schieber sowie die Hähne der Düsenleitung sind mit einer Zugstange aus dünnem Rohr verbunden, mittels welcher alle halbe Stunden die Reversierung in der Weise erfolgt, daß auf der einen Seite der Luft- und Gasschieber sich öffnet, während auf der anderen Seite der umgekehrte Fall eintritt.

Bei dem Koksofensystem von Collin (s. Fig. 9) geschieht die Gasverteilung durch seitlich der Ofen-

Die Verbrennungsluft kommt das eine Mal aus dem Regenerator f durch Kanal g in die Ofensohlkanäle h , von welchen aus für jeden Wandkanal / eine Verbindung o vorgesehen ist, das andere Mal aus dem Regenerator f durch Kanal g in die Ofensohlkanäle h . Von hier aus gelangt die Luft durch den in jedem zweiten Binder vorgesehenen Verbindungskanal i in den oberen Teil der Heizwand n , wo sie mit den von oben eingeführten Gasen zusammen trifft. Die Verbrennungsprodukte fallen durch Kanal k in den Regenerator.

Bei aufwärts gehender Beheizung steigen Luft und Gas durch die Düsen g und o , und die nach Zusammentreffen erzeugten Flammen in den Wand-



Regenerativofen „Bauart Collin“.

kammer angebrachte übereinanderliegende Rohre, von denen jedes Rohr gleichzeitig mehrere Heizzüge versorgt. Charakteristisch ist bei diesem Regenerativsystem die Einrichtung der Zugumkehr, die nicht wie bei den bisher beschriebenen Systemen in der Längsrichtung der Öfen, also von einer Ofenhälfte zur anderen, vor sich geht, sondern in verschiedener Zeitabständen in senkrechter Richtung einmal von unten nach oben, das andere Mal von oben nach unten vorgenommen wird. Das Heizgas gelangt zu diesem Zweck abwechselnd durch die Gasröhren d bzw. d_1 von den beiden Ofenseiten gleichzeitig entweder in die unteren Gasverteilungsräume e oder in die oberen Verteilungsräume e_1 .

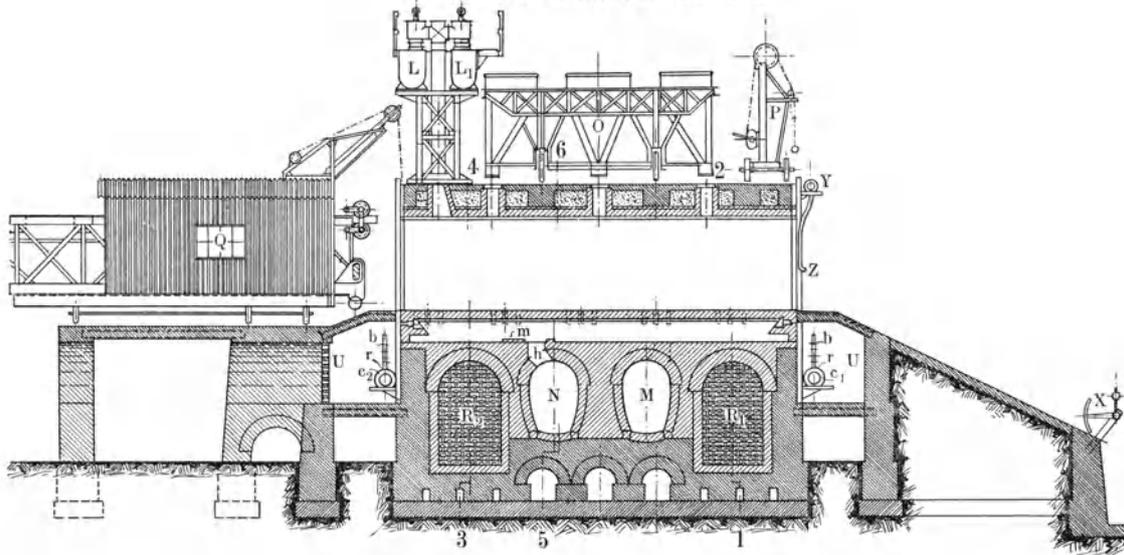
kanälen K hoch bis in die Räume n , von wo das verbrannte Gas durch die in den Bindern ausgesparten Kanälchen i zu den Sohlkanälen h und in den Regenerator f abgeführt wird.

Die Heizung im oberen Teil des Ofens verstößt gegen die allgemeine Regel, wonach die Temperatur der Kammer nach oben zu abfallen soll, um die im oberen Teil der Kammer entweichenden Destillationsprodukte vor Überhitzung und damit verbundener Zersetzung zu schützen und dem Ofen keine unnützen Wärmemengen mit den entweichenden Gasen zu entziehen.

Weiter gibt es noch eine Anzahl Regenerativsysteme, die alle auf das Endziel hinauslaufen, die

Fig. 10.

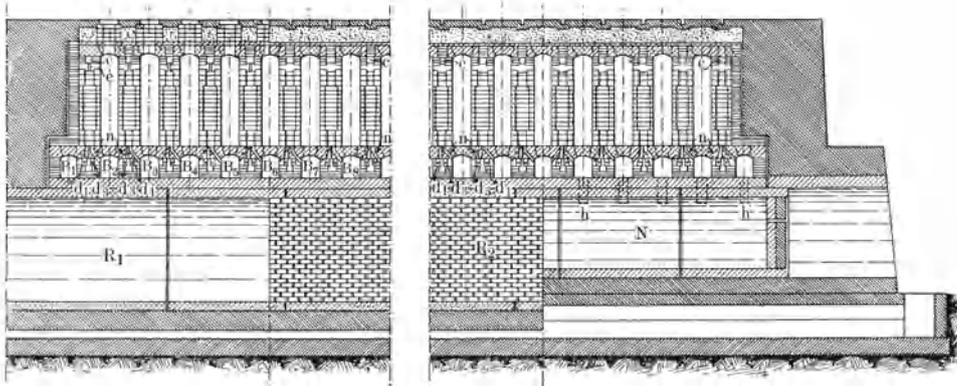
Schnitt durch die Ofenkammer



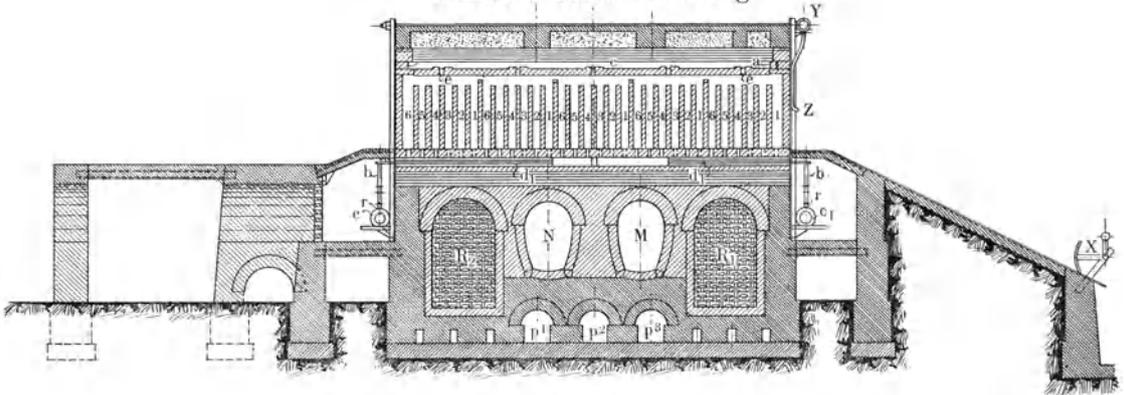
Schnitt 1-2

Schnitt 3-4

Schnitt 5-6



Schnitt durch den Heizzug

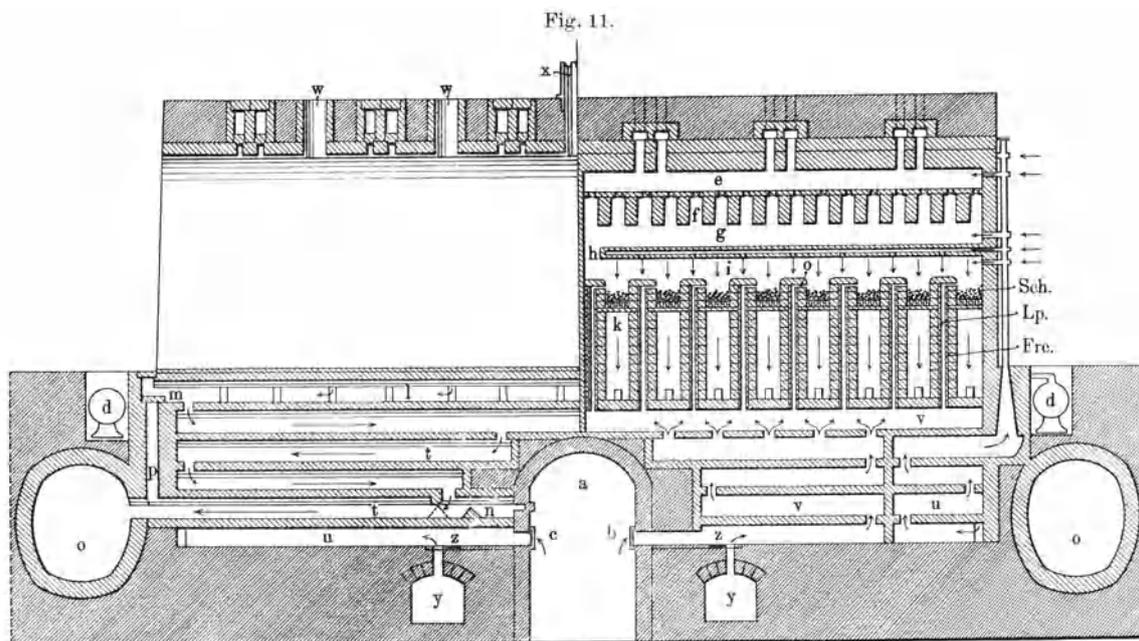


Regenerativofen „Bauart Coppée“.

Temperaturschwankungen der Ofenwände durch möglichst zwangläufige Führung der Gase und Abhitze auszugleichen. Es geschieht dies aber zum Teil auf Kosten des Verbrennungsgases, weil die in den abfallenden Zügen niedriger temperierte Abhitze aus den benachbarten beheizten Zügen wieder Wärme aufnimmt. Bei dem vorwiegend in England, Belgien und Frankreich gebauten Regenerativofen von Coppée ist die Heizwand in mehrere Gruppen von je drei Vertikalzügen für Gas und Abhitze eingeteilt, so daß beim Umstellen die verschiedenen Gruppen abwechselnd einmal mit Gas und das andere Mal mit Abhitze betrieben werden. Mit dieser Verteilungsart will man den durch die Abhitze hervorgerufenen Temperaturabfall auf ein

vorgewärmte Frischluft erhalten und die Abhitze durch die Züge 1, 2, 3 über Sohlkanal B_3 an den Regenerator R_1 abgeben.

Von dem Regenerativsystem unterscheidet sich das von der Firma Theodor von Bauer vertretene Rekuperativsystem. Während beim Regenerativsystem die Vorwärmung der Luft eine Umstellung von Gas und Luft in gewissen Zeitabständen erforderlich macht, geschieht die Vorwärmung der Verbrennungsluft beim Rekuperativsystem kontinuierlich ohne Umstellung, indem die zum Kamin führende Abhitze durch ein unterhalb der Ofensohle liegendes Kanalsystem geleitet wird, zwischen und um das die Kanäle zur Fortbewegung der Verbrennungsluft liegen. Neben der Rekuperation



Rekuperativofen von Bauer.

Minimum beschränken. Die Konstruktion des Ofens ist aus Fig. 10 ersichtlich. Jede Heizwand hat zwei Gaszuführungskanäle d_1 und d_3 , die mit einer Gruppe von je drei Vertikalzügen der Heizwand in Verbindung stehen, und zwar d_1 mit den Vertikalzügen 1, 2, 3 und d_3 mit den Vertikalzügen 4, 5, 6. Die Vertikalzüge 1, 2, 3 sind mit den Sohlkanälen B_3 oder B_5 oder B_7 und die Vertikalzüge 4, 5, 6 mit den Sohlkanälen B_2 oder B_4 oder B_6 usw. verbunden. Die Sohlkanäle mit den geraden Zahlen stehen durch den Kanal N mit dem Regenerator R_2 und die Sohlkanäle mit den ungeraden Zahlen durch den Kanal M mit dem Regenerator R_1 in Verbindung. Durch $\frac{1}{2}$ stündliche Umstellung werden einmal die Vertikalzüge 1, 2, 3 beheizt, wobei die Abhitze durch die Züge 4, 5, 6 in den zugehörigen Sohlkanal B_2 zum Regenerator R_2 fällt, während das andere Mal die Vertikalzüge 4, 5, 6 beheizt werden, die in diesem Fall aus Regenerator R_2 die

bildet eine weitere Eigentümlichkeit der Bauerschen Ofen die Verbrennung der Gase in wagerechten Heizzügen. Das neueste, aus Fig. 11 ersichtliche von Bauersche System stellt eine Kombination von wagerechten und senkrechten Heizzügen, letztere zur besseren Verteilung der Verbrennungsgemische, dar.

Luft und Gas gelangen vorgewärmt durch die an den Stirnseiten des Ofens liegenden Standrohre, sowie durch die Verteilungsöffnungen der horizontalen Trennungswand h in die Heizzüge. Das im obersten Zug e verbrennende Gas-Luftgemisch tritt durch die kurzen senkrechten Züge f der Zwischenwand nach dem zweiten wagerechten Heizzug g und aus diesem über die Gas und Luft zuführende Trennungswand h hinweg zum dritten Heizzug i . Der Heizzug g erhält aus den Düsen der Luft- und Gasstandrohre neue Luft- und Gasmengen, ebenso der Heizzug i in senkrechter Richtung aus den

Verteilungsöffnungen der Trennungswand *h* und in wagerechter Richtung aus den außenliegenden Zuführungsrohren. Aus dem Heizzug *i* treten die Heizgase durch die senkrechten Heizzüge *k* in den Ofensohlkanal *l* und gelangen zuletzt in den Rekuperator. Die vom Rekuperator in den Luftpfleifen *Lp* aufsteigende vorgewärmte Verbrennungsluft erfährt durch die in den Zügen *k* abfallende Abhitze eine weitere Überhitzung. Zwecks Erzielung einer vollkommenen Verbrennung läßt von Bauer die Feuergase vor Eintritt in die senkrechten Heizzüge *k* nach dem Boneschen Prinzip der Oberflächenverbrennung durch einen mit zerkleinerten Schamottestücken ausgefüllten siebkastenartigen Raum *Sch* treten.

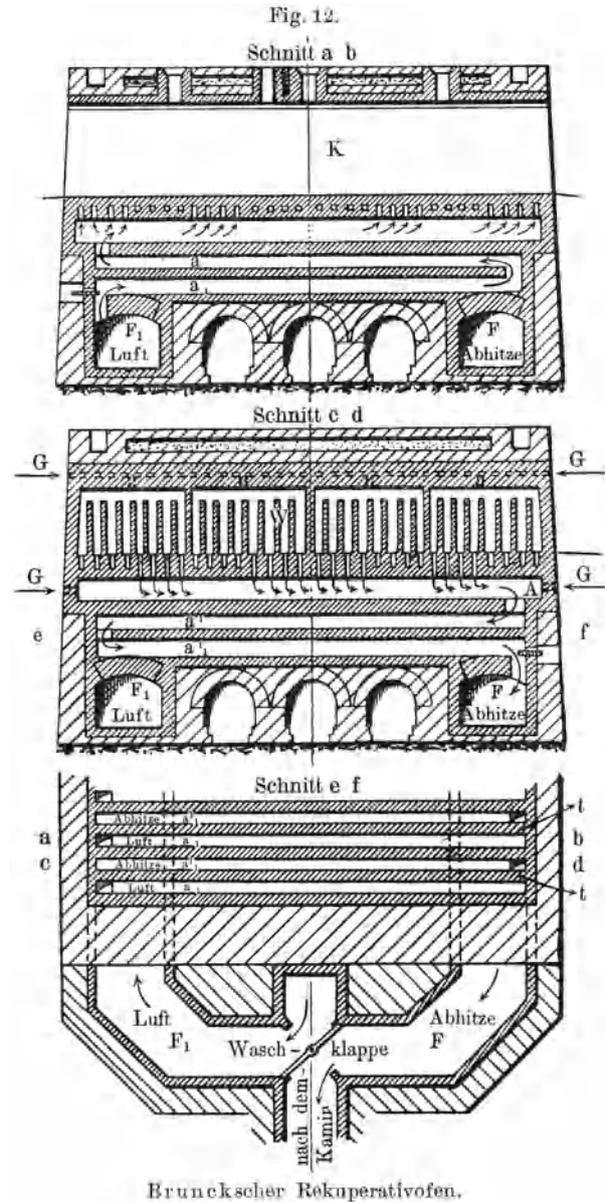
Brunck, ein alter Anhänger des Rekuperativsystems, betreibt bei seinem neuesten Ofen (s. Fig. 12) den Rekuperator als Regenerator, indem die durch Kanäle vorgeschriebenen Wege für Luft und Abhitze in verschiedenen Zeitabständen gewechselt werden. Die Heizwand *w* ist wie beim Coppéeschen System in mehrere Gruppen von je vier Vertikalzügen eingeteilt, die miteinander verbunden sind und wechselweise einmal mit Gas und das andere Mal mit Abhitze betrieben werden.

Bei den Öfen zur gleichzeitigen Gewinnung von Leuchtgas sieht man neben der Beheizung mit destilliertem Gas eine solche für Generatorgas vor. Man ist auf diese Weise in der Lage, das produzierte höherwertige destillierte Gas in beliebig großer Menge für Leucht- bzw. Heizzwecke abzugeben, indem das für die Ofenheizung nötige Quantum durch das an Energie minderhaltige Generatorgas entsprechend ersetzt wird. Der Gang der Beheizung eines solchen sogenannten Verbundofens ist aus einer Konstruktion von Koppers (Fig. 13) ersichtlich.

Bei Verwendung von Destillationsgas tritt das Gas durch die für beide Gasarten gemeinsame Leitung *o* in der üblichen Weise in den unterhalb der Heizzüge liegenden Gaskanal *p* ein, von wo es durch Düsen auf die einzelnen Heizzüge verteilt wird und mit der seitlich aus den Regeneratoren eintretenden Luft verbrennt.

Bei Verwendung von Generatorgas müssen infolge des geringeren Heizwertes entsprechend größere Mengen verbrannt und dementsprechend größere Einströmungsquerschnitte vorgesehen werden. Koppers erreicht dies bei seinem Verbundofen in der Weise, daß die unterhalb der Ofenkammer liegenden Regeneratoren mit den entsprechend größeren Luftverteilungskanälen zur Aufnahme des Generatorgases bei gleichzeitiger Vorwärmung desselben auf etwa 900° dienen. Eine Zersetzung des vorwiegend aus Wasserstoff und Kohlenoxyd bestehenden Generatorgases ist hierbei nicht zu befürchten. Die nebeneinander liegenden Regeneratoren, welche durch eine Mittelwand in zwei Hälften geteilt sind, werden getrennt mit Gas und Luft beschickt. Während beispielsweise durch die Verteilungskanäle der Kammern 1 und 2 des Regenerators *a*

das Generatorgas in die Heizzüge gelangt, tritt aus Kammer 3 und 4 der Regeneratoren *b* und *c* die für die Verbrennung nötige vorgewärmte Luft ein. Die Abhitze nimmt ihren Weg wie bei dem vorhin besprochenen Regenerativofen nach den in der zweiten Ofenhälfte liegenden Regeneratoren, und ebenso erfolgt die Reversierung, indem auf der einen Seite



durch eine Zugstange die Gas- und Luftschieber geöffnet und die Kaminschieber geschlossen werden, während auf der gegenüberliegenden Seite das Gegenteil erfolgt.

Die Firma Hinselmann hat den Ottoschen Unterbrenner-Regenerativofen in der Weise als Verbundofen für Reich- und Schwachgasbeheizung ausgebildet, daß zwischen den für den regulären

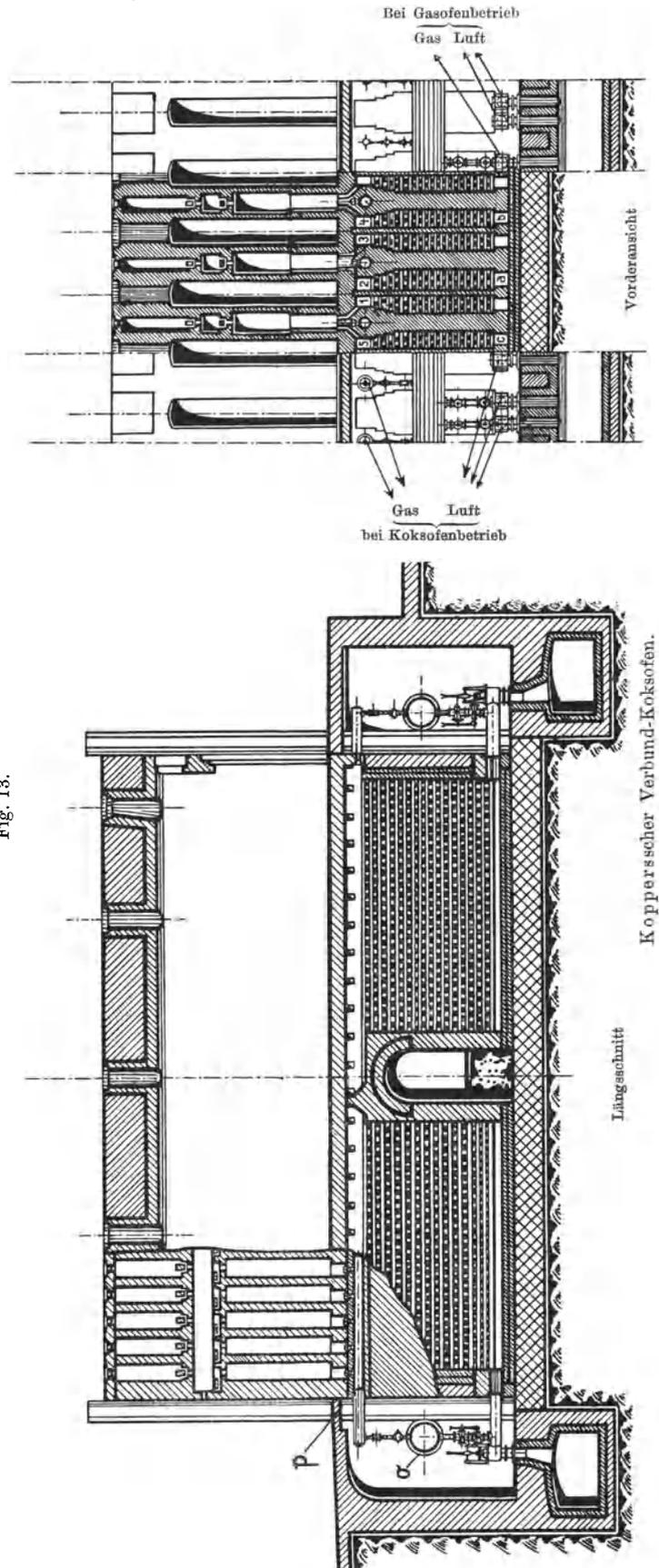
Ofenbetrieb mittels Reichgases betrieben und bis zur Ofensohle reichenden Düsen kleine Einzelregeneratoren angeordnet sind, welche ebenfalls durch Düsen von entsprechend größerem Querschnitt an die Gasverteilungsleitung angeschlossen werden. Die Einzelregeneratoren unter den Heizzügen dienen nur für die Vorwärmung des Schwachgases und sind zur Fortleitung der Abhitze durch kleine regulierbare Öffnungen an einen Abzugskanal angeschlossen, der wiederum mittels Wechselventilen mit den zum Kamin führenden Hauptabzugskanälen in Verbindung steht. Für die Vorwärmung der Luft dienen die bekannten längsseitig der Ofenbatterie angeordneten Hauptregeneratoren.

Die heutigen Ofenkammern werden in Längen von 10 bis 11 m, in Höhen von 2 bis 3 m und in mittleren Weiten von 45 bis 55 cm je nach den Eigenschaften der Kokskohlen ausgeführt.

Durch die allgemein geschaffenen Neuerungen in der Beheizung der Koksöfen ist, abgesehen von dem wirtschaftlichen Erfolg in der besseren Ausnutzung der Heizgase, die Leistungsfähigkeit der Öfen gegen früher um ein beträchtliches erhöht worden. Während bei den Öfen älteren Systems mit meist niedrigerem Ofenbesatz die Garungszeiten 48 bis 50 Stunden und darüber betragen, sind dieselben bei den neueren Öfen mit einem Kohlenbesatz von 8,5 bis 15 t auf 32 bis 36 Stunden zurückgegangen. Bei den leicht backenden Kohlen sind sogar Öfen mit 25 bis 28 Stunden Garungszeit keine Seltenheit mehr.

Die von der Firma Koppers auf dem amerikanischen Stahlwerk der Indiana Steel Co. in Gary erbaute größte Kokereianlage der Welt verarbeitet mit 560 Öfen täglich 10 160 t Kohlen und stellt daraus täglich 8130 t Koks, 124 t Teer und 29 t schwefelsaures Ammoniak her. Die Ofenkammer von 3 m Höhe und 11,3 m Länge faßt $12\frac{1}{4}$ t Kohlen und hat eine Garungszeit von $16\frac{1}{4}$ Stunden. Die verhältnismäßig geringe Ausbeute dieser Anlage an Nebenprodukten ist darauf zurückzuführen, daß die Kohlenmischung sehr mager ist und wenig Ammoniak enthält. Außerdem wird ein Teil der Nebenprodukte infolge des heißen Ofenganges und des geringen Feuchtigkeitsgehaltes der Kohle im Ofen zersetzt.

Die wirtschaftliche Ausnutzung der Heizgase bei der Kohlendestillation ist



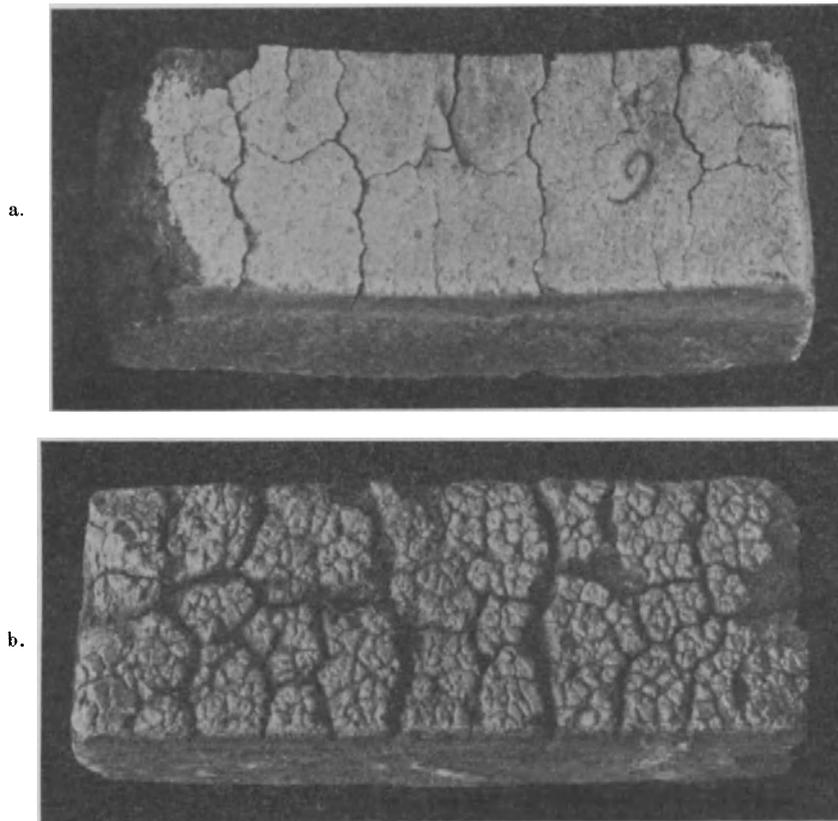
derartig, daß je nach dem Gasgehalt der Kohlen bis 50 Proz. der gesamten Wärmemengen als Überschuß für andere Zwecke verwertet werden können. Auch die Qualität des Kokes hinsichtlich seiner Verwendbarkeit für hüttentechnische Zwecke hat sich erheblich gebessert, und die anfängliche Abneigung verschiedener Hüttenleute gegen Koks aus Destillationsöfen ist längst einer besseren Überzeugung gewichen.

Zerstörende Einflüsse bei Ofenkammern. Zur Herstellung der Kammern wird entweder saures Material bis 85 Proz. Kieselsäure und darüber verwendet, oder aber man benutzt ein Material aus

die chemischen Vorgänge durch Aufnahme und Berührung solcher Körper geltend machen, welche das Gefüge des Steinmaterials lockern oder mit denselben Verbindungen von niedrigerem Schmelzpunkt eingehen.

Von diesen Körpern sind in erster Linie die Natriumsalze zu nennen, welche in Form von Chloriden, Sulfaten, Carbonaten usw. in der Kohle und, im ausgelaugten Zustande, im Kohlenwaschwasser vorhanden sind und im letzteren Falle mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Kohlen in die Ofenkammer gelangen. Hier erfahren die Salze bei steigender

Fig. 14.



Wirkung der Natriumsalze.

a) Anfangsstadium. — b) Fortgeschrittene Zerstörung.

tonigem Grundbestandteil mit etwa 20 bis 40 Proz. Tonerde. Dies zur Verwendung kommende feuerfeste Steinmaterial muß infolge der oft beträchtlichen chemischen und physikalischen Einflüsse, welchen es im Betrieb ausgesetzt ist, hohe Widerstandsfähigkeit zeigen, zumal da die heutige Koks-Ofentechnik bestrebt ist, die Leistungsfähigkeit der Öfen dauernd zu erhöhen.

Neben gewöhnlicher Schmelzung kommen von den physikalischen Vorgängen vornehmlich Ausdehnung und Zusammenziehung in Frage, die beim Leeren und Besetzen der Ofenkammern infolge starken Temperaturwechsels eintreten, während sich

Schreiber, Aufbereitung, Verkokung und Brikettierung.

Temperatur eine Spaltung in Säure und Hydroxyd. Die Säuren gehen an das Ammoniak, die Schwefelsäure infolge Reduktion als Sulfit, und finden sich als gebundenes Ammoniak im Gaswasser wieder. Die bei weiter steigender Temperatur dampfförmig werdenden Hydroxyde werden, soweit sie mit dem Steinmaterial in Berührung kommen, von diesem aufgenommen unter Bildung einer Natriumsilikatverbindung, die zunächst die Außenschicht des Steines in eine helle, fein gesinterte, teilweise glasurartige Masse verwandelt. Diese Schicht verliert an Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel und erhält an der Oberfläche feine Risse oder Sprünge.

Durch diese Sprünge dringen die Salze weiter ein und bilden, wenn die Temperatur hoch genug ist, stärkere gesinterte Schichten, die dann infolge der verschiedenartigen Ausdehnung dieser und der gesunden Steinschicht von einer Anzahl Querrisse durchsetzt werden, welche das Gefüge dieser Masse lockern, so daß dieselbe abblättert oder ausbröckelt (s. Fig. 14). Bei sehr hohen Temperaturen, durch eventuelle Überhitzung der Kammern, kann es weiter vorkommen, daß das Material abschmilzt. Ein Teil der abgeschmolzenen sowie der ausgebröckelten

Hinsichtlich der Angreifbarkeit der Salze spielt neben der Temperatur das Verhalten der im Ton vorhandenen Kieselsäure des Steines eine nicht unwesentliche Rolle. Die aus der aufgeschlossenen Muttersubstanz:

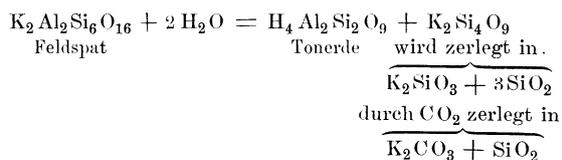
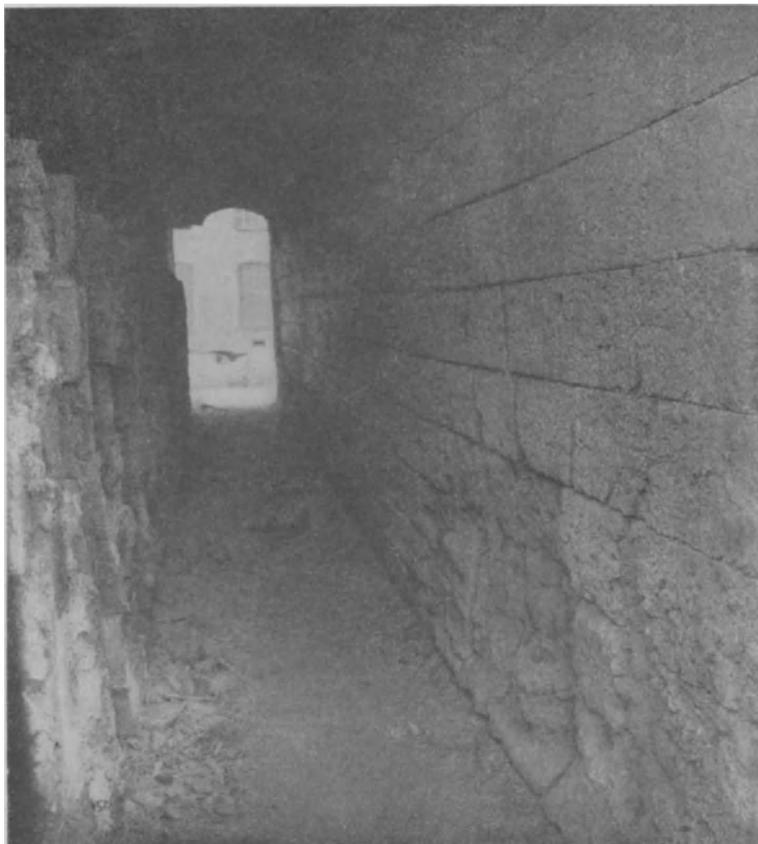


Fig. 15.



Durch Salze der Kohle zerstörte Koksofenwand.

Masse zeigte gegenüber dem gesunden Stein folgende Untersuchungsergebnisse:

	Gesunder Stein Proz.	Aus- gebröckelte Schicht Proz.	Ab- geschmolzene Schicht Proz.
SiO ₂	61,29	57,76	55,42
Al ₂ O ₃	34,77	34,63	36,43
Fe ₂ O ₃	1,81	1,85	2,12
CaO	0,26	0,43	0,34
MgO	0,17	0,15	0,18
Alkali als K ₂ O .	1,22	4,63	5,03
SO ₃	0,23	0,24	0,19
Glühverlust . .	0,25	0,31	0,29
Schmelzp. Seger- kegel . . Nr.	33	27	22

stammende und bei verschiedenen Tonen mehr oder weniger stark vorhandene und in äußerst feiner Form verteilte aufgeschlossene Kieselsäure bietet dem Alkali eine große Angriffsfläche und gibt zu bisweilen argen Zerstörungen der Steine Veranlassung (s. Fig. 15). Hinzu kommt, daß diese feine Kieselsäure im Feuer leicht amorph brennt und in diesem Zustande dem Alkali leichter zugänglich ist.

Das in den frischen feuerfesten Steinen bisweilen zu 2,5 Proz. und darüber vorkommende Alkali stammt aus dem zugesetzten Ton und läßt fast allgemein auf die Gegenwart von Mineraltrümmern aus dem Muttergestein schließen, die in obiger teils aufgeschlossener, teils unaufgeschlossener Verbindung die Feuerfestigkeit erheblich herabmindern können,

indem sie den Stein frühzeitig erweichen lassen. Dies Erweichen ist auf feine Gemengteile des Steines zurückzuführen, die schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur aus dem festen in den flüssigen Zustand übergehen, wobei naturgemäß auch das Volumen des Steines eine Änderung erfährt. Sind die Beimengungen in geringer Menge vorhanden, so tritt hinsichtlich der Schwindung nach einiger Zeit ein Beharrungszustand ein. Sind diese Beimengungen jedoch in größerer Menge vorhanden, so schreitet die Volumenverminderung und das Setzen der Steine bei Belastung fort, bis schließlich der Zustand eintritt, wo die gewissermaßen als Gerüst dienende, schwerer schmelzbare Substanz ihren Halt verliert und der Stein durch völlige Erweichung deformiert. Derartige zur Erweichung

Fig. 16.



Bei Segerkegel 16 unter Belastung auf ihren Erweichungsgrad geprüfte Koksofensteine.

neigende Koksofensteine zeigen, längere Zeit bei 1400 bis 1450° C erhitzt, auf der Bruchfläche dunkel gesinterte Stellen, die je nach der vorhandenen Menge der wenig feuerbeständigen Beimengungen die Bruchfläche marmoriert bis vollständig homogen gesintert erscheinen lassen.

Der Erweichungspunkt und der Schmelzpunkt eines Steines sind zwei verschiedenartige Begriffe. So kann ein Stein einen hohen Schmelzgrad zeigen, während er schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur erweicht. Ein Koksofenstein vom Schmelzpunkt Segerkegel 30 fing schon bei Segerkegel 14 an zu erweichen. Da bei frühzeitigem Erweichen der Steine die Stabilität der Ofenwände leidet und die Kammerwände infolge von Fugenbildung undicht werden, so erhellt, daß bei der Beurteilung der Feuerfestigkeit eines Koksofensteines

die Feststellung des Erweichungspunktes eine wesentlichere Rolle spielt als die Prüfung auf Schmelzpunkt, dessen Temperatur im Koksofen kaum erreicht wird. Der Erweichungspunkt wird zweckmäßig in der Weise festgestellt, daß drei bis vier der zu prüfenden und vorher genau gemessenen Steine übereinander gelegt und nach Belastung mit etwa 1,8 kg pro Quadratcentimeter (Traglast des Steines im Ofenbetrieb) in einem Brennofen einer Temperatur entsprechend Segerkegel 16 mindestens 48 Stunden ausgesetzt werden. Brauchbare Steine dürfen bei dieser Temperatur keine Veränderung im vorstehenden Sinn zeigen.

Fig. 16 zeigt drei bei Segerkegel 16 unter Druck geprüfte Steine. Bei dem oberen Stein VIII ist deutliche Erweichung eingetreten. Die in der Druckrichtung liegende Flächenhöhe hatte sich um 20 mm gesetzt, was an den seitlich noch stehengebliebenen Überresten des Steinzapfens, der sogenannten Feder, zu erkennen ist, die an den Teilen, wo der Belastungskörper eingewirkt hat, vollkommen flach gedrückt ist. Ebenso ersieht man aus der Figur, wie der Stein infolge der Belastung in die Breite auseinander gegangen ist. Im Bruch zeigte der Stein völlig gesintertes, glasurartiges Gefüge. Stein V zeigte gar keine Formveränderung, ebenso wie die Bruchfläche das noch ursprüngliche Gefüge des gesunden Steines aufwies.

Bei der Bewertung der feuerfesten Schamottesteine nach der chemischen Untersuchung hat man dem Alkaligehalt bisweilen eine zu geringe Bedeutung beigemessen. Da, wie die Erfahrung gelehrt hat, das Alkali selbst ein starkes Flußmittel darstellt und bei frischen Schamottesteinen ein mehr oder wenig hoher Alkaligehalt auf die Gegenwart entsprechender pyrometrisch wenig widerstandsfähiger Beimengungen schließen läßt, so bildet der Alkaligehalt ein wichtiges Kriterium für die Feuerbeständigkeit der aus Ton und Quarz hergestellten Schamottesteine.

Nach praktischen Erfahrungen des Verfassers haben sich Schamottesteine mit über 2 Proz. K_2O für den Ausbau von Ofenkammern wenig bewährt.

Was die Bestimmung des Alkali in Steinen anbelangt, so hat Verfasser wiederholt die Beobachtung machen müssen, daß dasselbe Material, bei verschiedenen Untersuchungsstellen untersucht, verschiedene Resultate ergeben hat. So ergab ein vom Verfasser untersuchter Stein mit 2,5 Proz. K_2O an einer Stelle 1,93 Proz. und an einer anderen Stelle sogar nur 1,2 Proz. K_2O . Es ist daher dringend wünschenswert, einheitliche Methoden für diese wichtige Bestimmung anzustreben. Nachstehende Methode stellt einen Untersuchungsgang dar, den Verfasser seit Jahren mit bestem Erfolg bei der Untersuchung von Koksofensteinen anwendet, und der stets übereinstimmende Werte ergeben hat.

Die vorher fein geriebene und gebeutelte Substanz wird etwa zwei Stunden bei 120° getrocknet und 1 g zu Analyse in einem Platinschälchen, dessen Tara vorher bestimmt ist, abgewogen. Den Glüh-

verlust bestimmt man, indem das Ganze eine Viertelstunde über einem Bartelsbrenner stark geglüht wird.

Zum Aufschluß gibt man Flußsäure und 2 bis 3 ccm konzentrierte Schwefelsäure in das Schälchen und läßt das Ganze auf dem Wasserbad eindampfen. Nachdem die Schwefelsäure auf einem Drahtnetz und zuletzt über freier Flamme sorgfältig abgeraucht ist, setzt man konzentrierte Salzsäure zu, dampft auf dem Wasserbad bis fast zur Trockne ein, setzt abermals Salzsäure und Wasser zu und sieht, ob alles gelöst ist, indem man mit einem Platindraht umrührt, wobei kein Knirschen etwa noch vorhandenen Sandes oder unaufgeschlossener Substanz stattfinden darf. In diesem Fall müßte eine Wiederholung des Aufschlusses mit Flußsäure eventuell auch mit Fluorammonium stattfinden.

Die Flüssigkeit wird in eine Porzellanschale gespült, einige Tropfen Bromwasser zur Oxydation des Eisens zugesetzt und das Ganze auf ein geringes Volumen eingedampft. Hiernach setzt man etwas Filterschleim zu, damit sich die Tonerde besser filtrieren läßt und nachher nicht so lange geglüht zu werden braucht. Um überschüssiges Ammoniak bei der Fällung von $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ zu vermeiden, setzt man zur besseren Wahrnehmung einige Tropfen Lackmustinktur zu. Zur Verhinderung von Kalkfällung gibt man einige Tropfen Essigsäure in die Flüssigkeit, kocht das Ganze ordentlich auf und filtriert mittels Saugpumpe. Das Filtrat wird bis zu einem geringen Quantum eingedampft und abermals mit Ammoniak, Tonerde und Eisen gefällt, deren Filter mit dem ersten Filter vereinigt wird.

Nachdem das Filtrat wiederum bis zu einem geringen Volumen eingedampft ist, fällt man den Kalk mit Oxalsäure und Ammoniak und bestimmt ihn als CaO .

Das Filtrat der Kalkfällung läßt man in eine weite Platinschale laufen und bringt dasselbe nach voraufgegangener guter Auswaschung des Filters auf dem Wasserbad zur Trockne. Nunmehr erwärmt man den Rückstand bis zur vollständigen Entfernung der Feuchtigkeit auf einer Eisenplatte und raucht dann die Ammonsalze zuerst auf dem Drahtnetz und dann über der Flamme ab. Um ein Emporklettern der Salze über den Rand der Platinschale zu verhindern, bezieht man denselben zweckmäßig mit einer feinen Schicht Vaseline.

Nach dem Abrauchen bringt man einige Tropfen konzentrierte Schwefelsäure in die Schale und raucht die Schwefelsäure ab, nimmt mit Salzsäure und Wasser auf, spült das Ganze in ein kleines Becherglas und fällt den letzten Rest Tonerde und Eisen mit Ammoniak.

Das Filtrat bringt man in eine vorher genau tarierte Platinschale aufs Wasserbad, dampft ein, setzt dann zur vollständigen Trocknis etwas Alkohol zu und dampft abermals zur Trockne und raucht wie vorher die Ammonsalze erst auf dem Drahtnetz und zuletzt über der Flamme ab. Nunmehr setzt man konzentrierte Schwefelsäure zu, führt somit

das Ganze in Sulfate über, raucht die Schwefelsäure ab und zieht vorsichtig zwecks Verjagung der Bisulfate kurze Zeit die Platinschale durch die offene Flamme. Das Ganze wird dann als Magnesium und Alkalisulfat gewogen. Zur Gewißheit, ob keine sauren Salze mehr vorhanden gewesen sind, prüft man die mit Wasser aufgenommenen Salze mit Lackmuspapier. Bei saurer Reaktion muß der Vorgang wiederholt werden, eventuell unter Zusatz einiger Körnchen Ammoniumcarbonat.

Der mit Wasser aufgenommene Rückstand wird dann weiter unter Zusatz einiger Tropfen Salzsäure in ein kleines Becherglas gespült und das Magnesium mit Ammoniumphosphat ausgefällt. Das gewogene Pyrophosphat wird auf Magnesiumsulfat umgerechnet und aus der Gewichts Differenz der vorher bestimmten Gesamtsulfate das Alkalisulfat bestimmt. Da das Alkali in frischen Schamottesteinen vorwiegend das Kali der Muttersubstanz darstellt, so erübrigt sich die weitere kostspielige Trennung auf Kali und Natrium mittels Platinchlorid. Es wird also das Alkali, wenn nicht besonderer Wert auf die Prüfung etwa vorhandenen Natriums gelegt wird, zweckmäßig auf K_2O umgerechnet, indem man die Summe des Alkali als K_2SO_4 auffaßt.

Zur Bestimmung des Eisenoxyds löst man das geglühte Filter des $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ -Niederschlages in Schwefelsäure 8:3, reduziert mittels Zink das Oxyd zu Oxydul und titriert mit KMnO_4 .

Die bei Aufschluß mit Flußsäure aus der Differenz erhaltene Kieselsäure wird durch Aufschluß einer neuen Substanz mit Natrium-Kaliumcarbonat nachgeprüft, wobei die in der bekannten Weise erhaltene Kieselsäure nachträglich mit Flußsäure behandelt werden muß, weil geringe Mengen Aluminium- und Eisenoxyd in der Schmelze unaufgeschlossen bleiben und so die Kieselsäure zu hoch ausfallen würde.

Ebenso ist der Aschengehalt der Kohle auf die Einwirkung der Salze nicht ohne Einfluß. Ist die Asche basischer Natur, so kann sie die Basen der Salze nicht aufnehmen. Ist sie aber sauer, so daß also freie, bindungsfähige Kieselsäure vorhanden ist, so werden die Alkalien und Erdalkalien von der Kieselsäure aufgenommen und treten nicht in Erscheinung. Koppers will gegen die zerstörenden Einflüsse der Alkalien eine Abhilfe darin finden, daß man in irgend einer Form der Kohle vor der Verkokung Kieselsäure in guter Mischung zusetzt oder geeignete Kohlensorten mischt.

Die Durchführung dieser beachtenswerten Anregung ist namentlich bei solchen Anlagen, welche zur Verminderung des Aschengehaltes in der Rohkohle schon erhebliche Aufbereitungskosten aufwenden und auf jegliche Erhöhung des Aschengehaltes zur Vermeidung einer niedrigeren Bewertung beim Verkauf des Kokes Rücksicht nehmen müssen, mit Schwierigkeiten verbunden.

Eine weit weniger in Erscheinung tretende Ursache der Kammersteinzerstörungen ist die durch

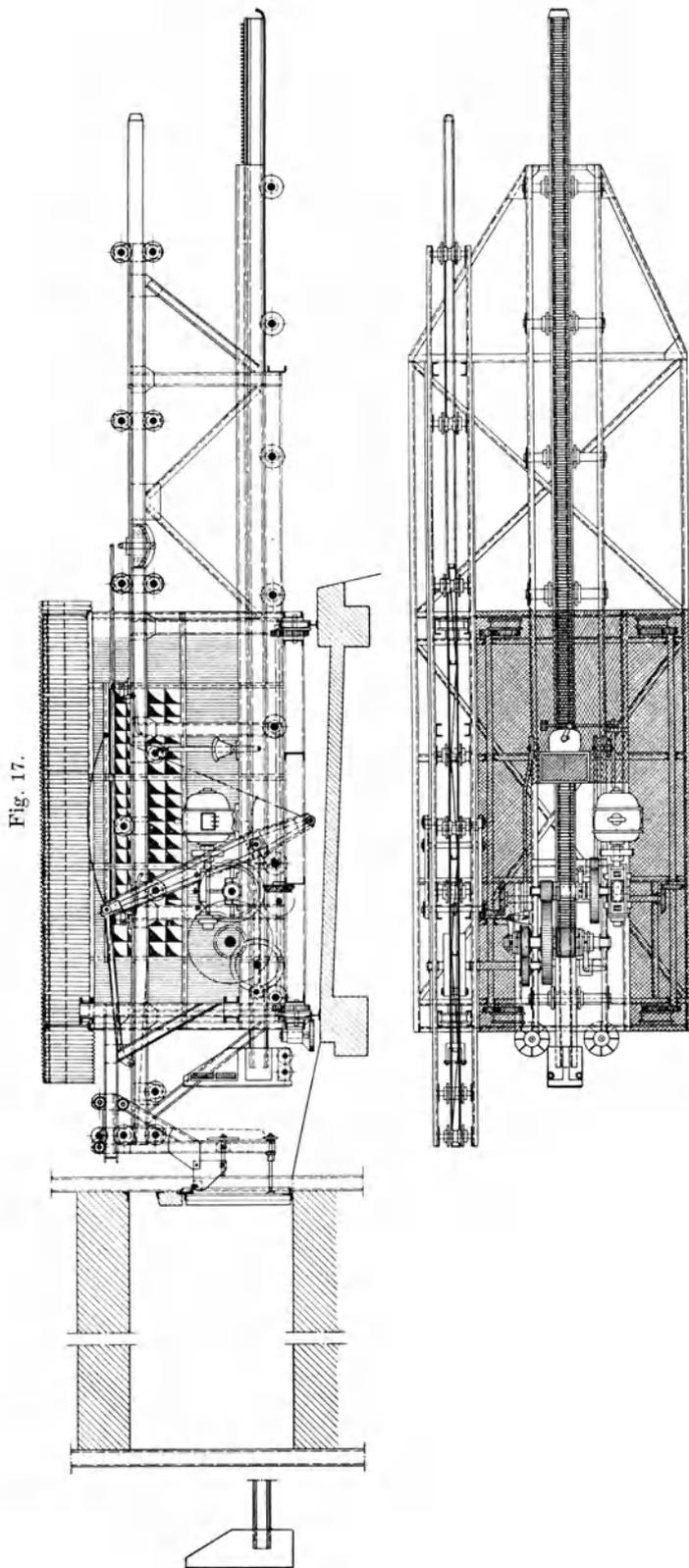


Fig. 17.

Planiermaschine mit Abbevorrichtung für Koksofenfüren.

pyrogene Zersetzung der Kohlenwasserstoffe in den Steinen stattfindende molekulare Ablagerung von Kohlenstoff, der die Widerstandsfähigkeit des Steines durch allmähliche Auflockerung des Gefüges herabsetzen und schließlich zur Zerstörung des Steines führen kann. Derartige bis 6 Proz. aus Kohlenstoff bestehende Ablagerungen hat Verfasser vorwiegend bei saurem Material wahrgenommen, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil infolge des im Feuer eintretenden Wachsens der Kieselsäure der Stein voluminöser und lockerer und die Diffusion der Gase auf diese Weise erleichtert wird¹⁾.

Unter allen Umständen ist bei der Verwendung von feuerfestem Schamotte-material für Koksofenkammern mit salzhaltigen Kohlen darauf zu achten, daß bei der Steinerstellung feiner Sand und Schluff (aus dem Muttergestein) gut ausgehalten, das Gefüge möglichst dicht und das Material scharf gebrannt ist²⁾.

Das Beschicken der Ofenkammern wird bei Verkokung guter Backkohlen neuerdings mittels eines auf den Ofen fahrbaren Beschickungswagens vorgenommen, dessen Behälter eine ganze Ofenfüllung faßt, die gleichzeitig durch vier Füllöffnungen in die Kammer entleert wird. Das Füllen der Beschickungswagen geschieht vom Kohlensilo aus, der für diese Zwecke zwischen den Ofengruppen aufgestellt ist. Bei dieser Beschickungseinrichtung müssen Steigerohr und Vorlage am Kopfende der Kammer angebracht werden (s. Fig. 10).

Mittels einer auf der Ausstoßmaschine angebrachten mechanisch betriebenen Planiervorrichtung wird die Kohle nach dem Besetzen in der Kammer durch Vor- und Rückwärtsbewegen der Planierstange geebnet. Die Planierstange wird heute allgemein freitragend angeordnet. Zur Erzielung eines großen Trägheitsmomentes müssen die Stangen hohen, aber schmalen Querschnitt besitzen. Vielfach werden leiterartige Konstruktionen verwendet, indem zwei hochkant gestellte Flacheisen durch gleichfalls hochkant eingebaute Flacheisensprossen verbunden und versteift werden. Die Sprossen dienen hierbei als Planierwerkzeuge. Der Antrieb der Planierstange, die oberhalb oder neuerdings meist seitlich der Ausstoßstange angebracht ist,

¹⁾ Schreiber, Über Zerstörungen von Koks- und Gaskammerofensteinen, Verlag Bädcker Essen 1913. — ²⁾ Stahl u. Eisen 43, 1839 (1910).

erfolgt mittels Elektromotors entweder durch Zahnstange oder durch Seil bzw. Kette, oder durch eine Kurbelschwinge. Letztere Antriebsweise ist die einfachste und bevorzugteste. Fig. 17 zeigt eine derartige im Betrieb bewährte Konstruktion, bei der die Planierstange an der Oberfläche entsprechend der Hublänge mit Einschnitten versehen ist, in die ein an dem oberen Teil der Schwinge befestigter Greifarm lose eingreift und die auf Rollen gelagerte Planierstange hin und her bewegt. Soll die Stange ganz aus dem Ofen entfernt werden, so wird durch eine Hebelvorrichtung beim Vorgehen der Schwinge der Greifarm ausgeklinkt, so daß die Planierstange in ihrer Ruhelage verharret, während beim Zurückgehen der Schwinge der in den nächsten Einschnitt eingeschnappte Greifarm die Planierstange um eine Hublänge zurückzieht usf. Der gleiche Vorgang vollzieht sich in umgekehrter Weise beim Einführen der Stange in den Ofen.

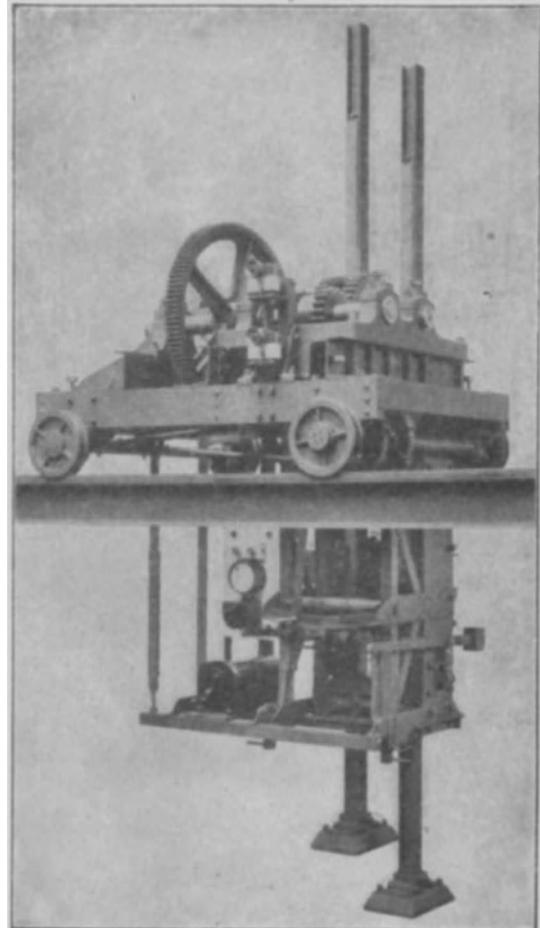
Bei der Verkokung der backenden Sinterkohlen ist man wegen der schwer backenden Eigenschaft zur Erzielung eines großstückigen festen Kokes unter Vermeidung eines zu hohen Abraumgehaltes allgemein zum Stampfverfahren übergegangen. Durch das Stampfen der Kohlen werden die Kohlenpartikelchen inniger zusammengebracht, was ein leichteres Zusammenschmelzen derselben im Ofen bewirkt. Ende der 80er Jahre hat man die Kohle mit der Hand in Holzkästen gestampft und den Kuchen mittels eines Haspels auf einer Blechplatte in die Ofenkammer gezogen. Ebenso hat man anfänglich versucht, unter fortwährendem Nachfüllen von Kohlen den Kohlenkuchen durch wiederholtes Aufahren mit dem Stoßkopf der Ausstoßmaschine im Ofen zu pressen. Erst Ende der 90er Jahre ist man allgemein zur mechanischen Stampfung übergegangen.

Die Stampfeinrichtung ist fast durchweg mit der Ausstoßmaschine vereint und je nach Anzahl der zu bedienenden Öfen ist dieselbe auf einer oder auf beiden Seiten der Maschine angebracht. Oberhalb der Stampfkästen liegen in seitlicher Anordnung die Trichter, in die die Kohlen entleert werden.

Der Antrieb der auf einem fahrbaren Gestell oberhalb der Stampfkästen montierten Stampfmaschine erfolgt ausschließlich durch Elektromotor von 6 bis 8 PS. Die ersten Stampfmaschinen von der Maschinenfabrik Kuhn hatten nur einen Stampfer, dessen zahnartig ausgearbeiteter Stahlstempel durch ein Kurbelwerk von einer Art Sperrklinke gefaßt wird, welche in einer bestimmten Höhe selbsttätig ausrückt und den Stempel frei fallen läßt. Die jetzt eingeführten Stampfmaschinen haben Doppelstampfer. Fig. 18 zeigt eine Konstruktion mit konkaven Stampfplatten, deren Stempel an der Greifseite auswechselbare Rillenplättchen aus Hartguß tragen, in welche die ebenfalls mit Rillenplättchen versehene Greifplatte der Hubeinrichtung faßt, die den Stempel unter elastischer Anpressung rund 350 mm in die Höhe hebt. Beim Erreichen des höchsten Hubpunktes läßt die Hubeinrichtung den Stempel frei fallen, nachdem kurz vorher die

zwangsläufig bewirkte Lösung der Greifplatte vom Stempelschaft erfolgt ist. Die Hubbewegung beider Stampfstempel, welche in der Minute je 66 Schläge ausführen, kann während des Arbeitens aus- und eingeschaltet werden. Ebenso kann jeder Stempel mittels Exzenterbremse in beliebiger Stellung festgehalten werden. Die Fortrückung der Stampfmaschine erfolgt bei jedem Stempelhub selbsttätig und zwar derartig, daß die Vorwärtsbewegung erst erfolgt, wenn der Stempel angehoben ist. Am Ende

Fig. 18.



Kohlenstampfapparat „Bauart Hartmann“.

des Stampfkastens wird die Hin- und Herbewegung ebenfalls selbsttätig ungesteuert.

Eine andere Stampfeinrichtungskonstruktion, System Korotwicka mit stoßfreiem Reibungsantrieb mittels Riemens oder Gurtes zeigt Fig. 19. Das Anhuborgan der Fallstempel bildet hier ein Riemen, welcher mit seinen beiden Enden am oberen und unteren Ende der Stampfstange befestigt ist. Der Riemen wird über die beiden angetriebenen Rollen 2, 3, sowie über die lose Rolle 4 geführt. Die Rolle 3 ist segmentarisch ausgebildet; Rolle 2 erzeugt die zum Anheben notwendige Reibung.

Die Rolle 4 ist pendelnd gelagert und hat den Zweck, den Riemen richtig anzuspannen. Hierzu ist sie mit dem Stellständer 5 durch Gestänge 6 verbunden. Mittels des Handrades 8 kann durch die Rolle 4 der Riemen gekürzt oder verlängert und damit die Hubhöhe der Fallstempel reguliert werden. Das Abstellen des Stampfers geschieht durch Bremshebel 11, wodurch der Stampfer ruckweise hochgehoben wird und in seiner Höchststellung den Hebel 12 trifft, welcher die Mutter der Schraube 9 lüftet, so daß Rolle 4 durch das Gegengewicht 7 hochgezogen und der Riemen aus der Wirkungssphäre der Rolle 3 gebracht wird.

Bei der Stampfmaschinenkonstruktion von Méguin werden die Stampfer durch einen Elektromagneten gehoben und an einer bestimmten Stelle

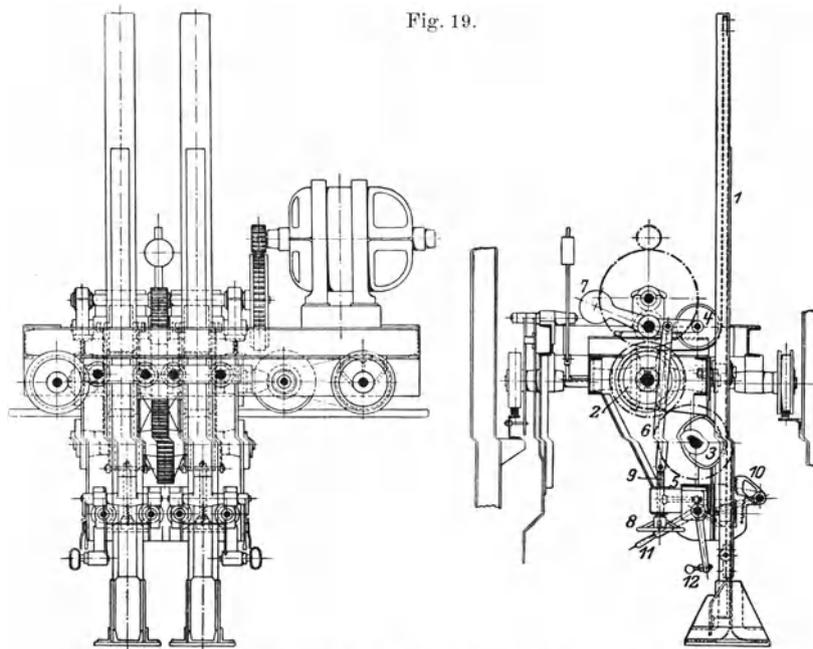
rinnenförmig gepreßten Blechplatte hergestellt, in welche die Zahnsegmente aus Stahlguß eingietet sind.

Die Firma Méguin stellt den Stampfkasteboden aus einem Doppel-I-Träger her, bei dem die unterhalb des Steges liegenden Fußflanschen abgeschnitten sind. Der auf diese Weise U-förmig hergestellte Boden wird mittels Kettenzuges bewegt.

Die Herstellung eines Kohlenkuchens von 8,5 t nimmt etwa 10 Minuten in Anspruch, während das Besetzen in etwa 2 Minuten vollendet ist.

Was den Verschuß der Ofenkammer anbelangt, so werden neben Türen aus Gußeisen mit Erfolg gepreßte schmiedeeiserne Türen mit wellenförmigen Oberflächen verwendet. Letztere sind gegen Temperaturwechsel widerstandsfähiger als die gußeisernen Türen und haben außerdem noch den Vorzug, daß sie billiger sind.

Bei Kokereien mit Planierbetrieb hat Koppers die Türen auf der Maschinenseite als sogenannte Stopftüren ausgebildet, in der Weise, daß der obere Teil der Tür mit der Planieröffnung ein festes Ganzes mit der Kammer bildet und nur der untere Teil in Höhe des Koks-kuchens herausnehmbar ist. Dieser untere Teil, der eigentliche Stopfen, besteht aus einer mit konischem Rahmen versehenen schmiedeeisernen Wand, die mit feuerfesten Steinen derartig ausgekleidet ist, daß die Steine etwa 15 cm über den Rahmen vorstehen. Dieser vorstehende Teil mündet in die Ofenkammer und bildet, nachdem die Rahmenfläche von außen mit Lehm abgedichtet ist, einen doppelten stößelartigen Verschuß. Die Türen werden von der Ausstoßmaschine aus durch einen hier angebrachten drehbaren



Kohlenstampfmaschine „Bauart Korotwicka“.

durch Unterbrechung des Stromes frei fallen gelassen. Die Maschine wird, wenn Dreh- oder Wechselstrom vorhanden, mit einem kleinen Umformer zur Erzeugung des für die Erregung des Magneten notwendigen Gleichstromes versehen.

Die Stampfkästen haben an der Vorderseite eine hochziehbare Verschußtür, während der stark versteifte Verschuß auf der hinteren Seite mittels eines Handrades verschiebbar ist (s. Fig. 20). Die äußere Stampfkastenwand ist beweglich und kann, zwecks Einführung des Kohlenkuchens, durch einfaches Umlegen eines Hebels gelüftet werden. Der Hebel, welcher in der Mitte der Stampfkastenwand angebracht ist, wirkt durch ein Zahnradgetriebe auf zwei an der Längsseite der Wand angebrachte Wellen, welche Exzenterführungen tragen, durch die beim Drehen der Welle die Wand angepreßt oder gelüftet wird. Der Stampfkasteboden ist aus einer

Kran beim Besetzen oder Entleeren der Kammer abgehoben und nach der Seite gefahren. Diese Türhebevorrichtung, die auf der Abbildung 12 erkennbar ist, besteht aus einem drehbaren Ausleger, auf dem eine durch Kettenzug von unten betätigte Katze läuft. Die Katze trägt nach unten eine Verlängerung aus zwei Knotenblechen, worin der bewegliche Arm lagert, der unter die auf den Türen angebrachten Knaggen faßt. Um ein Kippen der Tür nach hinten beim Anheben derselben zu verhüten, wird am untersten Ende der Eisenkonstruktion ein als Spindel mit Handrad ausgebildeter Gegendrücker angebracht. Die Türhebevorrichtung ist so konstruiert, daß ein Mann instande ist, die Tür ein- und auszuheben, ohne daß die Maschine fortgerückt zu werden braucht.

Die Abdichtung der Türen erfolgt meistens mit Lehm, der, von außen aufgetragen, durch öfteres

Verpinseln eine dichte Abschlußmasse bildet. Neuerdings geht man wie bei Gaskammeröfen dazu über, auch die Koksöfenüren durch Anpressen derselben gegen eine eiserne Rahmenfläche abzudichten, wobei als Dichtungsmaterial ein am Ofentürrahmen angebrachter Asbestring dient. Fig. 21 zeigt eine im Kokereibetrieb angewandte Konstruktion „System Limberg“. Dieselbe besteht aus einem der Form des Ofenkopfes entsprechenden, nach der Ofenkammer zu verjüngten Gußrahmen, in den die Koksöfenür mit gleichem Querschnitt eingesetzt und mit Druckschrauben angepreßt wird. Als Dichtungsmaterial dient eine eisenarmierte Asbestwicklung, die sich um den wulstartig ausgebauten Ofentürrahmen legt. Der bei der Limberg'schen Konstruktion in stabiler Form angewandte Abdichtungsring wird neuerdings zur besseren Anpassung unregelmäßiger Stellen in biegsamer Form, aus mehreren Gliedern bestehend, ausgeführt.

Die Mehrkosten dieses Ofentürverschlusses von etwa 400 \mathcal{M} pro Ofen machen sich durch die Ersparnisse an Arbeitslöhnen bei Wegfall des Verschmierens bezahlt. Außerdem fallen die Verluste an Destillationsgasen fort, die während des Verschmierens entweichen und die Umgegend belästigen.

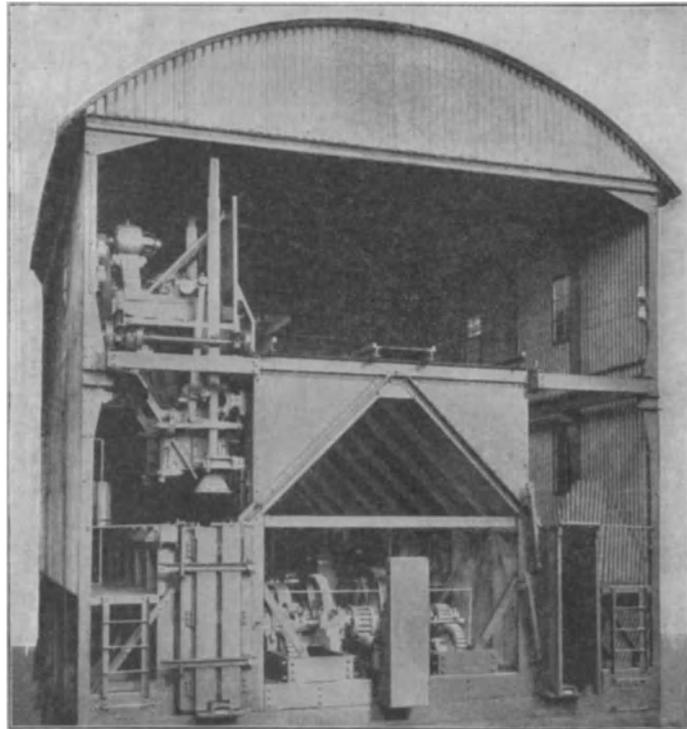
Von der Forst verwendet als Abdichtungsmaterial Koksasche. Bei der für diese Zwecke konstruierten Tür reicht die vordere Wandfläche bis an die seitlichen Kopfeiler der Ofenkammer und schließt den sonst für die Lehmmasse bestimmten Raum vorn ab. Dieser so gebildete Hohlraum wird von oben mit Koksasche ausgefüllt. Die Teernebel kondensieren in der Asche und bilden eine dichte Abschlußmasse. D. R.-P. Nr. 273 606.

Zum Hochziehen der Türen werden sogenannte Türkabel verwendet. Vielfach im Gebrauch sind Kabel mit Kontergewicht, die von einem Arbeiter bedient werden können. Fig. 22 zeigt eine bewährte Bauart, bei welcher die Tür nicht hochgekurbelt, sondern abgehoben und auf die Seite geführt wird. Die Einrichtung besteht aus einem kleinen Wagen, welcher auf zwei auswärts der Öfen liegenden und auf Konsolen angebrachten Gleisen bewegt wird. Der Wagen trägt eine Laufkatze mit Flanschenzuggetriebe, mittels dessen die Tür durch Anheben zuerst gelüftet und dann nach vorn geführt und auf die Seite gefahren wird. Die verschiedenen Arbeitseinrichtungen werden mittels Handräder von einem Arbeiter in äußerst leichter Weise in Tätigkeit gesetzt. Wegen der vor-springenden Gleisführung kann dieses Kabel nur auf der Planseite angebracht werden.

Zum Ausstoßen des Koks-kuchens dient ein mit gußeisernen Platten abgeplattertes sogenanntes

Koksplanum oder auch Rampe, auf dem der Kuchen mit Wasser abgelöscht und mit Haken zerrissen wird. Wo der Koks gleichmäßig fest und hart oder der Platz etwas beschränkt ist, werden zweckmäßig schräge Rampen verwendet, auf die der Koks beim Herausstoßen selbsttätig zerfällt. Für die Neigung dieser Rampen wird ein Winkel von 30 bis 32° gewählt, damit der Koks beim Forträumen allein nachrutschen kann. Statt der gußeisernen Platten werden neuerdings vielfach als Plattenbelag sogenannte Basaltplatten mit Erfolg verwendet. Diese Platten bestehen aus

Fig. 20.



Koksausstoßmaschine mit Kohlenstampfeinrichtung.

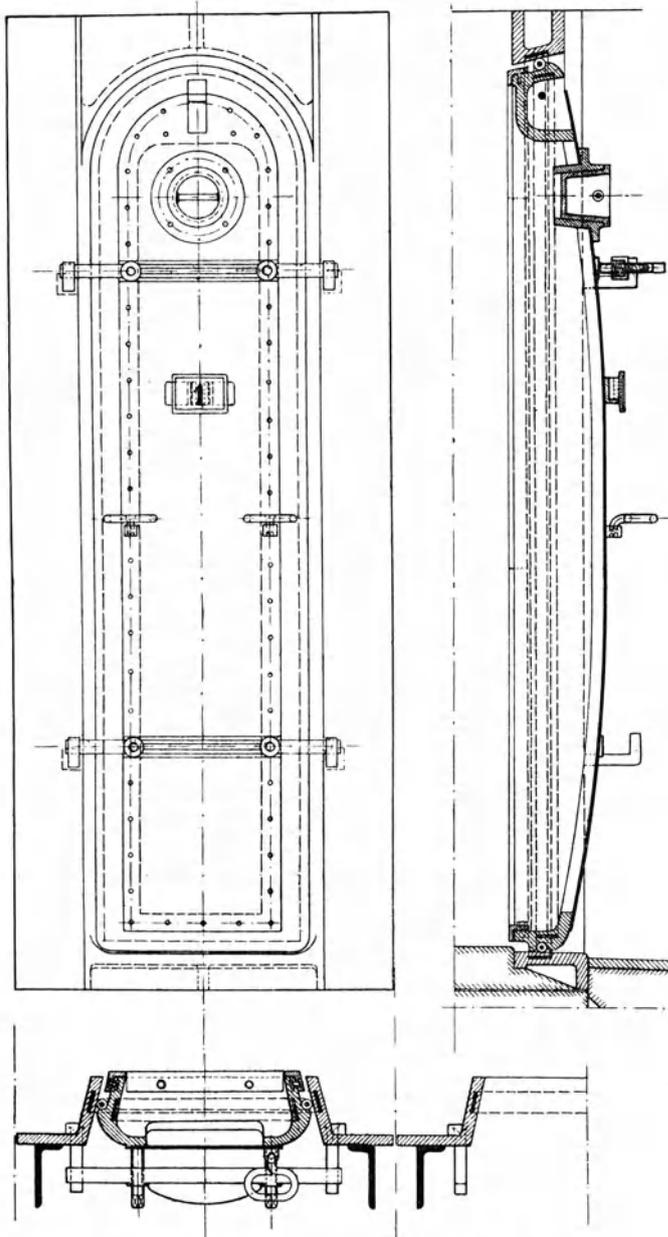
kleinen Basaltstückchen, die mit einem Mörtel zu einer festen Masse gepreßt und dann längere Zeit gelagert werden. Wegen der hohen Härte, die diese Platten besitzen, nutzen sich dieselben weniger ab als gußeiserne; sie haben außerdem den Vorteil, daß sie billiger sind, indem der Quadratmeter etwa 10 \mathcal{M} kostet, während derselbe bei Anwendung gußeiserner Platten etwa auf 25 \mathcal{M} zu stehen kommt.

Wo Mangel an Arbeitern und die Löhne unverhältnismäßig hoch sind, ist man, wie in England, vielfach dazu übergegangen, das Löschen und Verladen des Koks'es durch mechanische Vorrichtungen vornehmen zu lassen. In Deutschland haben sich mit dieser Frage vornehmlich die Maschinenfabriken Méguin und die Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktiengesellschaft beschäftigt. Letztere hat für die Kokereianlage Neumühl bei Hamborn eine Einrichtung geschaffen, die aus Fig. 23a ersichtlich ist.

Die ganze Einrichtung ist auf einem Wagen untergebracht, der durch maschinellen Antrieb auf einem vor der Koksofenbatterie verlegtem Gleise hin und her bewegt wird. An Stelle des bisher üblichen Kokslösch- und Verladeplatzes befindet sich

als Wasserbehälter ausgebildet, über dem an einer Winde der Tauchkübel zur Aufnahme des glühenden Kokses hängt. Der Kübel nimmt einen ganzen Ofenkammerinhalt auf und wird zum Ablöschen desselben durch Nachlassen der Winde in den Wasserbehälter getaucht, wobei das Wasser durch den durchlochten Boden des Kübels eindringt. Zur Entfernung der Wasserdämpfe ist oberhalb der Ablöschvorrichtung ein breiter Abzugschlot angebracht.

Fig. 21.



Selbstdichtende Koksofentür „System Limberg“.

vor der Kokerei ein 1,60 m breiter Laufsteg, von dem aus die zum Dichten und Abschließen der Ofentüren erforderlichen Arbeiten vorgenommen werden. 3,65 m unterhalb des Laufsteges ist das Gleis für den Löschwagen verlegt, dessen Spurweite 4 m beträgt. Der untere Teil des Löschwagens ist

Nachdem der Koks in dem Tauchkübel gelöscht ist, wird dieser in einer festen Führung hochgezogen und auf einem Schüttelrätter entleert. Dieser trennt den Koks in Stückkoks über 80 mm, welcher direkt in die Eisenbahnwaggons fällt, und das Produkt unter 80 mm, das in Talbotwagen zur Koksauflaufanlage gelangt (s. Fig. 23b).

Der Löschwagen ist für elektrischen Betrieb eingerichtet und mit einem Fahrmotor von 27 PS, einem Motor von 38 PS zum Heben und Senken des Löschgefäßes und einem Motor von 8 PS für die Absiebung ausgerüstet.

Das Löschen und Verladen des Kokses ist in etwa 8 Minuten erfolgt. Der Wassergehalt des Kokses beträgt nach den Betriebsdaten der Zeche Neumühl 2 bis 3 Proz. Die Anlagekosten für eine Lösch- und Verladeeinrichtung betragen 134000 M. Die Einrichtung, die von drei Mann bedient wird, ist imstande, täglich den Koks aus 90 Öfen zu löschen und zu verladen. Die Kosten pro Tonne Koks stellen sich hierbei nach Abzug der Amortisation auf etwa 18 ₤, gegenüber etwa 45 ₤ bei Handverladung.

Ein großer Teil des Kokereikokses geht als Sortimentskoks für Zentralheizungen und Generatorgasanlagen in den Handel. Es gibt Kokereianlagen, namentlich im niederschlesischen Revier, welche bis 80 Proz. und darüber ihrer gesamten Koksproduktion zwecks Herstellung von Sortimentskoks brechen und separieren. Die Separation der Kokerei Bahnschacht, welche für 750 t täglicher Leistung gebaut ist, besitzt drei voneinander unabhängige Aggregate, auf die der Koks durch drei Becherwerke gleichzeitig aufgegeben werden kann. Der Antrieb geschieht durch einen Elektromotor von 35 PS. Zum Zerkleinern des Kokses werden sogenannte Messerbrecher aus bestem Stahl verwendet. Der Brecher besteht aus zwei verstellbaren entgegengesetzt laufenden Walzen, die aus je 12 bis 16 Ringen zusammengesetzt sind, von denen jeder fünf Stahlmesser trägt (siehe Fig. 24, a und b). Jeder Ring besitzt T-artige Auskerbungen, in die hinein die gleichartig geformten Messer passen, die durch Auflegen des nächsten Ringes in ihrem Sitz

festgehalten werden. Die Messer, welche etwa alle 14 Tage erneuert werden müssen, laufen ineinander, das heißt, die Walzenringe sind so versetzt, daß immer ein Messer der einen Walze mit dem vorspringenden Stein der anderen Walze zusammenarbeitet, wobei der vorspringende Stein die Unterlage beim Zerschneiden des Kokes bildet. Die Arbeitsweise des Zerschneidens hat den Vorteil, daß der Fall an Kleinkoks erheblich geringer ist gegenüber beispielsweise solchen Brechern, bei denen die Zerkleinerung durch Quetschung hervorgerufen wird. Damit die Aufgabe auf den Brecher gleichmäßig verteilt wird, ist derselbe im oberen Teil der Separation angebracht. Das zerkleinerte Gut wird mittels rotierender Siebtrommel und Schüttelsiebes in die verschiedenen Sortimente, Würfel 50 bis 80 mm, Nuß I 35 bis 50 mm, Nuß II 20 bis 35 mm, Nuß III 10 bis 20 mm und Nuß IV in Körnung 5 bis 10 mm klassiert.

Die Kombination von Siebtrommeln und Schüttelsieb hat den Zweck, die bei den größeren Sortimenten auftretenden langen Stengel, welche sich in senkrechter Lage in die Maschen der Schüttelsiebe festsetzen und zu Verstopfungen Veranlassung geben können, durch die rotierende Bewegung der Trommel selbsttätig zu beseitigen.

Der beim Brechen und Sortieren des Kokes entstehende, auf die Arbeiter lästig wirkende Flugstaub wird in der gleichnamigen Koksseparation durch eine Entstaubung und Staubsammelanlage „System Beth“ entfernt. Der im Bethfilter abgezogene Staub von etwa 100 kg täglich wird der Kokssteine zugesetzt.

Zur Stapelung des Sortimentskokes, der für Heizzwecke zum größten Teil in den Wintermonaten abgerufen wird, dienen große Stapelplätze. Zur Bewältigung größerer Mengen bei starkem Abruf wird der Koks zweckmäßig als Fertigprodukt gestapelt.

Außer den Sortimenten des Brechkokes wird beim Stückkoks noch Gießerei- und Hochofenkoks unterschieden. Da für Gießereizwecke, zur Vermeidung von Verlusten infolge Kohlenoxydbildung, nur großstückiger, kompakter Koks geeignet ist, so muß bei diesem Koks im Gegensatz zum Hochofenkoks auf bessere Auswahl und sorgfältigere Verladung gesehen werden. Ein chemischer oder physikalischer Unterschied besteht zwischen beiden Marken sonst nicht.

Für die Bewertung des Kokes sind folgende chemische und physikalische Untersuchungen von Belang.

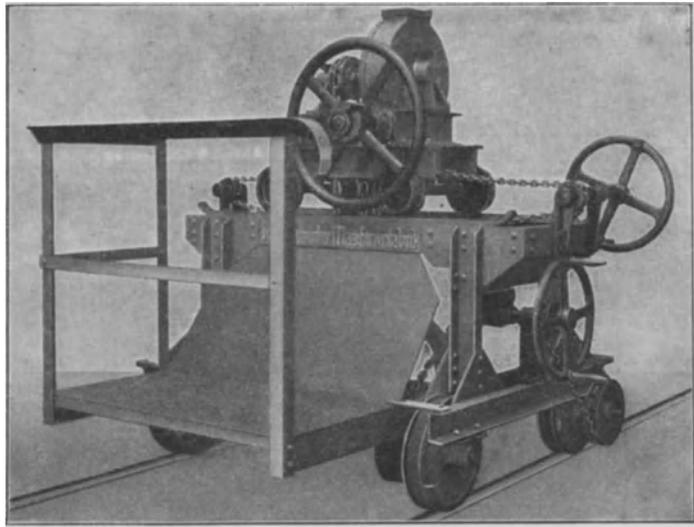
Feuchtigkeit. Die im Koks enthaltene Feuchtigkeit rührt vom Ablöschen des glühenden Kokes mittels Wasser her. Bei normalem Betriebe beträgt der Wassergehalt des abgelöschten Kokes etwa 4 Proz. Der Jahresdurchschnitt eines täglich

auf Feuchtigkeit untersuchten Kokes betrug auf einer Anlage Niederschlesiens 3,8 Proz. Das Wasseraufnahmevermögen beträgt bei glühendem Koks je nach der Porosität bis 50 Proz., bei abgelöschtem Koks etwa 25 Proz. Bei einer längeren Zeit nasser Witterung ausgesetzt gewesenen Haldenkoks mit 42 Proz. Porenraum betrug der Wassergehalt 20 Proz.

Die Probe zur Feuchtigkeitsbestimmung wird in der Weise genommen, daß ein Durchschnitt von etwa 50 kg in Faustgröße zerkleinert und hiervon wieder eine Durchschnittsmenge von etwa 10 kg durch ein Sieb von 15 mm gestampft wird. Von dieser Probe wird etwa 1 kg bei 120° getrocknet.

Für die Aschenbestimmung wird von derselben Probe etwa 1 kg in einem Mörser fein gestampft und hiervon etwa 50 g in einer Achatschale auf 1/2 mm Korn gerieben. Zur Aschenbestimmung

Fig. 22.



Koksofentürkabel zum Anheben und seitlichen Verschieben der Tür.

verwendet Verfasser dünnwandige Porzellanschälchen von 45 mm Durchmesser aus der Kgl. Porzellanmanufaktur, in denen 5 g abgewogen und in einem Muffelofen verascht werden. Diese Untersuchungsweise empfiehlt sich besonders bei einer größeren Anzahl Untersuchungsproben, die zweckmäßig des Nachts verascht werden, so daß der Betrieb am folgenden Tage die Resultate vom vorhergehenden Tage erhält.

Der Schwefel wird in bekannter Weise als Gesamtschwefel nach Eschka bestimmt. Wichtiger ist die Bestimmung des sogenannten schädlichen Schwefels, d. h. des Schwefels, der bei der Verbrennung in Form von schwefliger Säure entweicht und bei Verwendung des Kokes zu Hüttenzwecken durch Kalkzuschlag gebunden werden muß. Dieser Schwefel, der etwa 70 Proz. vom Gesamtschwefel beträgt, wird in der Weise bestimmt, daß 1 bis 2 g der fein gepulverten Kokssubstanz in einer schwer schmelzbaren Glasröhre in Sauerstoffstrom verbrannt und

die Verbrennungsgase durch eine mit bromierter Salzsäure gefüllte Winklersche Schlange geleitet werden, wobei die schweflige Säure zu Schwefelsäure oxydiert und mit Bariumchlorid gefällt wird.

Erscheinung hängt mit den schwefelhaltigen mineralischen Verunreinigungen der Kokskohle zusammen, die an den betreffenden Stellen die Backfähigkeit beeinträchtigen und locker gesinterte Koksmassen

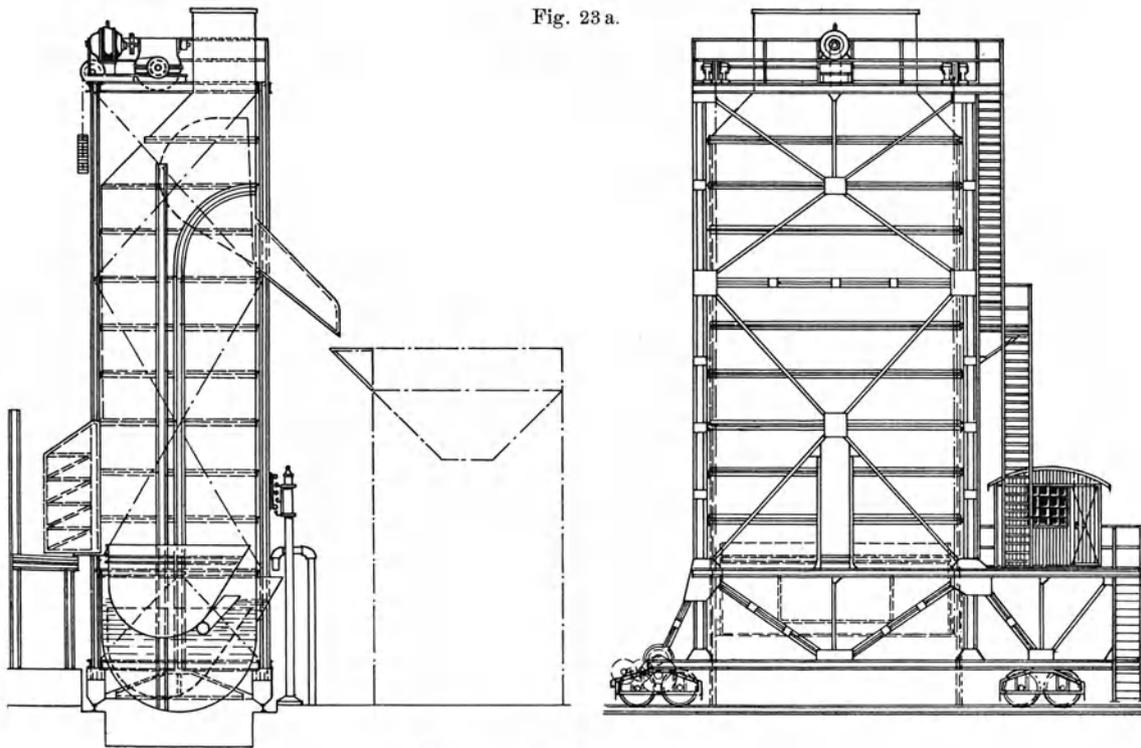


Fig. 23 a.

Kokslösch- und Verladeeinrichtung.

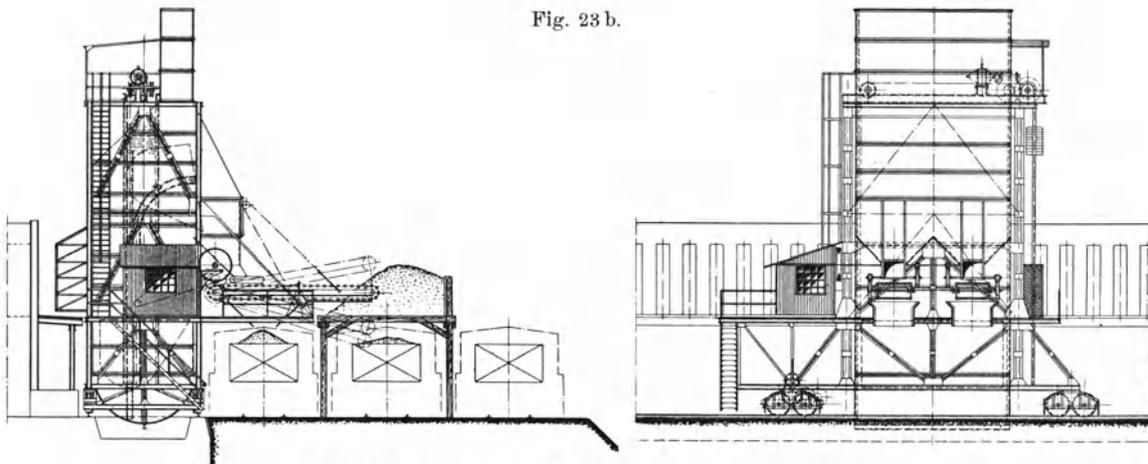


Fig. 23 b.

Kokslösch- und Verladeeinrichtung mit Separation.

Der Schwefelgehalt als Gesamtschwefel bewegt sich, wie schon an anderer Stelle erwähnt, zwischen 0,5 bis 2 Proz. In der sogenannten Kokslösche oder Staubkoks ist der Schwefel- und der Aschengehalt höher als im Stückkoks, und zwar kann dieser Unterschied im Schwefelgehalt 20 bis 30 Proz. und im Aschengehalt 30 bis 40 Proz. betragen. Diese

bilden, welche leicht abbröckeln und sich als Abrieb im Staubkoks wiederfinden.

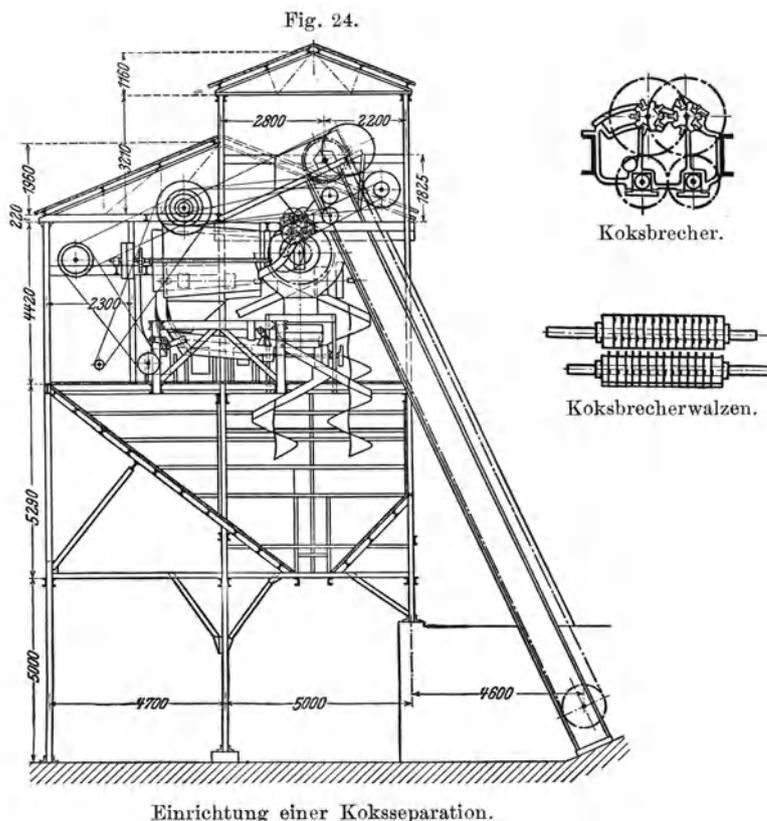
Der Brennwert wird zweckmäßig mit der calorimetrischen Bombe festgestellt, indem 1g der fein gepulverten Substanz in losem Zustande in das an den Platinpolen der Bombe aufzuhängende Tonschälchen gegeben wird. Verfasser hat auf diese

Weise stets vollkommene Verbrennung mit gut übereinstimmenden Werten erhalten. Zu beachten ist hierbei nur, daß die Kokssubstanz äußerst fein gerieben und in nicht über $\frac{1}{5}$ mm Korngröße zur Anwendung gelangt, da es anderenfalls vorkommen kann, daß keine völlige Verbrennung eintritt. Der Heizwert des Kokes richtet sich vorwiegend nach dem Aschengehalt und bewegt sich entsprechend zwischen 6800 und 7500 Wärmeinheiten.

Der Stickstoffgehalt wird zweckmäßig nach Kjeldahl bestimmt, in der Weise, daß 1g der äußerst fein gepulverten Kokssubstanz mit 20 ccm konzentrierter Schwefelsäure und 10 g Kaliumbisulfat in einem schräg gestellten langhalsigen

renz der nach der Elementaranalyse gefundenen und zusammengestellten Werte der Schwefel vielfach als Gesamtschwefel nach Eschka eingesetzt wird. Dies führt insofern zu Fehlern, als der nach Eschka mit bestimmte gebundene Schwefel in der Asche enthalten sein und so doppelt angegeben würde. Es darf somit bei der Bestimmung des Sauerstoffs aus der Differenz der Schwefel in der Zusammenstellung nur als flüchtiger Schwefel in Anrechnung gebracht werden¹⁾.

Bei der physikalischen Untersuchung des Kokes kommen die Bestimmungen des spezifischen Gewichtes, der Porosität und der Festigkeit bzw. der Zerreiblichkeit in Betracht.



Kochkolben auf dem Sandbade oder auf dem Drahtnetz bis zur völligen Zersetzung gekocht wird. Der Prozeß dauert etwa 24 bis 48 Stunden. Durch Zusatz von etwas Kaliumchromat kann man ihn auf etwa die Hälfte der Zeit verkürzen. Das gebildete Ammoniak wird mit Kalilauge unter Zusatz von etwas granuliertem Zink in $\frac{1}{10}$ -Schwefelsäure überdestilliert.

Die weitere Untersuchung des Kokes auf Kohlenstoff und Wasserstoff geschieht in der bekannten Weise im Verbrennungsrohr über Kupferoxyd und einer vorgelegten Schicht Bleichromat zur Absorbierung etwaiger flüchtig gewordener Schwefelverbindungen. Erwähnt sei an dieser Stelle noch kurz, daß zur Bestimmung des Sauerstoffs aus der Diffe-

Beim spezifischen Gewicht des Kokes unterscheidet man ein wirkliches und ein scheinbares spezifisches Gewicht. Unter letzterem versteht man das spezifische Gewicht des porenhaltigen Kokes im Originalzustande, wohingegen man unter wirklichem spezifischem Gewicht das spezifische Gewicht der Kokssubstanz, also des fein geriebenen Kokes ohne Poren versteht. Einfacher und verständlicher würde es lauten, wenn man spezifisches Gewicht des Kokes und spezifisches Gewicht der Kokssubstanz unterscheiden wollte.

Das spezifische Gewicht gibt Aufschluß über die Dichtigkeit des Koksgefüges und seine Verwend-

¹⁾ Stahl u. Eisen 10, 408 (1910).

barkeit für Gießereischmelzzwecke. Je dichter und schwerer ein Koks ist, desto besser eignet er sich als Gießereikoks. Es spielt hierbei aber auch noch die Struktur des Koksstückes, ob kompakt oder rissig, eine sehr wesentliche Rolle¹⁾.

Zur Bestimmung des scheinbaren spezifischen Gewichtes wird ein Gefäß von bekanntem Inhalt und Gewicht zunächst mit feinem Sand gestrichen gefüllt, der aus einem Trichter zufließt, dessen Höhe und Ausflußweite bei jeder Füllung zur Vermeidung von ungleich dichter Schüttung gleich bleiben muß²⁾. Das Alleingewicht des Sandes, welches man aus dem Gesamtgewicht abzüglich des Eigengewichtes des Gefäßes erhält, dividiert durch das Volumen, ergibt das spezifische Gewicht des Sandes. Nach dieser Feststellung gibt man das bei 120° getrocknete und gewogene Stück Koks in dasselbe Gefäß und füllt wieder bis zum Rande gestrichen mit Sand. Das Volumen dieses Zusatzsand, welches sich aus dem Gesamtgewicht abzüglich des Eigengewichtes des Gefäßes und des Kokes, dividiert durch das vorher gefundene spezifische Gewicht des Sandes, berechnet, wird abgezogen von dem Inhalt des Gefäßes und ergibt das Volumen des Koksstückes. Dividiert man dieses Volumen in das Gewicht des Kokes, so erhält man sein scheinbares spezifisches Gewicht.

Die Bestimmung des wirklichen spezifischen Gewichtes geschieht auf ähnliche Weise mit Hilfe eines Pyknometers. Als Flüssigkeit verwendet man zweckmäßig Schwefelkohlenstoff, dessen spezifisches Gewicht mittels eines Aräometers bestimmt ist. Nachdem zunächst das Alleingewicht der bis zur Marke des Pyknometers eingefüllten Schwefelkohlenstoffmenge festgestellt ist, gibt man 1 g der pulverisierten Kokssubstanz in das leere Pyknometergefäß und füllt bis zur Marke mit Schwefelkohlenstoff auf. Aus dem vorher bestimmten Alleingewicht der Flüssigkeit abzüglich der aus dem Gesamtgewicht berechneten aufgefüllten Flüssigkeit, dividiert durch deren spezifisches Gewicht, erhält man das Volumen der Kokssubstanz, das, durch das angewandte Gewicht dividiert, das wirkliche spezifische Gewicht des Kokes darstellt.

Das wirkliche spezifische Gewicht eines Kokes schwankt zwischen 1,2 bis 1,9, während das scheinbare spezifische Gewicht 0,7 bis 1,1 beträgt.

Eine für die Qualitätsbewertung des Gießereikokes wichtige Untersuchung bildet die Untersuchung des Porenraumes.

Der Zweck des Gießereikokes besteht darin, die zum Schmelzen des Eisens notwendige Temperatur im Kupolofen zu erzeugen. Es muß also darauf hingearbeitet werden, die zu Gebote stehende Wärmemenge des Brennstoffes vollständig auszunutzen; das geschieht durch Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlensäure. Poröser Koks bietet der Verbrennungsluft eine größere Kohlenstoffoberfläche dar,

d. h., dem Sauerstoff stehen eine größere Anzahl Kohlenstoffmoleküle zur Verfügung als bei dichtem Koks, so daß infolge der schnelleren Verbrennung leichter Kohlenoxyd entsteht, welches bei der meist vorherrschenden starken Windpressung im oberen Teil des Schachtes verbrennt und für die Schmelzung verloren geht¹⁾. Es wird für Gießereizwecke möglichst dichter und kompakter Koks zu verwenden sein, während für Hochofenzwecke, wo Kohlenoxyd im oberen Teil des Schachtes zur Reduktion der Erze benötigt wird, auch poröser Koks verwendet werden kann, vorausgesetzt, daß derselbe die genügende Härte besitzt. Ebenso eignet sich poröser Koks wegen seiner leichten und schnellen Verbrennlichkeit infolge der leichten Zugänglichkeit der Luft besonders für Beheizungsanlagen mit natürlichem Zug, Zimmeröfen usw. Der Porenraum oder die Porosität eines Kokes wird in der Weise bestimmt, daß man ein Stück Koks, dessen Volumen in der bereits vorher geschilderten Weise festgestellt ist, in heißes Wasser gibt und längere Zeit aufkocht, bis sämtliche Luft aus den Poren entwichen ist. Das Stück wird dann oberflächlich abgetrocknet und gewogen. Da 1 g Wasser 1 ccm entspricht, so ergibt das zugenommene Gewicht den Porenraum, der auf das angewandte Koks-volumen in Prozent den Porositätsgrad ausdrückt. Derselbe schwankt bei Koks zwischen 25 und 50 Proz.

Die Porosität eines Kokes ist unabhängig von seiner sonstigen Festigkeit und Härte, die in der Beschaffenheit der Porenwände begründet ist. Sind die Porenwände hart, so ist auch poröser Koks fest und hart, sind sie dagegen weich, so ist auch dieser Koks weich und leicht zerreiblich.

Bei der Festigkeitsbestimmung kommen die Untersuchungen auf Druckfestigkeit und Zerreiblichkeit in Betracht.

Für die Druckfestigkeitsbestimmung werden mittels eines Hohlbohrers aus mehreren Stücken Zylinder von 15 bis 20 mm Durchmesser und Länge hergestellt und auf einer Hebelpresse zerdrückt.

Die Druckfestigkeit pro Quadratcentimeter bewegt sich zwischen 60 und 180 kg; Koks aus westfälischer Fettkohle ergab eine Druckfestigkeit von 120 bis 175 kg/qcm, Koks aus gestampfter Saarkohle 120 bis 140 kg/qcm, Koks aus gestampfter oberschlesischer Kohle 120 bis 170 kg/qcm, niederschlesischer Koks aus gestampfter Kohle 160 bis 180 kg/qcm.

Da der Koks im Hochofen nur mit etwa 3 kg pro Quadratcentimeter belastet wird, so spielt die Zerdrückbarkeit bei der physikalischen Bewertung des Hochofenkokes keine so wesentliche Rolle. Viel wichtiger ist dagegen die Prüfung auf Zerreiblichkeit, da auf diese Weise die Widerstandsfähigkeit des Kokes gegen solche Einflüsse, wie sie beim Niedergang der Chargen im Hochofen auftreten, am besten festgestellt werden kann. Je nachdem der Abrieb ein großer oder geringer ist, wird der Koks weniger

¹⁾ Stahl u. Eisen 9, 521 (1904). — ²⁾ Ebenda 14, 844 (1906).

¹⁾ Stahl u. Eisen 1904, S. 521.

oder mehr fest und entsprechend weniger oder mehr für den Hochofenprozeß geeignet sein.

Zur Bestimmung des Abriebes, d. h. der Zerreiblichkeit des Koks, wird eine Trommel verwendet, die in einer bestimmten Zeit eine gewisse Anzahl Umdrehungen macht. In diese Trommel wird ein bestimmtes Quantum Koks gegeben, das nach der ein für allemal festgelegten Umdrehungszahl auf Sieben, die der Größe des Sortimentskoks entsprechen, abgesiebt wird. Aus den Mengenverhältnissen der Siebrückstände können dann vergleichende Werte über die jeweilige Härte des Koks erhalten werden. Simmersbach verwendet für diese Zwecke eine Trommel von 1 m Durchmesser, die in der Minute 25 Umdrehungen macht und 4 Minuten lang gedreht wird¹⁾. Eingesetzt werden 50 kg Koks, die nach dem Drehen über Siebe von 100, 80, 40, 25 und 10 mm Maschenweite abgesiebt werden. Er erhielt bei einem außergewöhnlich harten Koks auf dem 100 mm-Sieb = 45 Proz., auf dem 80 mm-Sieb = 20 Proz., auf dem 40 mm-Sieb = 25 Proz., auf dem 25 mm-Sieb = 3 Proz. und auf dem 10 mm-Sieb = 7 Proz. Rückstände. Ein noch hinreichend harter Koks in derselben Weise behandelt ergab folgende Werte: 100 mm-Sieb = 30 Proz., 80 mm-Sieb = 20 Proz., 40 mm-Sieb = 25 Proz., 25 mm-Sieb = 15 Proz., 10 mm-Sieb = 10 Proz. Rückstände.

Nebenproduktengewinnung. Die ersten Anlagen zur Kondensierung der Kohlendestillationsgase waren nach dem Muster der Gasanstalten eingerichtet. Nach den im Betrieb erkannten Vor- und Nachteilen wurden die Apparate durch weitere Verbesserungen und Umgestaltungen der Zweckmäßigkeit des Kokereibetriebes angepaßt.

Die von den Gasanstalten übernommenen nassen Vorlagen gehören im Kokereibetriebe zu den Seltenheiten und sind fast durchweg durch trockene Vorlagen ersetzt. Die trockenen Vorlagen, welche meistens aus Schmiedeeisen hergestellt sind und U-förmige Gestalt haben, sind mit der Ofenkammer durch sogenannte Steigerohre verbunden. Die Verbindung mit der Vorlage besteht aus einer Absperrvorrichtung, die neuerdings vielfach durch eine Drosselklappe oder durch einen drehbaren Krümmer gebildet wird. Im ersteren Falle ist im oberen Teil des Steigerohres eine von außen drehbare Klappe angebracht, während im zweiten Falle zwischen Steigerrohr und Vorlage ein abnehmbarer Krümmer die Verbindung darstellt, der am Steigerrohr und an der Vorlage außenliegende hydraulische Abdichtung erhält.

Die Destillationsgase treten mit einer Temperatur von etwa 500° in die Vorlage, wo sie sich auf 250 bis 300° abkühlen. Kurz nach dem Besetzen der Öfen mit feuchter Kokskohle weisen die Gase in den Steigerohren die höchsten Temperaturen auf, die infolge der hohen Wärmekapazität des Wasser-

dampfes bis 650° betragen. In der Vorlage scheidet sich der kohlenstoffreiche sogenannte Dickteer ab, der als solcher ausgeräumt oder durch Spülung mit Dünnteer in Lösung gehalten wird.

Zu der Ofenarmierung gehört noch eine weitere Einrichtung, die neuerdings von der Behörde bei solchen Anlagen vorgeschrieben wird, welche in der Nähe von bewohnten Häusern liegen. Diese Einrichtung besteht in der Unschädlichmachung der beim Besetzen der Öfen entweichenden Füllgase. Für diesen Zweck ist neben der Vorlage für die Destillationsgase eine zweite Vorlage angebracht, welche durch einen Ventilschieber mit dem Kaminzug in Verbindung gebracht werden kann. Die Vorlage hat in der Längsrichtung eine horizontal liegende Trennungswand, deren Räume an einem Ende kommunizieren, am anderen Ende durch je eine Rohrleitung mit dem Fuchs des Kanales in Verbindung stehen. Das Rohr der einen Kammer mündet vor, das andere hinter dem Kaminschieber. Durch die auf diese Weise in den Kammern hergestellten Depressionsunterschiede findet eine fortwährende Zirkulation von Verbrennungsprodukten durch die Vorlage statt, die eine Explosion beim Absaugen der Destillationsprodukte verhüten. Das Steigerrohr ist zwischen den beiden Vorlagen angebracht; wird der Ofen besetzt, so wird das eine Krümmerende mit der Kaminvorlage verbunden, während nach dem Besetzen durch eine Drehung des Krümmers um 180° die Verbindung mit der Destillationsvorlage hergestellt wird.

Ein anderer Weg, die abgeführten Füllgase zu beseitigen, besteht darin, die Zündungsgelegenheiten auszuschließen. Auf diesem Leitgedanken baut sich die von der Firma Salau & Birkholz in Essen gebaute Einrichtung auf, bei der die Füllgase durch einen Wasserverschluß in eine besondere Vorlage eingeführt werden. Der Abschluß wird durch eine Tauchglocke gebildet, die auf dem Abzweigstutzen eines jeden Steigerrohres angebracht ist und beim Besetzen des Ofens etwas angehoben wird, so daß der Flüssigkeitswiderstand zwecks Abführung der Füllgase entsprechend verringert wird¹⁾.

Bei Leuchtgaskokereien, wo die zweite Vorlage für die Absaugung des Leuchtgases dient, werden die beim Besetzen entweichenden Gase durch einen parallel der Längsachse der Ofengruppe in der Ofendecke liegenden und mit dem Kamin in Verbindung stehenden Kanal aus dem unteren Teil des Steigerrohres oder aus dem Fülloch der Kammer mittels eines abnehmbaren Verbindungskrümmers abgesaugt. Bei der Vorrichtung von Collin sollen die Füllgase in dem mit feuerfestem Material ausgemauerten Kanal verbrannt werden. Koppers hat neuerdings die Absaugung der Gase in ähnlicher Weise ausgeführt, nur setzt er dem Gasgemisch, da eine vollkommene Verbrennung der Gase bei der vorherrschenden Temperatur im Kanal ausgeschlossen ist, zur Vermeidung von

¹⁾ Stahl u. Eisen 1913, S. 515.

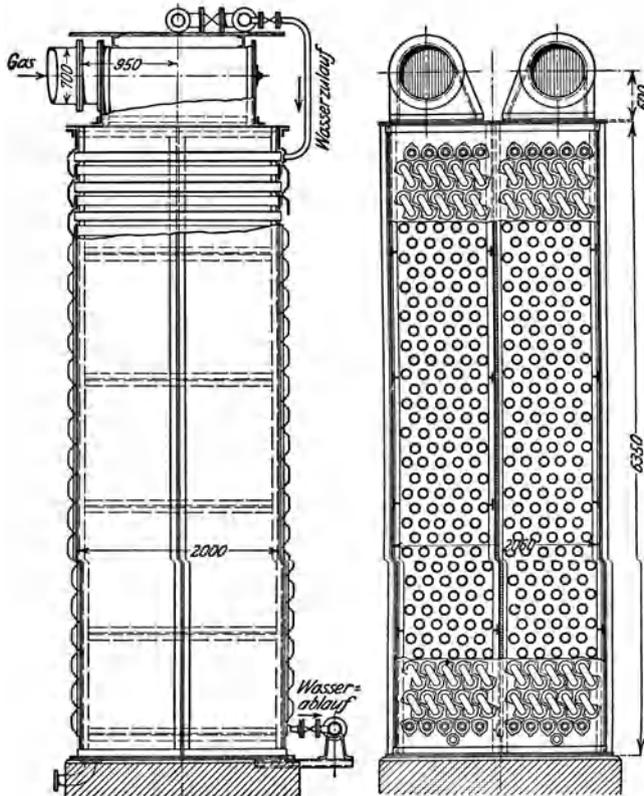
¹⁾ Stahl u. Eisen 1913, S. 489.

Explosionen indifferentes Verbrennungsgas aus der Heizkammer zu ¹⁾).

Bei der Kondensierung oder Verdichtung des Destillationsgases, die in der bekannten Weise in Luft- und Wasserrohrkühlern nach dem Gegenstromprinzip erfolgt, wobei das zu kühlende Gas zwecks besseren Kühleffektes stets von oben nach unten zu leiten ist, haben sich die Kühler mit horizontal liegenden Kühlröhren neuerdings vielfach eingeführt und bewährt. Neben guter Kühlung wird bei diesen Kühlern eine intensive Teerscheidung durch die Stoßwirkung des Gases

Zur ausreichenden Kühlung eines Kokereigases von 80 bis 100° C auf etwa 20° C sind für je 100 cbm Gas in 24 Stunden 1,2 bis 1,5 qm Wasserkühlfläche erforderlich. Voraussetzung für eine vollkommene Teerscheidung und gute Kühlung des Gases ist, die Geschwindigkeit desselben durch möglichst große Querschnitte der Kühlapparate auf ein Minimum zu reduzieren. Die Teer- und Wasserdämpfe werden bei der Kühlung bis auf denjenigen Teil verdichtet, der in dem gekühlten Gas als Dampf zugegen sein kann. Neben einer vollkommenen Teerscheidung muß durch richtige Kühlung für eine gleichzeitige Entfernung der namentlich bei heißgehenden Öfen im Gas stark auftretenden und bei ungenügender Scheidung zu späteren Verstopfungen führenden Naphthalindämpfe Sorge getragen werden. Da die im Gas vorhandenen Teernebel meistens ausreichen, um das Naphthalin aufzulösen, so muß zur Vermeidung einer vorzeitigen Scheidung des Teeres die Aufstellung der Verdichtungsapparate in möglicher Nähe der Ofengruppe erfolgen. Durch plötzliche Abkühlung, die man neuerdings allgemein anstrebt, werden die im Gas dampfförmig vorhandenen Bestandteile in Nebel umgewandelt, die das Naphthalin aufnehmen und mit niederschlagen. Die Teernebel dürfen daher nicht eher aus dem Gas abgeschieden werden, als bis auch das Gas seine niedrigste Kühltemperatur erreicht hat, weil im anderen Fall dasselbe wieder Naphthalin aus dem Teer aufnehmen würde. Nach Sainte-Claire Deville sind bei verschiedenen Temperaturen folgende Naphthalinmengen in 1 cbm Gas enthalten bzw. werden von demselben aufgenommen:

Fig. 25.



Intensivkühler mit zwangsläufiger Wasserführung „Bauart Otto“.

erzielt. Ferner kann jeder von oben nach unten durch außenliegende Krümmer verbundene Wasserrohrstrang einzeln ausgeschaltet werden, so daß derselbe einen unabhängigen Teil des ganzen Kühlsystems bildet. Der Vorteil hierbei liegt darin, daß bei einer oft notwendig werdenden Reinigung der verschlammten Wasserrohre der übrige Teil des Kühlers in Betrieb bleiben kann. Zwecks Reinigung der Rohre wird ein Rohrstrang durch oben und unten angebrachte Ventile abgesperrt und die Zugänglichkeit der Rohre durch einfaches Abheben der durch Klemmschrauben befestigten Krümmer ermöglicht (s. Fig. 25).

Temp. °C	Naphthalin-gehalt g	Temp. °C	Naphthalin-gehalt g	Temp. °C	Naphthalin-gehalt g
0	0,054	22	0,516	44	3,733
1	0,057	23	0,558	45	4,059
2	0,061	24	0,614	46	4,582
3	0,066	25	0,672	47	4,737
4	0,070	26	0,736	48	5,174
5	0,076	27	0,811	49	5,608
6	0,086	28	0,886	50	6,093
7	0,096	29	0,973	51	6,646
8	0,108	30	1,072	52	7,262
9	0,123	31	1,175	53	7,741
10	0,138	32	1,294	54	8,660
11	0,154	33	1,423	55	9,456
12	0,173	34	1,594	56	10,280
13	0,195	35	1,747	57	11,121
14	0,219	36	1,934	58	11,980
15	0,246	37	2,112	59	12,867
16	0,270	38	2,318	60	13,772
17	0,306	39	2,515	61	14,719
18	0,340	40	2,734	62	15,683
19	0,378	41	2,960	63	16,703
20	0,417	42	3,196	64	17,765
21	0,461	43	3,461		

Die Tension des Naphthalins beträgt:

bei 0°	0,022 mm Barometerstand
„ 10°	0,047 „ „
„ 20°	0,080 „ „
„ 30°	0,135 „ „
„ 40°	0,320 „ „

¹⁾ Stahl u. Eisen 1913, S. 1476.

Eine Verfeinerung der bisherigen rohen Kühlung, bei der Teer und der größere Teil des Ammoniaks in Form von Ammoniakwasser zugleich abgeschieden werden, suchen W. Feld und Kubierschky durch stufenweise Kühlung und Waschung der Gase zu erzielen ¹⁾. Aus den Koksofengasen sollen aufeinanderfolgend Pech, schweres und leichtes Teeröl, Leichtöl und konzentriertes Ammoniakwasser abgeschieden werden, wobei die fraktionierte Kühlung durch Waschung mit den im Betriebe gewonnenen eigenen Kondensaten bewirkt wird, in der Weise, daß ein Teil des im folgenden Kühler gewonnenen Produktes als Kühlflüssigkeit für den vorhergehenden Kühler bzw. Wascher benutzt wird, wobei die Waschflüssigkeit verdunstet und das hoher siedende Produkt als Kondensat abfließt. Der erste von fünf Washern wird mit schwerem Teeröl aus dem zweiten berieselt, wobei kondensiertes Weichpech abfließt. Mit 100 bis 180° tritt das Gas in den zweiten Wascher, für

auch in den Kokereien gut bewährt haben. Die Gassauger, von denen einer in Reserve sein muß, werden entweder durch Transmission oder durch direkt gekuppelte Maschinen betrieben. Letztere Betriebsweise ist zur Gewährleistung eines unabhängigen sicheren Betriebes vorzuziehen.

Mit der zunehmenden Anwendung der Dampfturbinen und Elektromotoren haben sich in letzter Zeit in der Kokerei für die Ansaugung und Fortschaffung des Gases schnelllaufende, mit den Rotationsmaschinen direkt gekuppelte Kreisel- oder Turbogebälse Eingang verschafft ¹⁾, die einen Wirkungsgrad von etwa 68 Proz. ergeben. Die vorteilhafte Verwendung dieser Maschinen setzt große Gasmengen voraus, deren Druckerhöhungen in verhältnismäßig niedrigen Grenzen bleiben.

Das Turbogebälse von Brown, Boverie Co. (s. Fig. 26), besteht aus dem rotierenden Teil der Welle, welche ein oder mehrere mit stählernen

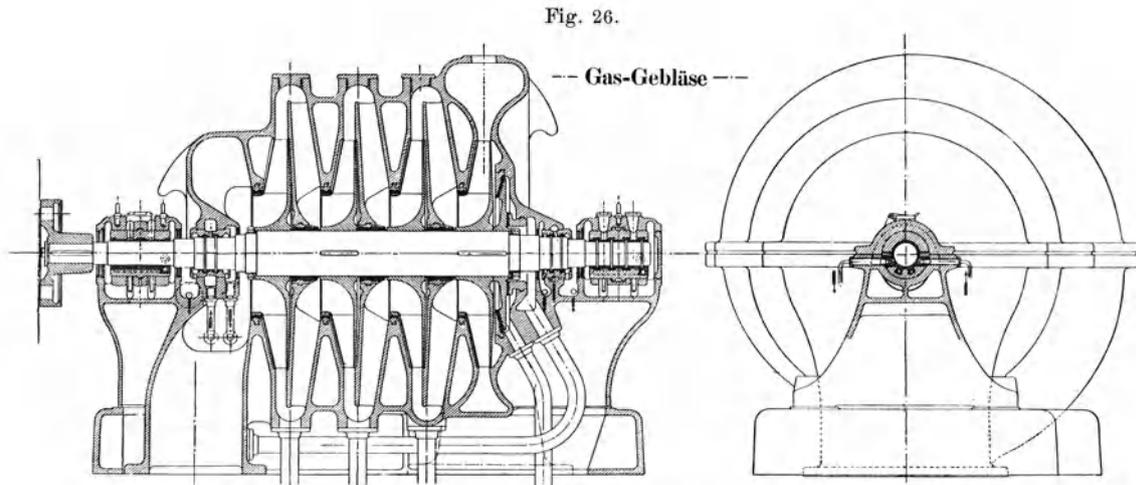


Fig. 26.

Turbogebälse von Brown, Boverie Co.

den leichtes Teeröl aus dem dritten Wascher als Waschflüssigkeit genommen wird: es fließt schweres Teeröl ab. Das Gas gelangt mit 70 bis 120° in den dritten Wascher, der mit Leichtöl aus dem vierten Wascher berieselt wird: man gewinnt leichtes Teeröl. Das mit 50 und 90° austretende Gas tritt in den vierten Wascher, auf den schweres Teeröl aus dem zweiten Wascher gegeben wird: es fließt mit Benzol angereichertes Waschöl ab, das nach Abtreibung des Benzols als schweres Teeröl auf den vierten Wascher zurückgeht. Das kondensierte Gaswasser geht nach Kühlung auf die untere Hälfte des fünften Washers, während die obere Hälfte mit Wasser berieselt wird.

Zum Ansaugen des Gases finden noch größtenteils die von den Gasanstalten her bekannten dreiflügeligen Exhaustoren Verwendung, die wegen ihres ruhigen Ganges und ihres verhältnismäßig geringen Kraftverbrauches bei hoher Leistung sich

Schaufeln versehene Räder trägt, und aus dem feststehenden Gehäuse, welches mit einer Reihe von Leitelementen versehen ist, zwischen denen je ein Rad des beweglichen Teiles zu stehen kommt. Das Gas tritt an der Nabe eines Schaufelrades ein und entweicht aus diesem in einen als Diffusor wirkenden Raum, in welchem die Geschwindigkeit in Druck umgewandelt wird. Von der Peripherie dieses Raumes wird das Gas durch einen mit Leitschaufeln versehenen Kanal nach der Mitte des nächsten Rades geleitet, von wo sich der gleiche Vorgang wiederholt. Der Druck nimmt hierbei von einem Kreisrad zum anderen nach dem Durchgang durch jeden Diffusor zu und kann deshalb durch Hintereinanderschaltung von einzelnen Stufen zu einer beliebigen Höhe gesteigert werden. Da die Gase im Gebälse flüssigen Teer niederschlagen, so werden an jeder Stufe Ablaßrohre vorgesehen. Die angesaugte Gasmenge ist, wie bei den Zentrifugal-

¹⁾ Stahl u. Eisen 1910, S. 1246.

¹⁾ „Glückauf“ 1913, S. 888 bis 899.

pumpen, der Umlaufgeschwindigkeit unmittelbar proportional, während der Druck sich ungefähr mit dem Quadrat der Geschwindigkeit ändert und jeweils proportional dem spezifischen Gewicht des Gases ist. Es ergibt sich hieraus für jeden gewählten Druck durch die zulässige Umfangsgeschwindigkeit eine obere und untere Belastungsgrenze, die in jedem einzelnen Falle für eine vorteilhafte Anwendung des Turbogebläses bestimmend ist.

Die Vorzüge der Turbogebläse bestehen darin, daß man sie mit Rotationsmotoren direkt kuppeln und somit die Vorteile der letzteren voll ausnutzen kann. Außerdem beanspruchen diese Gebläse in

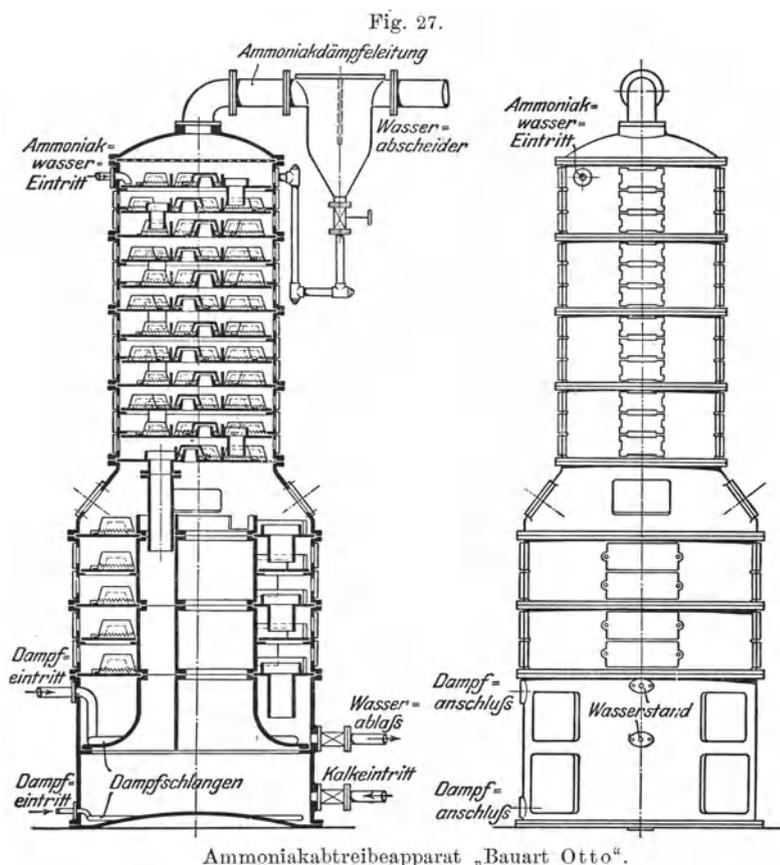
3330 pro Minute und einem Kraftverbrauch von 156 PS eine stündliche Leistung von 24 000 cbm mit einer Pressung von 1200 mm Wassersäule.

Für geringe Gegendrucke von 200 bis 500 mm werden die durch besondere Einfachheit sich auszeichnenden Turbosauger, Bauart Parson, benutzt. Dieser Sauger besteht aus einem kurzen zylindrischen Gehäuse, das an jedem Ende einen nach oben oder nach unten gerichteten, mit Stopfbüchsen versehenen Krümmer trägt, durch den die Welle für das Laufrad führt. Im Inneren des Gehäuses ist der sogenannte Diffusor befestigt, welcher aus schraubenartig gewundenen, in der Mitte zu einer Nabe auslaufenden Leitringen besteht, vor denen sich die auf der Welle angebrachten Propeller bis zu 8000 Umdrehungen in der Minute bewegen. Die Welle läuft in Kugellagern, die mit Wasserkühlung und Druckölschmierung versehen sind. Durch Einbau einer größeren Anzahl von Diffusoren und Propellern kann die Leistung sowie der Überwindungsdruck entsprechend erhöht werden.

Die Regelung der Saugung erfolgt im Kokereibetriebe meistens durch ein in die Umgangsleitung eingebautes Ventil, das im geschlossenen Zustande die Saugung verstärkt, während dasselbe beim Öffnen Gas aus der Druckleitung eintreten läßt und die Saugung reduziert.

Zur weiteren Reinigung und Kühlung des Gases, dessen Temperatur in den Saugern meistens um einige Grade zugenommen hat, werden entweder Apparate mit kombinierter Kühlung und Waschung benutzt, oder aber man verwendet im Kokereibetriebe die vielfach eingeführten und sich gut bewährenden Teerscheider nach System Pelouze-Audouin. Die ersten Apparate und Röhrenwasserkühler waren die mit senkrechten oder horizontal liegenden Röhren (System Reutter), durch die das Kühlwasser geleitet wird, während das Gas dem Lauf des Kühlwassers entgegentreit und von oben durch Zer-

stäubungsdüsen mit schwachem Ammoniakwasser gleichzeitig berieselt wird. Der Teerscheider Pelouze arbeitet auf trockenem Wege, wobei die letzten Teerreste nach dem Prinzip der Stoßwirkung entfernt werden. Das Gas tritt zu dem Zweck unter eine mit Gegengewicht ausbalanzierte Sieb-glocke, deren Unterrad durch eine Teerfüllung abgesperrt ist. Die meist rechteckig hergestellten Glockenflächen bestehen aus zwei hintereinander angeordneten Blechen mit schlitzartigen Öffnungen, die gegeneinander versetzt sind, so daß das Gas durch die Sieblöcher des ersten Mantels auf die Stoßfläche des nächsten Mantelbleches aufprallt. Wird durch eintretende Verstopfungen einzelner



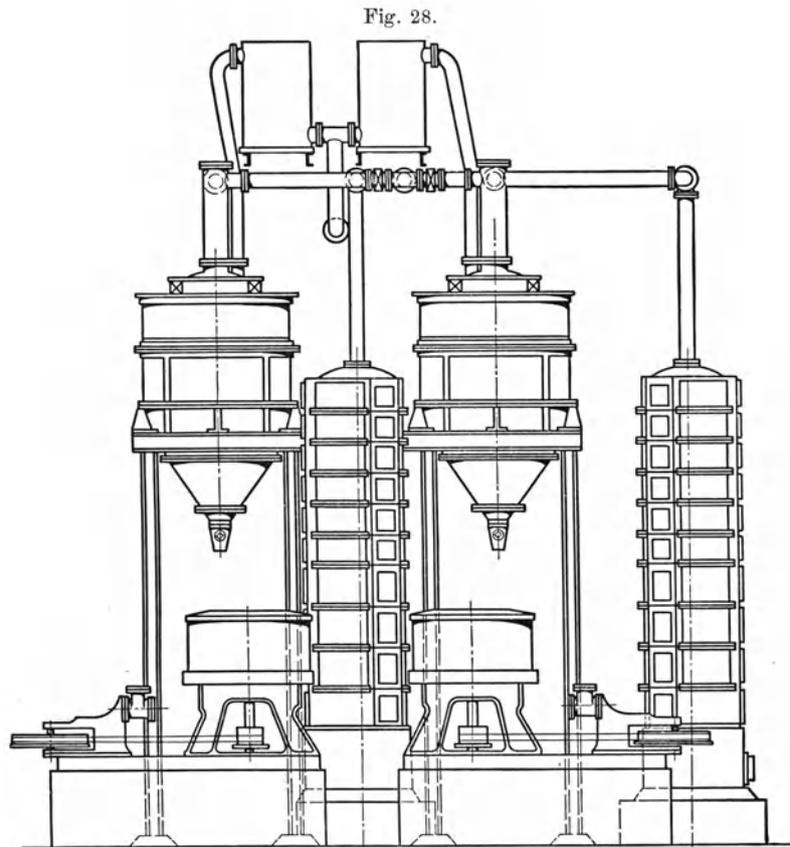
Anbetracht ihrer großen Leistungsfähigkeit nur wenig Raum. Zum Antrieb werden neben Dampfturbinen Elektromotoren gewählt, die zur Vermeidung von Funkenzündungen ventiliert gekapselt sein müssen. Die Umdrehungszahl, die sich leicht regulieren läßt, beträgt meistens etwa 3000 pro Minute. Zuweilen werden zum Antrieb auch Dampfturbinen mit einer Umdrehungszahl von etwa 3500 gewählt. Ein elektrisch angetriebener achtstufiger Turboexhauster hatte bei 2800 Touren in der Minute und einer stündlichen Fördermenge von 2200 cbm auf 1400 mm Wassersäule einen Kraftverbrauch von 20 PS. Ein mit einer Dampfturbine gekuppelter Gasturboexhauster ergab bei einer Tourenzahl von

Sieböffnungen der Durchgangsquerschnitt reduziert, so hebt sich durch die dadurch entstehende Druckerhöhung die Glocke selbsttätig, um durch Infunktions-tretenlassen einer größeren Siebfläche den Druck wieder auszugleichen. Die Teerscheidung ist sehr intensiv und geht am besten zwischen 25 bis 30° vor sich.

Die Gewinnung des Ammoniaks, von dem rund 50 Proz. schon mit dem Kondenswasser bei der Teerkühlung abgeschieden sind, erfolgt entweder indirekt durch vorherige Waschung des Gases mit kaltem Wasser und Abtreibung des Ammoniaks aus dem ammoniakhaltigen Wasser oder direkt durch Einleiten der ammoniakhaltigen Destillationsgase in Schwefelsäure. Bei dem ersteren Verfahren werden zur Waschung der Gase Hordenwäscher verwendet, die gegenüber den alten gußeisernen Glockenwäschern den Vorteil eines etwa vierfach geringeren Druckverlustes haben und dem Gasstrom eine verhältnismäßig große Berieselungsfläche darbieten. Die Wascher bestehen aus 12 bis 15 m hohen, meist zylindrisch geformten schmiedeeisernen Behältern von 3 m Durchmesser, welche von unten bis oben mit Holzhornden ausgestattet sind. Die Holzhornden sind Bündel aus flachkeilförmigen, auf Hochkante gestellten Brettern, welche an der Unterkante zackenartige Ausschnitte tragen, durch welche eine bessere Verteilung des Wassers durch Tropfenbildung hervorgerufen wird. Die Berieselung erfolgt durch eine Anzahl Düsen, welche an der Ausflußstelle einen Teller tragen, auf den das Wasser ausfließt und eine sprühartige Verteilung auf die Hordenfläche bewirkt. Das Gas steigt dem herunterrieselnden Wasser von unten nach oben entgegen. Die Wascher werden hintereinandergeschaltet und derartig betrieben, daß der Schlußwascher mit frischem Wasser berieselt wird, das in einen Sammelbottich fließt, aus dem eine Pumpe von 6 bis 9 cbm stündlicher Leistung das Wasser kontinuierlich über den Wascher pumpt. Der Überlauf dieses Topfes, dessen Menge durch die Zusatzmenge des Frischwassers bedingt wird, fließt in den nächsten Topf des zweiten Waschers, wo ebenfalls eine Pumpe von gleicher Leistung das Wasser fortwährend über den zweiten Wascher zirkulieren läßt, und so fort. Auf diese Weise wird bei verhältnismäßig geringem Frischwasserverbrauch eine starke Anreicherung des Wassers an Ammoniak ermöglicht. Man kann pro 100 000 cbm Gas einen Frischwasserverbrauch von etwa 30 cbm rechnen, an kalten Tagen weniger,

an wärmeren etwas mehr. Die Anreicherung des Wassers beträgt 1,2 bis 1,4 Proz. Als Waschfläche rechnet man zweckmäßig je nach Güte des Wassers 7 bis 8 qm für je 100 cbm Gas. Ein runder Wascher von 12 m Höhe und 3 m Durchmesser hat rund 3000 qm Waschfläche.

Neben stehenden Waschern werden zum Auswaschen des Ammoniaks auch rotierende Wascher, System Holmes, verwendet. Diese Wascher bestehen aus einem wagrecht liegenden gußeisernen Trommelgehäuse, das im Inneren durch Scheidewände in mehrere Kammern geteilt ist. In diesen



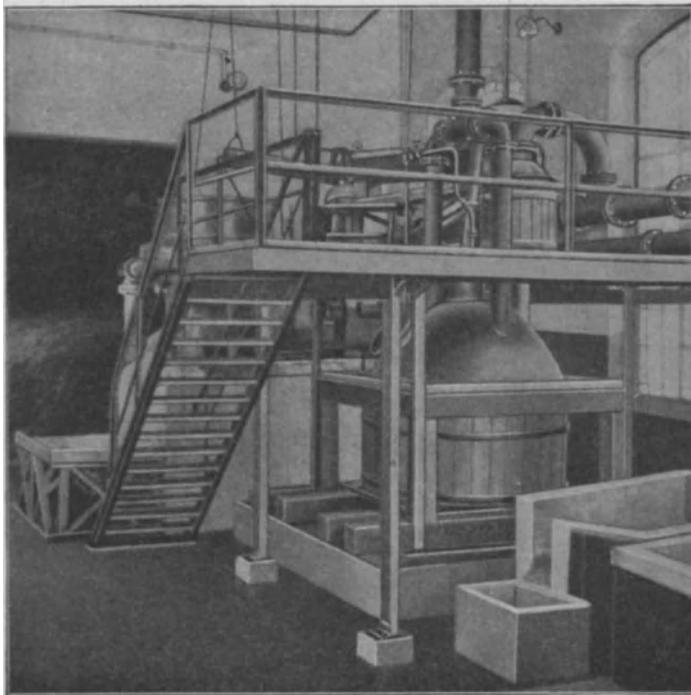
Ununterbrochen arbeitende Sättigungsapparate mit Untenentleerung.

Kammern bewegen sich auf einer rotierenden Welle Bürsten aus Piassavafasern oder besser Holzstäben, welche zur Vermeidung von Kesselsteinansätzen mit Paraffin oder Wachs überzogen werden. Durch die Bürsten findet eine feine Zerteilung des Wassers und eine innige Berührung mit dem Gase, das sich durch die Bürsten durcharbeiten muß, statt. Der Frischwasserverbrauch ist gering und stellt sich auf ungefähr 10 cbm pro Wascher von etwa 50 000 cbm Leistung.

Zum Abtreiben des im Wasser an Schwefel, Kohlensäure, schweflige Säure, Cyan, Chlor und Schwefelsäure gebundenen Ammoniaks dienen Destillierapparate, sogenannte Kolonnenapparate, die aus

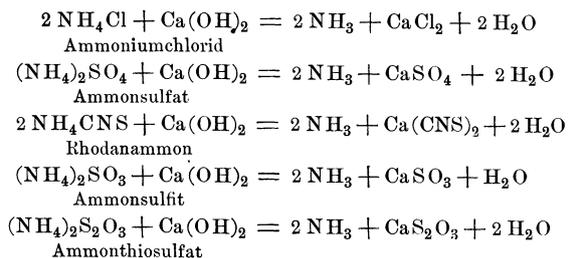
mehreren Abteilungen zusammengesetzt sind und im unteren Teil das Kalkzersetzungsgefäß tragen. Die einzelnen Abtreibekolonnen tragen gezackte Hauben, an denen vorbei oder über die durch Zwangsführung das Ammoniakwasser geleitet wird, während der Dampf sich unter den Glocken durcharbeitet. Die Höhe der Haubentauchung wird durch einen Überlaufstutzen bedingt, der in jeder Kolonne angebracht ist, und durch den das Ammoniakwasser von einer zur anderen Kolonne befördert wird. Das Wasser, welches durch den entgegenströmenden Dampf von seinen flüchtigen Verbindungen $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, NH_4CN , NH_4SH befreit ist, tritt nun in das Kalkgefäß, wo eine Umsetzung der im Wasser vorhandenen fixen Salze,

Fig. 29.



Ununterbrochen arbeitender Sättigungsapparat „System Wilton“.

die je nach dem Salzgehalt der verkokten Kohle 5 bis 40 Proz. des gesamten Ammoniaks betragen können, durch zugeführte Kalkmilch erfolgt:



Die heute in Betrieb befindlichen verschiedenen Systeme von Feldmann, Dr. Otto, Koppers usw.

beruhen alle auf demselben Prinzip. Der Erfolg bei allen Abtreibeapparaten liegt in der genügend großen Verteilungsfläche, auf der das Ammoniakwasser und nachher das Kalkgemisch mit dem Dampf in innige Berührung kommt. Namentlich für solche Wässer, welche viel gebundenes Ammoniak enthalten, ist für eine ausreichende Kalkzersetzungsfläche Sorge zu tragen. Während Feldmann und Koppers neben dem Hauptabtreiber noch einen besonderen Kolonnenapparat aufstellten, auf den das aus dem Hauptapparat überlaufende Ammoniakwassergemisch nochmals auf besondere Kolonnen verteilt und ausgekocht wird, ist diese Verteilung bei den Dr. Ottoschen Apparaten im unteren Teil des Hauptapparates untergebracht (s. Fig. 27).

Der Dampfverbrauch beträgt rund 300 kg pro Tonne Ammoniakwasser.

An Stelle der Handpumpen, bei denen man auf die Zuverlässigkeit der Arbeiter angewiesen war, geschieht neuerdings die Kalkzuführung fast allgemein durch automatisch wirkende Dampfpumpen, welche periodisch arbeiten, und deren Hubtätigkeit durch eine Membran- oder durch eine Pendelwerksteuerung eingestellt werden kann.

Die Abwässer, welche in 1 cbm noch etwa 25 bis 30 g Ammoniak und außer den bereits genannten Kalkverbindungen noch zum Teil an Kalk gebundene Phenole und sonstige in Wasser gelöste Teerverbindungen enthalten, werden in Klärteiche geleitet, wo die abgeschiedenen Kalkbestandteile mittels Baggers oder Kettenpumpe gehoben und in dickflüssigem Zustande durch ein Fluter auf die Schlammhalde befördert werden. Die geklärten, durch das Vorhandensein organischer Teerverbindungen bei Gegenwart von Kalk sich braun färbenden Abwässer gehen entweder in die Vorflut, oder sie werden, wo brennende Berghalden vorhanden sind, auf diesen zweckmäßig vernichtet.

Das abgetriebene Ammoniak wird allgemein in der Kokereiindustrie durch Einleiten in Schwefelsäure als Ammoniumsulfat gewonnen. Hierzu dienen Sättigungskästen, die entweder periodisch oder kontinuierlich betrieben werden. Bei der ersteren, älteren Einrichtung gibt man eine bestimmte Menge Schwefelsäure in den Sättigungskasten von meistens viereckiger Form, der innen ausgebleit ist, läßt das angesetzte Bad von etwa 45° Bé vollständig garen und schöpft nach Außerbetriebsetzung des Kastens das erhaltene Sulfat mittels durchlochter kupferner Kellen auf eine Abtropfbühne.

Bei den kontinuierlichen Sättigungskästen bleibt der Apparat ständig im Betrieb, und das Salz wird mechanisch abgezogen. Die ersten dieser Kästen waren runde, 4 m hohe

schmiedeeiserne Behälter von 1,8 bis 2 m Durchmesser, deren Boden konisch zuläuft und einen Hahn aus Phosphorbronze trägt. Der Behälter ist innen ausgebleit und zwar zur besseren Haltgebundung des Bleies aus drei bis vier Teilen zusammengesetzt, deren Flanschenverbindungen den an diesen Stellen umgebördelten Bleimantel festhalten. Der obere Teil trägt wie beim periodisch betriebenen Sättigungskasten eine Tauchglocke aus Blei, unter die die Eintauchrohre münden, und unter der die schädlichen, nicht absorbierten Gase abgesaugt werden. Das Salz setzt sich in dem trichterförmigen Boden ab und wird periodisch durch Öffnen des Hahnes in eine Zentrifuge abgezogen und geschleudert. Die ausgeschleuderte Lauge fließt in ein Gefäß, woraus sie mittels Ejektors wieder in das Bad gebracht wird. Bei dieser Einrichtung (s. Fig. 28) fallen die schwierigen Arbeiten des Aus-

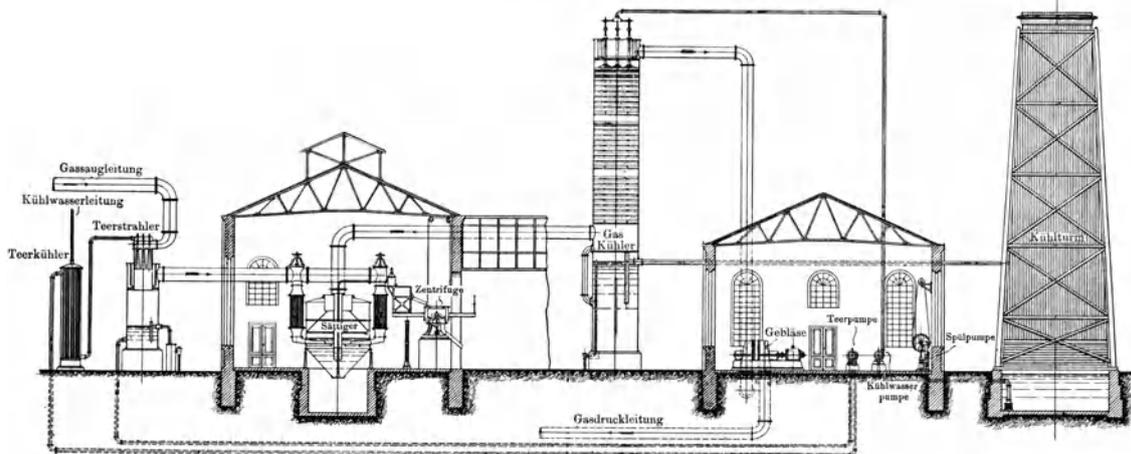
weichender Ammoniakgase in dünnem Strahl dem Bade kontinuierlich zufließt.

Der geschlossene Apparat, der neben der einfachen Arbeitsweise vor den offenen Sättigungskästen den Vorteil hat, daß die beim Kochen entstehenden, für den Arbeiter lästig wirkenden Schwaden nicht in den offenen Raum gelangen, bildet den Übergang zu dem heutigen direkten Ammoniumsulfatgewinnungsverfahren.

Bei diesem Sulfatgewinnungsverfahren fällt die Waschung des Gases mit Wasser fort, indem das ammoniakhaltige Destillationsgas direkt in Schwefelsäure geleitet wird.

Franz Brunck war der erste, welcher in Deutschland das Ammoniak aus dem Destillationsgas durch direktes Einleiten der heißen Destillationsgase in Schwefelsäure gewann, indem er den Teer durch Zentrifugieren der Destillationsgase zu ent-

Fig. 30.



Das alte sogenannte „direkte Verfahren“ von Otto mit heißer Teerscheidung.

schöpfens und die damit verbundenen höheren Betriebskosten fort.

Eine weitere Vervollkommnung dieser Salzgewinnung bildet das *Wiltonsche* System (s. Fig. 29). Dieser vollständig geschlossene Apparat besteht aus einem runden Bleibehälter mit Holzverkleidung, in welchen die aus dem Wasser abgetriebenen Ammoniakdämpfe durch zwei am Boden angebrachte siebartig durchlöchernte Verteilungsrohre eintreten. Das Salz sammelt sich in einer Bodenvertiefung und wird mittels eines durch komprimierte Luft oder Dampf betriebenen Ejektors in eine Sättierpfanne gehoben, wo die abfließende Lauge in einen Topf gelangt, dessen Flüssigkeit mit der Flüssigkeit des Sättigungskastens kommuniziert, und aus dessen Höhe der Stand des Bades im Kasten beobachtet werden kann. Die Abdämpfe werden durch eine besondere Leitung abgeführt, die zur Zurückhaltung mitgerissener Flüssigkeitsteilchen einen Scheidtopf trägt, durch den die Schwefelsäure zur gleichzeitigen Bindung etwaiger aus dem Bade ent-

fernen suchte¹⁾. Brunck verwendete Schwefelsäure von 66° Bé und konnte eine Verdünnung des Säurebades nur dadurch verhüten, daß er die Gase mit 140° in den Sättiger einführte. Das Verfahren scheiterte an der Schwierigkeit, den Teer bei so hohen Temperaturen rationell auszuscheiden.

Dr. Otto griff dieses Verfahren auf, indem er statt der unvollkommen arbeitenden Zentrifuge zur Entfernung des Teers ein mit Teer betriebenes Strahlgebläse verwendete, mit dem es nach Hilgenstock auch bei Temperaturen des Gases bis 100° möglich war, eine noch gute Teerscheidung zu erzielen²⁾. Statt der Strahlgebläse wurden später Vielstrahlapparate verwendet, die mit Teerwasser beschickt werden und eine erheblich geringere Betriebskraft beanspruchen (Fig. 30). Die den Sättigungsapparat verlassenden heißen Gase werden bei diesem Verfahren zwecks Abscheidung der Wasserdämpfe in

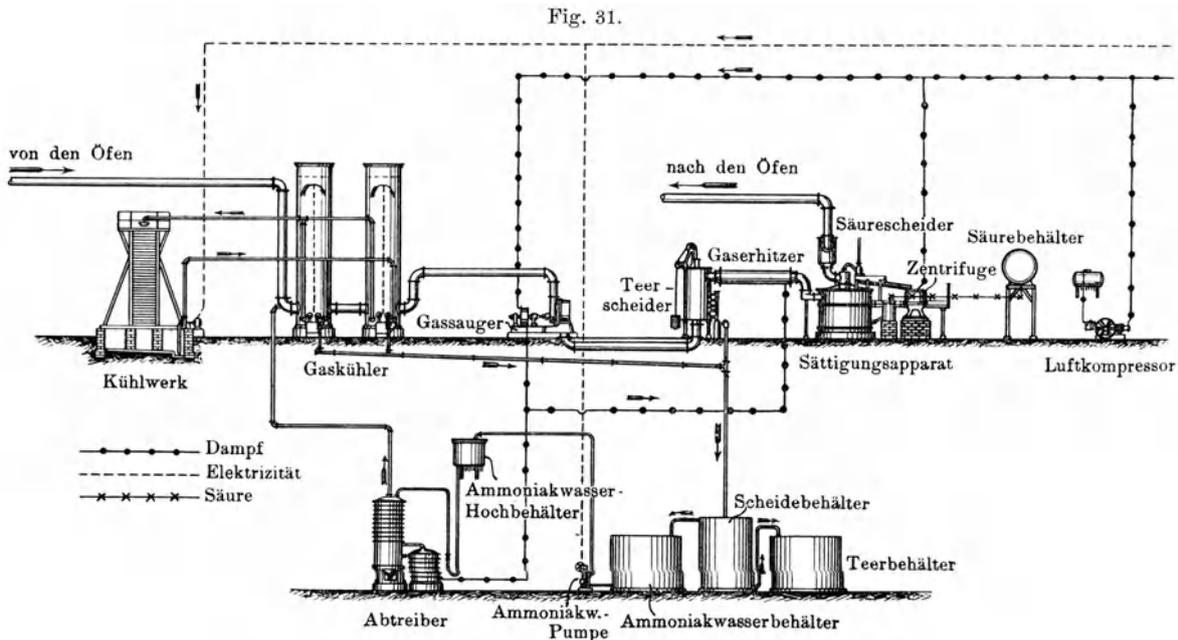
1) Stahl u. Eisen 1909, S. 1787. — 2) Ebenda, S. 1644.

Kühlern gekühlt und mittels Exhaustoren zur weiteren Verwendungsstelle befördert. Das bei diesem Verfahren unter dem bei 70° liegenden Taupunkt abgeschiedene Ammoniakwasser, sowie das zum Betrieb des Strahlapparates dienende Teerwasser wird nach Anreicherung der fixen Ammoniums Salze im Sättiger, oder getrennt auf Chlorammonium, oder in Abtreibeapparaten unter Zusatz von Kalk verarbeitet.

Zu diesen sogenannten direkten Verfahren mit heißer Teerscheidung, bei denen, abgesehen von den Naphthalinschwierigkeiten usw.¹⁾, der thermische Gleichgewichtszustand sich nur durch besondere Heizvorrichtungen, Heizung der Sättigerwände, oder mittels im Sättiger angebrachter Dampfschlangen erreichen ließ, zählt auch noch das Semet-Solvaysche Verfahren, welches den Teer in Kolonnenwaschern,

bei der Kühlung des Gases sich mit dem Teer abscheidende Ammoniakwasserkondensat, welches zum größten Teil fixe Ammoniaksalze enthält, wird auf einem Abtreibeapparat abdestilliert und das freigewordene Ammoniak den von den Öfen kommenden Destillationsgasen wieder zugeführt, um mit diesen in den Sättigungsapparat zu gelangen (siehe schematische Darstellung Fig. 31).

Das Mont-Cenis-Verfahren unterscheidet sich von dem Kopperschen Verfahren dadurch, daß kein Überhitzer vorgesehen ist und die Ammoniakdämpfe des destillierten Kondenswassers dem Gas unmittelbar vor Eintritt in den Sättiger zugeführt werden. Der Teerscheider befindet sich hier vor dem Sauger an einer Stelle der Gasleitung, wo die Temperatur ungefähr 40° beträgt.



Das Koppersche Teer- und Ammoniakgewinnungsverfahren.

die mit heißem Teer berieselt werden, trennt, sowie das von Simon Carvet, welcher hierfür cyklonenartig wirkende Abscheider verwendet.

Von vorstehenden Verfahren unterscheidet sich das sogenannte halbdirekte Verfahren von Koppers²⁾, welches die alte vollkommene Teerscheidung durch Kühlung der Destillationsgase unter den Taupunkt beibehält und die Destillationsgase vor Eintritt in den Sättigungskasten durch Abdämpfe usw. oder durch Austausch der von den Öfen kommenden heißen Destillationsgase auf 40 bis 80° wieder vorwärmt, um im Sättigungskasten eine Verdampfung des Verdünnungswassers der Schwefelsäure zu ermöglichen und durch Wärmestrahlung entstehende Verluste auszugleichen. Das

¹⁾ Stahl u. Eisen 1910, S. 1801. — ²⁾ Ebenda, S. 113.

Der Gang des halbdirekten Verfahrens von Collin ist fast der gleiche, nur werden die vom Abtreiber kommenden Ammoniakdämpfe dem Sättiger so zugeführt, daß eine Vereinigung mit dem Koksofengas nicht stattfindet.

Den Weg der kalten Teerscheidung hat neuerdings auch die Firma Dr. Otto gewählt, nachdem die Praxis gezeigt hat, daß der anfänglich beschrittene direkte Weg zum Sättiger ohne jegliche Zwischenkühlung eine Menge nachteiliger Begleiterscheinungen¹⁾ im Gefolge hat, die das Verfahren als technisch und wirtschaftlich nicht vollkommen erscheinen lassen.

Während bei dem Kopperschen Verfahren eine Kühlung und ein Wärmeaustausch der Gase auf indirektem Wege stattfindet, wird dies bei dem

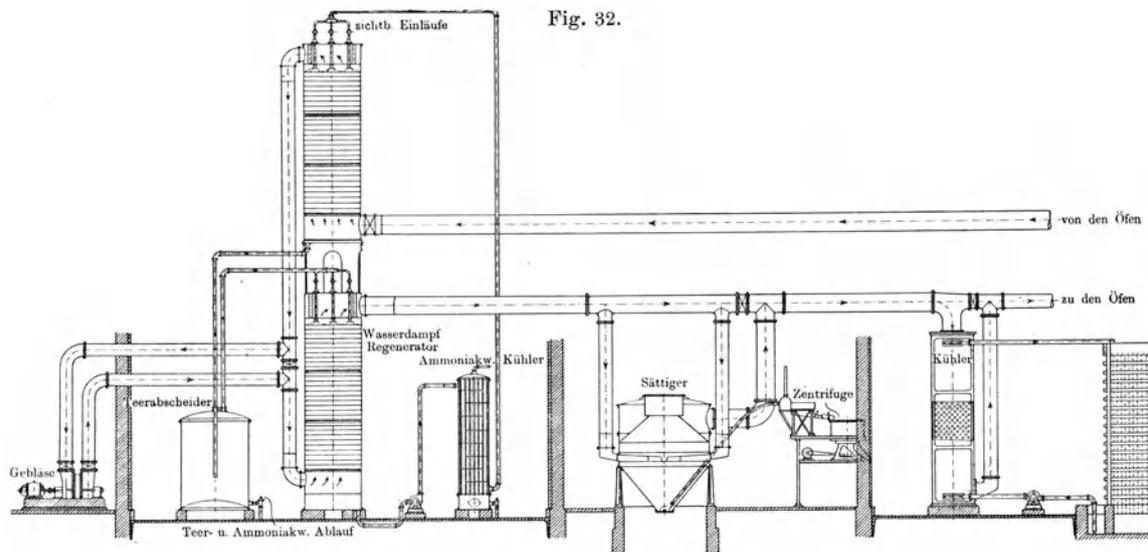
¹⁾ Gasjournal 1913, S. 244.

neuen Ottoschen Verfahren auf direktem Wege durch Waschung der Gase mit dem aus der Feuchtigkeit und dem Hydratwasser der Kohle stammenden, vorher gekühlten Kondensat erreicht.

Bei diesem neuen Ottoschen Verfahren¹⁾ kommen zwei mit Horden ausgefüllte Wascher zur Anwendung, über die im ständigen Kreislauf eine stets gleiche Flüssigkeitsmenge zirkuliert (siehe schematische Darstellung Fig. 32). In einem Wascher nimmt dieselbe Wärme, Wasserdämpfe usw. aus dem Gas auf, um sie im zweiten Apparat im Herabrieseln an die hochsteigenden, durch die Waschung vom Teer befreiten Gase wieder abzugeben. Das von der Vorlage kommende heiße Gas tritt in die obere Hälfte des Washers ein, steigt nach oben und gibt einen Teil seiner Wärme und kondensierbaren Bestandteile an das ihm entgegenrieselnde kalte Gaswasser ab. Ein Turbinengebläse saugt

läufen wieder zugeführt, nachdem es zur Erzielung des nötigen Temperaturgefälles in einem Röhrenkühler um einige Grad heruntergekühlt ist.

Bei dem fast gleichzeitig entstandenen Verfahren von Still, welches sich von dem vorhergehenden dadurch unterscheidet, daß neben der Berieselung eine Zwischenkühlung der Gase auf indirektem Wege, wie bei Koppers, vorgenommen wird, tritt das von den Öfen kommende Gas mit etwa 80° in der Mitte des sogenannten Verdichters ein. Derselbe hat eine Höhe von etwa 25 m und einen Durchmesser von 3 m und ist in seinem unteren Teil als Teerscheidebehälter ausgebildet, aus dem der Teer versandfähig abfließt. Der obere Teil des Verdichters ist mit übereinander angeordneten Stoßblechen versehen, über die das Ammoniakwasser-kondensat den aufsteigenden heißen Gasen entgegenfließt und aus dem unteren Teil, von auf-



Das neue Ottosche Teer- und Ammoniakgewinnungsverfahren.

das gekühlte und gereinigte Gas an und drückt es in den unteren Teil des Washers, den es gleichfalls von unten nach oben durchstreicht. Hier kommt es mit dem erwärmten Gaswasser in Berührung, das im Teerabscheider von allen spezifisch schweren Bestandteilen befreit ist, nimmt das flüchtige Ammoniak sowie die Wasserdämpfe wieder auf und geht mit diesen zum Sättiger, während das Umlaufwasser sich durch den ständigen Kreislauf mit fixen Ammoniakverbindungen anreichert und auf einem Abtreibeapparat mittels Kalkzusatz in bekannter Weise behandelt wird. Bei dieser Anordnung kann die Menge der Abwässer je nach dem Konzentrationsgrade des Umlaufwassers entsprechend eingeschränkt werden.

Das im unteren Teil des Washers aufgefangene Gaswasser wird durch eine Pumpe den oberen Ein-

genommenem Teer befreit, mit etwa 70° auf den zweiten Apparat, den sogenannten Verdunster, gelangt. Hier gibt es seine Wärme an das in einem zwischengeschalteten Röhrenkühler gekühlte Gas ab, das dann mit dem freien Ammoniak in den Sättiger gelangt, während das abgekühlte, die fixen Salze enthaltende Kondensat wieder auf den Verdichter gelangt und von hier wieder seinen Kreislauf antritt. Durch diese Beschickung tritt im Wasser ein Beharrungszustand bezüglich seines Gehaltes an Ammoniak ein, welcher verhindert, daß eine größere Ammoniakmenge, als der Temperatur des Wassers entspricht, von diesem aufgenommen werden kann. Ein Teil des Kondensats wird durch eine Abzweigeleitung dem Abtreiber zugeführt, von wo das befreite Ammoniak direkt in den Sättiger gelangt und hier an Schwefelsäure gebunden wird¹⁾.

¹⁾ Gasjournal 1913, S. 733.

¹⁾ Berg- u. Hüttenm. Ztschr. „Glückauf“ 1913, S. 1102.

Die bei dem neuen Ottoschen und Stillschen Verfahren mit der Berieselung der heißen Gase mittels des Kondensates gleichzeitig verbundene Möglichkeit einer Einschränkung der schädlichen Ammoniakabwässer ist im Jahre 1904 von Koppers in der Britischen Patentschrift Nr. 20 870 und in der Deutschen Patentschrift Nr. 181 846 bei der Durchführung seines Verfahrens erwähnt und vorgesehen worden ¹⁾.

Der zur Bindung des Ammoniaks aus dem Gas dienende Sättigungsapparat (s. Fig. 33) besteht aus einem gußeisernen, innen verbleiten Behälter von etwa 3250 mm Durchmesser und 3000 mm Höhe, der aus dem Deckel, dem mittleren Flanschenstück und dem trichterförmigen Boden zusammengesetzt ist. Das Gas verteilt sich auf zwei innerhalb des Bades liegende Bleirohre, welche schlitzzartige Öffnungen

Überhitzung des Säurebades Ammoniakverluste durch Zersetzung entstehen konnten, scheidet die neueren direkten Verfahren diese Möglichkeiten bei dem Einleiten des Ammoniaks in ein Schwefelsäurebad von 40 bis 80° vollkommen aus. Nach Passieren des Säurebades enthält das Gas nur etwa 0,05 g NH₃ in 100 cbm.

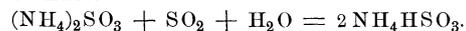
Zur Prüfung des ausgewaschenen Gases auf Ammoniak läßt man etwa 500 Liter mittels Gasuhr gemessenen Gases mit 50 bis 60 Liter Stundengeschwindigkeit durch zwei Wulfsche Fläschchen mit je 5 ccm ⁿ/₁₀-Schwefelsäure streichen, vor denen ein leeres Fläschchen zur Zurückhaltung etwa mitgerissener Bestandteile eingeschaltet wird. Den Ammoniakgehalt erhält man durch Zurücktitrieren mit ⁿ/₁₀-Kalilauge.

Das Salzausbringen auf einer Kokerei Niederschlesiens ist nach Einführung des direkten Verfahrens gegen das frühere alte Verfahren um 4,7 Proz. gestiegen, was bei einem Kohlendurchsatz dieser Anlage von 225 000 t pro Jahr einen Nettogewinn von etwa 18 000 *M* bedeutet, ohne die Betriebsersparnisse, die mit etwa 15 000 *M* pro Jahr hierbei in Anrechnung zu bringen sind.

Nach dem Zentrifugieren, wofür sich die hängenden Zentrifugen mit Kugellagerung besonders gut bewährt haben, wird das Salz entweder auf Darren oder in beheizten Trockentrommeln mit rotierenden Schaufelwendern getrocknet, in Kugel- oder Scheibenmühlen gemahlen und in diesem Zustand als Fertigprodukt in den Handel gebracht.

In letzter Zeit sind zwei Verfahren in Anwendung gekommen, die sich die Verwendung des im Gas vorhandenen Schwefels zur Bindung des Ammoniaks unter gänzlichem Fortfall fremder Schwefelsäure zur Aufgabe gesetzt haben.

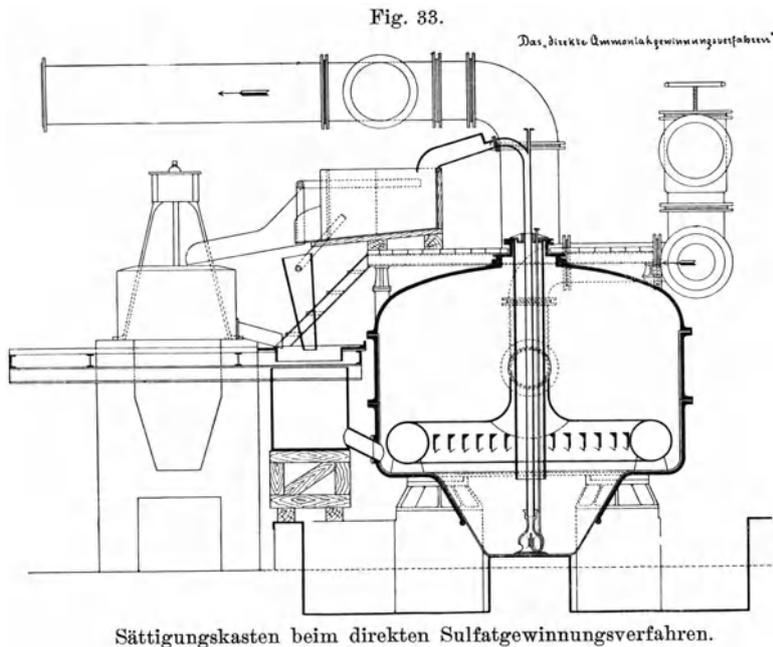
Der Schwefel ist im Gas meistens in größerer Menge vorhanden, als zur Bindung des NH₃ erforderlich ist. Bei dem ersten Verfahren von Burkheiser ¹⁾ wird der im Gas vorhandene Schwefel in wechselweise betriebenen Apparaten von Eisenoxydhydratmassen absorbiert und durch Durchleiten von Luft zu schwefliger Säure verbrannt. Die schwefligsauren Gase werden in einem Wascher mit Ammoniumsulfidlauge berieselt, wobei sich Bisulfat bildet:



Diese Bisulfidlauge dient dann zur Absorption des im Gas vorhandenen Ammoniaks unter Bildung von Ammoniumsulfid



welches ausfällt und in der bekannten Weise mittels Ejektors gehoben und geschleudert wird, wobei



besitzen, aus denen das Gas in das Schwefelsäurebad von 30 bis 32° Bé austritt. Das Salz sammelt sich am Boden des Apparates und wird durch Heben mittels eines mit komprimierter Luft betriebenen Ejektors in Saturierpfannen, wie vorhin beschrieben, gewonnen.

Die Vorteile des direkten Sulfatgewinnungsverfahrens liegen, neben der Ersparnis des Anlagekapitals für die Wascher, in der Erzielung niedriger Selbstkosten durch Ersparnisse von Wasser, sowie des zum Abtreiben des Wassers notwendigen Dampfes, ferner in der Verringerung des Arbeiterpersonals, sowie in der Erreichung eines höheren Ammoniakausbringens. Während bei dem indirekten Verfahren die Gewinnung des Ammoniaks durch Auswaschen, namentlich in warmen Jahreszeiten, nie ohne Verluste vor sich geht und ferner infolge

¹⁾ Ztschr. f. angew. Chem. 1913, S. 593—596.

¹⁾ Gasjournal 1910, S. 265.

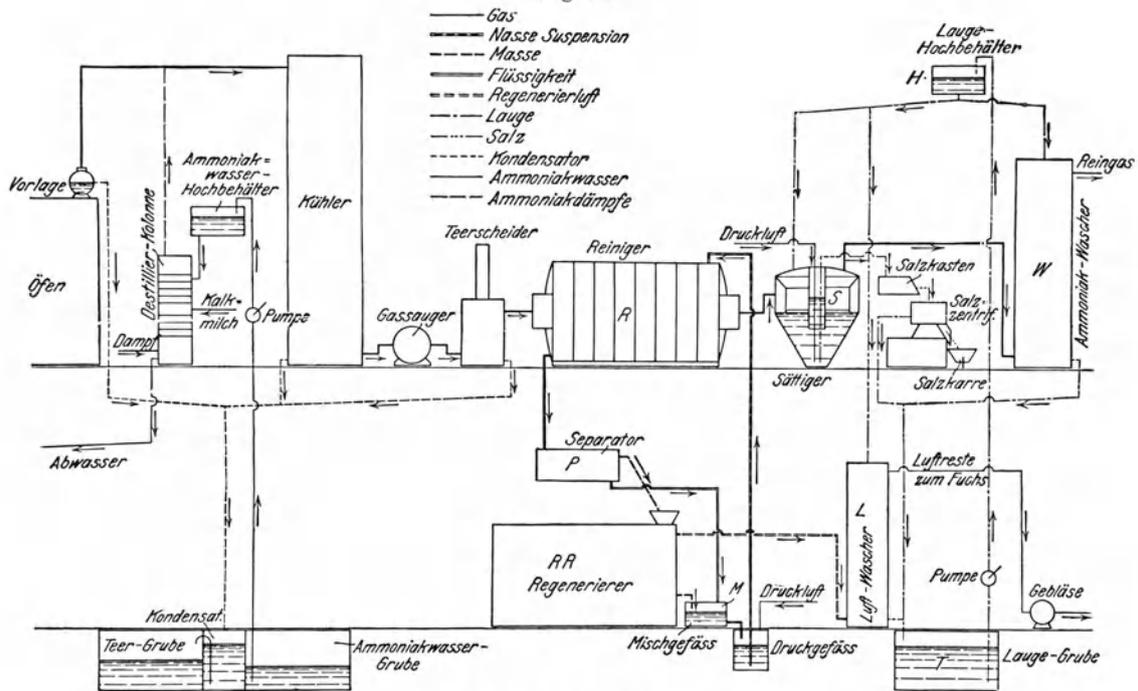
die Mutterlauge wieder zur Bindung der schwefligen Säure verwendet wird.

Der Gang des Prozesses ist aus der schematischen Darstellung der Fig. 34¹⁾ ersichtlich.

Während anfänglich die Absorbierung des Schwefels mit trockener Reinigungsmasse von 10 bis 15 mm Körnung vorgenommen wurde, vollzieht sich dieser Prozeß neuerdings auf nassem Wege bei etwa 40 bis 50° in Standardwaschern, die mit einer Waschflüssigkeit aus einem Gemisch von feiner Reinigungsmasse und Wasser beschickt werden²⁾. Die Waschflüssigkeit wird durch den rotierenden Wascher *R* von Kammer zu Kammer dem Gasstrom entgegen befördert und gelangt mit Schwefel gesättigt aus dem Wascher in den Separator *P*, wo

das für die weitere Umsetzung erforderliche primäre Ammon- oder Bisulfit, $\text{NH}_4\text{OH} + \text{SO}_2 = \text{NH}_4\text{HSO}_3$ gewonnen wird. Dieses gelangt in den Wascher *N*, wo sich nach Aufnahme von Ammoniak neutrales Ammonsulfit $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ bildet, das bei Berieselung des Luftwaschers wieder in Bisulfit umgesetzt wird. Die neutrale Lauge dient also zur Aufnahme der schwefligen Säure, während die so gewonnene saure Lauge wieder zur Bindung des Ammoniaks verwendet wird, das im Sättiger *S* bei einer Temperatur von etwa 20° angereichert und hier als festes Salz in bekannter Weise gewonnen wird. Die reinen Herstellungskosten des Salzes werden für eine Kokerei von täglich 500 Tonnen Kohlendurchsatz bei schwefelreichen Gasen von etwa 12 g

Fig. 34.



Schematische Darstellung des Burkheiserschen Verfahrens.

die feste Masse von der Flüssigkeit geschieden wird. Während die abgeschiedene Flüssigkeit, welche das Rhodanammun enthält, von Zeit zu Zeit abgestoßen und mittels Kalks auf Ammoniak verarbeitet wird, fällt die Masse aus dem Separator in den Regenerierer *RR*, der aus mehreren übereinander geordneten rotierenden Trommeln besteht, in denen eine Abscheidung des Schwefels und die Oxydation desselben zu schwefliger Säure stattfindet.

Die schwefligsauren Gase werden zu Anfang des Verfahrens in dem sogenannten Luftwascher *L* mit ammoniakhaltigem Wasser gewaschen, wobei

H_2S im Kubikmeter Gas, auf rund 21 *M* pro Tonne berechnet. Das Salz, welches einen Ammoniakgehalt von 25,6 Proz. enthält, reagiert alkalisch und gibt sowohl in wässriger Lösung als auch in festem Zustande Ammoniak ab, dessen Menge mit der Temperatur steigt und eine Folge der hohen Verdampfungstension der beiden Komponenten Ammoniak und schweflige Säure ist. Ein Teil des Sulfits wird bei dem Prozeß in Sulfat umgesetzt. Eine völlige Überführung in Sulfat durch nachherige Oxydation ist jedoch bisher nicht gelungen.

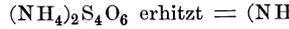
Das nasse Burkheiserse Verfahren ist auf einer Versuchsanlage der Gasanstalt Tegel bei Berlin ausprobiert und soll auf der Kokerei Amalia des Harpener Bergwerksvereins in diesem Jahre für eine Tagesleistung von 100 000 cbm Gas eingebaut werden.

¹⁾ Die Abbildung ist der Zeitschrift Stahl u. Eisen mit deren Genehmigung entnommen. — ²⁾ Stahl u. Eisen 1913, S. 986.

Das Feldsche Polythionatverfahren führt das Ammoniak in die beständige Verbindung des Ammoniumsulfats über.

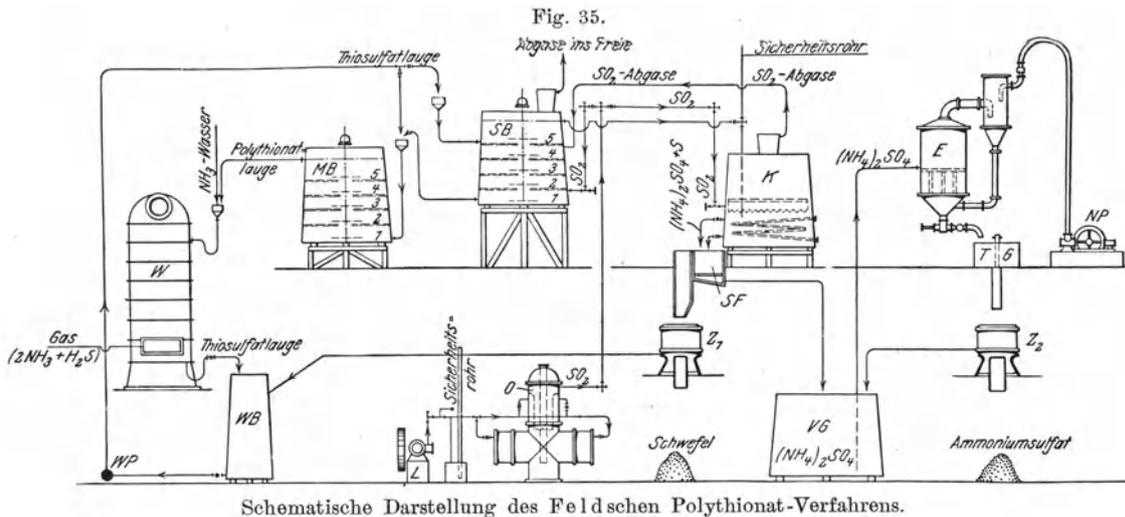
Walter Feld fand zunächst, daß Zinkthiosulfat durch Schwefelwasserstoff in Schwefelzink und freien Schwefel zersetzt wird. Auf schwefelhaltiges Leuchtgas angewandt, konnten 80 bis 90 Proz. des darin enthaltenen Schwefelwasserstoffs mit Hilfe von Zinkthiosulfatlösung absorbiert werden. Durch weitere Behandlung des so gebildeten Schwefelzinks mit schwefliger Säure konnte aus dem Schwefelzink Zinkthiosulfat regeneriert werden. Hierbei wurde weiter gefunden, daß nebenher aus dem Thiosulfat eine zweite Verbindung, das Polythionat, entstand, das nach weiterer Behandlung in Zinksulfat, schwefliger Säure und Schwefel zersetzt werden konnte. Dies brachte Feld auf den Gedanken, das Verfahren auf solche Gase anzuwenden, welche neben Schwefelwasserstoff auch Ammoniak enthalten, wobei es gelang, 100 bis 150 Proz. Schwefelwasser-

Ammoniumsulfats derartig zugenommen hat, daß das Abstoßen eines Teiles dieser Lauge vorgenommen werden kann. Die Lauge, welche Sulfat, Thionat und Polythionat enthält, wird mit schwefliger Säure behandelt, die Thionate in Polythionate übergeführt und letztere durch Erhitzen in Sulfate umgesetzt:



Die Ammoniumsulfatlauge wird eingedampft und der abfiltrierte Schwefel dient zur Erzeugung von SO_2 für die vorhin erwähnte Umsetzung des Thiosulfats.

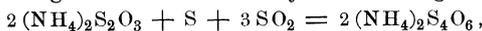
Der Lauf des Prozesses ist aus der schematischen Darstellung [Fig. 35¹⁾] ersichtlich. Zu Anfang des Verfahrens wird das vom Teer befreite Gas in dem Wascher *W* mit Wasser berieselt, um die für das Ausgangsprodukt notwendige ammoniak- und schwefelwasserstoffhaltige Flüssigkeit zu erhalten, welche aus dem Sammelgefäß *WB* in die Bottiche *MB* und *SB* gelangt. Durch Einleiten von schwefliger Säure in den Bottich *SB* bildet sich Poly-



stoff, auf das Ammoniak berechnet, auszuwaschen. Das Verfahren wurde dann dahin abgeändert, daß statt Zinkthiosulfat Eisenthiosulfat verwendet wurde.

Aus diesem sogenannten Metallthionatverfahren entstand dann das Polythionatverfahren, nachdem Versuche zeigten, daß eine Lösung von Ammonthiosulfat schweflige Säure unter Bildung von Ammonpolythionat zu absorbieren vermag. Dieses Ammonpolythionat gab dann ein Mittel ab, um aus Gasen Schwefelwasserstoff und Ammoniak, selbst bei höheren Temperaturen, unter Bildung von Ammonthiosulfat und Schwefel vollständig auszuwaschen¹⁾. $(NH_4)_2S_4O_6 + 2NH_3 + H_2S = 2(NH_4)_2S_2O_3 + S$.

Das Ammoniumthiosulfat wird durch die aus der Verbrennung des abgeschiedenen Schwefels erzeugte schweflige Säure wieder in Polythionat übergeführt:



welches wieder den Kreislauf auf die Wascher antritt, bis nach einer gewissen Zeit der Gehalt an

thionat $(NH_4)_2S_4O_6$ (Ammonverbindung der Tetra-thionsäure), welches im Wascher *W* durch Aufnahme von Ammoniak und Schwefelwasserstoff in Thiosulfat umgewandelt wird. Diese Thiosulfatlauge wird im Bottich *SB* nach Einführen von schwefliger Säure wieder in Polythionat umgesetzt, das wieder seinen Kreislauf über den Wascher beginnt. Die Auswaschung der Gase erfolgt bei etwa 35°.

Hat die Polythionatlauge einen Gehalt von etwa 40 Proz. erhalten, so wird ein Teil abgezogen und in dem Kocher *K* zunächst mit schwefliger Säure zur vollkommenen Überführung der Thiosulfate in Polythionate behandelt und diese dann auf 100° erhitzt. Die gebildete Ammonsulfatlauge gelangt durch das Filter *SF* in den Laugenbehälter *VG*, aus dem sie in den mit indirektem Dampf beheizten Vakuumapparat *E* gedrückt und dort auf Salz eingedickt wird. Der auf dem Filter zurückgebliebene

¹⁾ Ztschr. f. angew. Chem. 1912, S. 705.

Schreiber, Aufbereitung, Verkokung und Brikettierung.

¹⁾ Die Abbildung ist der Zeitschrift Stahl u. Eisen mit deren Genehmigung entnommen.

Schwefel wird zentrifugiert, auf einer Darre getrocknet und im Ofen *O* mittels zugeführter komprimierter Luft von 0,35 Atm. verbrannt.

Der Schwefel wird bei diesem Verfahren aus dem Gas bis etwa 80 Proz. des zur Bindung des Ammoniaks notwendigen Schwefels ausgewaschen, so daß der Rest durch Rösten von Schwefelkiesen usw. ersetzt werden muß. Das Feldsche Verfahren ist in Deutschland auf der Gasanstalt Königsberg in Betrieb, ebenso ist dasselbe auf der Kokerei der „Gutehoffnungshütte“ in Sterkrade zur Ausführung gelangt. Ein nach dem Feldschen Verfahren gewonnenes Ammonsulfat enthält:

NH ₃	25,33 Proz.	Feuchtigkeit	0,12 Proz.
Freie Säure	0,0 „	Fe ₂ O ₃	0,46 „
Unlösliches	0,97 „	Sulfit S.	0,12 „

Die nach dem Trocknen auftretende rötliche Färbung des Salzes rührt von Rhodaneisen her. Die reinen Selbstkosten pro Tonne Salz werden beim Feldschen Verfahren für eine Anlage von 500 t Kohlendurchsatz pro Tag und etwa 12 g H₂S im Kubikmeter auf etwa 23 bis 29 *M* berechnet¹⁾.

Wenn man bedenkt, daß von dem gesamten Stickstoff der Kohle nur etwa ein Fünftel bei der Destillation in Ammoniak übergeführt wird, so liegen die Bestrebungen nahe, Mittel und Wege zu finden, die Ausbeute durch weitere Umsetzung von Stickstoff und Stickstoffverbindungen in NH₃ zu erhöhen.

Hinsichtlich der Kohlenstickstoffverbindungen hat Verfasser gefunden, daß dieselben auf katalytischem Wege schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur in NH₃ und CO₂ umgesetzt werden, wenn man sie bis etwa 300° auf Eisenoxyd bzw. Eisenoxydhydrathaltige Massen einwirken läßt²⁾.

Der N-Gehalt der Pyridinsulfosäure konnte hierbei zu 54 Proz., der des Albumins zu 70 Proz., der des Blutlaugensalzes zu 98 Proz. und der des Berlinerblaus zu 95 Proz. in NH₃ übergeführt werden.

Durch Überleiten eines Kokereigases mit 40,4 g Gesamtcyan als HCN in 100 cbm erhielt Verfasser in dem mittels Schwefelsäure von NH₃ befreiten Gas in einem Fall 47,6, im anderen Fall 32,7 g NH₃ in 100 cbm. Hiernach sind an der Umsetzung nicht allein der Cyanstickstoff, sondern auch andere Stickstoffverbindungen, Pyridine usw. beteiligt gewesen. Das Gas hatte beim Verlassen des Reaktionsrohres im Durchschnitt 75°, so daß pyrogene Zersetzungen der Kohlenwasserstoffe hierbei nicht zu befürchten sind³⁾. Den in ausgebrauchter Gasreinigungsmasse vorhandenen Stickstoff hat Verfasser nach seinem Verfahren zu 90 bis 95 Proz. in Ammoniak umgesetzt. Bei stark ausgebrauchter Masse ist der Katalysator durch entsprechenden Zusatz von frischem Erz zu ergänzen.

Die Gewinnung der Benzolkohlenwasserstoffe geschieht heute allgemein durch Waschung der Gase mit Teeröl nach dem Gegenstromprinzip in hintereinander geschalteten Washern von 15 bis

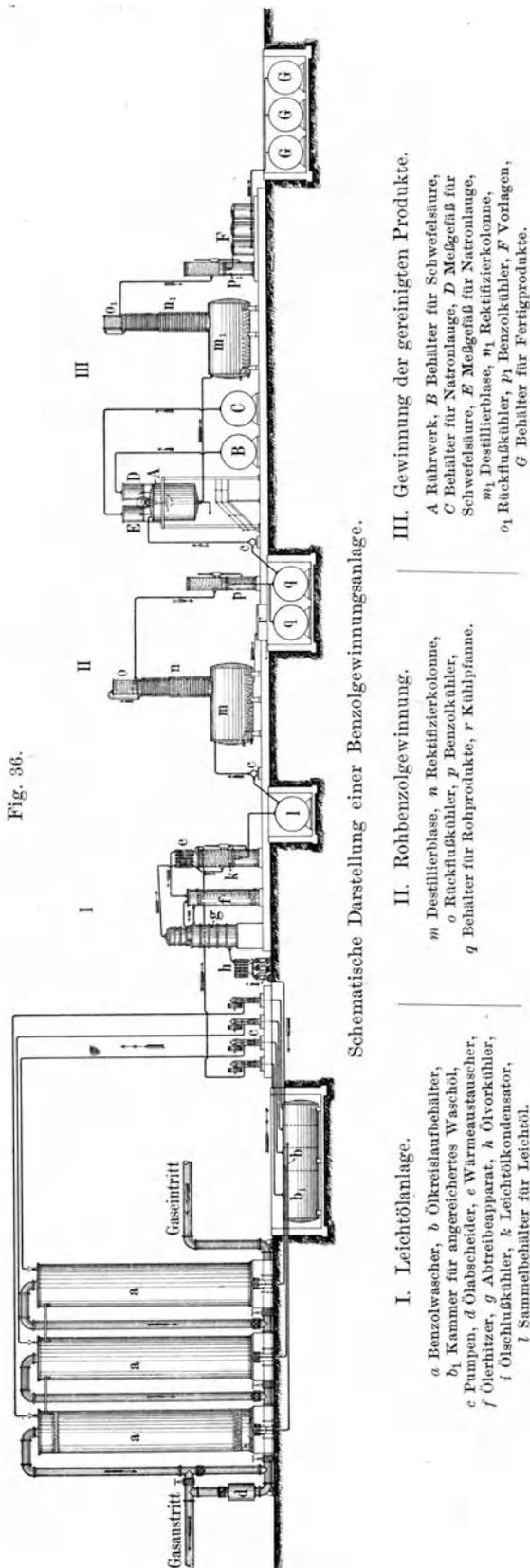


Fig. 36.

Schematische Darstellung einer Benzolgewinnungsanlage.

I. Leichtölanlage.

- a Benzolwascher, b Ölkreislaufbehälter,
- c Kammer für angereichertes Waschöl,
- d Pumpen, e Ölabscheider, f Wärmeaustauscher,
- g Ölheizkörper, h Ölheizapparat, i Ölvorwärmer,
- l Leuchtölkondensator,
- l Sammelbehälter für Leuchtöl.

II. Rohbenzolgewinnung.

- m Destillierblase, n Rektifizierkolonne,
- o Rückflüßkühler, p Benzolkühler,
- q Behälter für Rohprodukte, r Kahlpfanne.

III. Gewinnung der gereinigten Produkte.

- A Rührwerk, B Behälter für Schwefelsäure,
- C Behälter für Natronlauge, D Melgefäß für Schwefelsäure,
- E Melgefäß für Natronlauge, m₁ Destillierblase,
- n₁ Rektifizierkolonne, o₁ Rückflüßkühler, p₁ Benzolkühler, F Vorlagen,
- G Behälter für Fertigprodukte.

¹⁾ Stahl u. Eisen 1913, S. 1030. — ²⁾ D. R. - P. Nr. 257 188. — ³⁾ Chem.-Ztg. 1911, S. 943.

18 m Höhe, welche, wie bei den Ammoniakhordenwaschern, mit Holzhorden ausgelegt sind. Für je 1000 cbm Gas nimmt man zweckmäßig eine Waschfläche von nicht unter 120 qm. Außer der Waschfläche ist auch auf die Zeitdauer Rücksicht zu nehmen, während welcher das Gas mit dem Öl in Berührung ist, d. h. auf den Rauminhalt, den die Waschfläche ausfüllt. Dieses Volumen soll zweckmäßig nicht unter 15 cbm pro 1000 qm Waschfläche betragen. Zwecks Erreichung einer guten Auswaschung muß man bestrebt sein, die Geschwindigkeit des Gases auf ein Minimum zu reduzieren, und zu dem Zweck sollte der Durchmesser der Wascher so gewählt werden, daß die Geschwindigkeit der Gase nicht über 0,75 m pro Sekunde beträgt. Das benzolhaltige Gas wird mit einem Teeröl gewaschen, das ein spezifisches Gewicht von 1,05 bis 1,06 hat und bei der Fraktion von 200 bis 300° mindestens

Einen Nachteil dieses einfachen Ölwaschverfahrens bildet die unvollkommene Absorption, die durch die chemische Beschaffenheit der Gase, sowie deren Temperatur in hohem Maße beeinflußt wird und nicht unbedeutliche Verluste an Benzol im Gefolge haben kann. Man kann sagen, daß nach dem Teerölwaschverfahren im günstigsten Fall 80 Proz. der im Gas vorhandenen absoluten Mengen Benzol gewonnen werden, auch wenn die Waschflächen noch so groß bemessen sind. Diese unvollkommene Gewinnung liegt an der hohen Tension der Benzoldämpfe, die bei 0° 25,3 mm Quecksilbersäule beträgt. Bei dieser Temperatur vermag das Gas noch 116 g Benzoldämpfe aufzunehmen. Da ein Gas von einer bestimmten Temperatur mit Dampf einer Flüssigkeit gesättigt ist, wenn der Partialdruck dieses Dampfes der Gasspannung bei der betreffenden Temperatur entspricht, und da die Volumina der verschiedenen im Gas enthaltenen Körper ihren Partialdrücken proportional sind, so läßt sich für jede Temperatur aus der Tension das jeweilige Aufnahmevermögen des Gases berechnen.

Beträgt die Tension des Benzols bei 0° = 25,3 mm, und ist das Gas bei 0° und 760 mm mit Benzol gesättigt, so muß der Partialdruck 25,3 mm und der Druck des Gesamtgases oder Gasgemisches 760 mm betragen. Aus der Proportion $\frac{\text{Benzol}}{\text{Gasgemisch}} = \frac{25,3}{760}$ ergibt sich das Volumen des Benzoldampfes, das bei 100 Liter $\frac{x}{100} = \frac{25,3}{760}$ = 3,33 Liter beträgt.

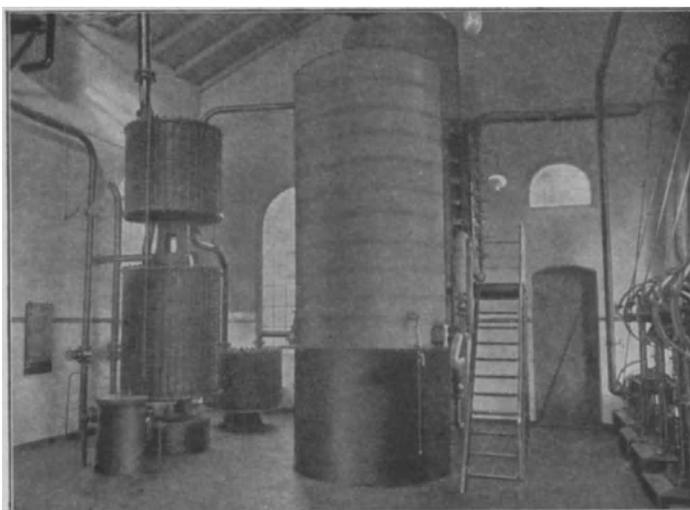
Da das Molekulargewicht eines jeden Bestandteiles bei 0° und 760 mm einem Volumen von 22,4 Liter entspricht, so beträgt das Gewicht von 1 Liter Benzoldampf, dessen Molekulargewicht 78 ist, bei 0° = 3,49 g. Das in 100 Liter Gas bei 0° berechnete Volumen von 3,33 Liter Benzoldampf hat also ein Gewicht von 11,61 g. Somit enthält das gesättigte Gas bei 0° in 1 cbm = 116,1 g Benzol.

Aus der Tension läßt sich daher für jede Temperatur die Sättigungsmenge des Gases an Benzol feststellen. Dieselbe beträgt:

Temperatur des Gases Grad	Tension des Benzols in mm	Sättigungsmenge Benzol in 1 cbm Gas	Temperatur des Gases Grad	Tension des Benzols in mm	Sättigungsmenge Benzol in 1 cbm Gas
- 20	5,8	28,6	+ 30	120,2	497,5
- 15	8,8	43,2	+ 40	183,6	735,5
- 10	12,9	61,5	+ 50	271,4	1052
- 5	18,3	85,5	+ 60	390,1	1470
0	25,3	116,1	+ 70	547,4	1995
+ 10	45,3	200,0	+ 80	751,9	2670
+ 20	75,7	327,6			

Die Bestimmung der Benzolkohlenwasserstoffe für den Betrieb erfolgt zweckmäßig gewicht-

Fig. 37.



Benzol—Leichtöl—Gewinnungsanlage.

70 Proz. übergewende Bestandteile besitzt. Das Öl hat die Eigenschaft, Benzol und seine Homologen zu absorbieren, und zwar um so eingehender, je größer die Verteilung und je niedriger die Waschungstemperatur ist. Den Gang der Benzolgewinnung zeigt die schematische Darstellung Fig. 36. Die Anreicherung des Öles erfolgt wie bei der Ammoniakwaschung in der Weise, daß das Öl durch fortwährendes Hochpumpen vom Schlußwascher zum Eingangswascher und von hier zum Behälter für gereichertes Waschöl gelangt. Da das Waschöl während des Betriebes infolge Verharzung dickflüssiger wird und das Aufnahmevermögen des Öles für Benzol mit zunehmender Viskosität fällt, so ist es zweckmäßig, das Öl hin und wieder auf seine Zähflüssigkeit zu untersuchen. Verf. hat gefunden, daß bei einer Viskosität von 12 das Aufnahmevermögen zurückgeht und bei 15 bis 18 derartig fällt, daß es zweckmäßig ist, das Öl abzustößen.

analytisch durch Absorbierung in Paraffinum liquidum, das infolge seines hohen Siedepunktes beim Durchleiten des Gases sich nicht verflüchtigt und auch sonst keinen Veränderungen unterworfen ist. Die Methode ist folgende: Das Gas passiert zunächst zur Zurückhaltung des Teeres ein lose mit Watte gefülltes Rohr, sodann zur Entfernung der Kohlensäure, des Cyans und Schwefelwasserstoffs zwei Wulfsche Fläschchen mit je 15 ccm konzentrierter Kalilauge. Zur Befreiung von Wasser, ungesättigten Kohlenwasserstoffen und Naphthalin wird das Gas weiter durch drei Fläschchen geleitet, von denen das erste 25 ccm und die beiden anderen je 12,5 ccm konzentrierte Schwefelsäure erhalten. Darauf folgen fünf Absorptionsfläschchen mit je 50 ccm Paraffinum liquidum, deren Gewichts-differenz vor und nach dem Versuch die Menge der Benzolkohlenwasserstoffe angibt. Sämtliche fünf Absorptionsfläschchen, die durch kurze Schlauchstücke miteinander verbunden sind, befinden sich zur Erzielung einheitlicher Werte in einem Blechkasten mit Eis. Vor der Benzolwäsche werden bei jedem Versuch etwa 100 Liter Gas durchgeleitet mit einer Geschwindigkeit von 30 bis 35 Liter pro Minute, während nach der Benzolwäsche ein Durchleiten von 200 Litern Gas geboten ist. Die durchgegangenen Gasmengen werden mittels Aspirators durch Wiegen des ausgeflossenen Wassers bestimmt und unter Berücksichtigung des Gasdruckes und der Temperatur auf 15° und 760 mm Barometerstand umgerechnet.

Die nach dieser Methode erhaltenen Werte stellen die nach dem Waschölverfahren auswaschbaren Benzolkohlenwasserstoffmengen dar und entsprechen etwa 95 Proz. einer Fraktion bis 200°.

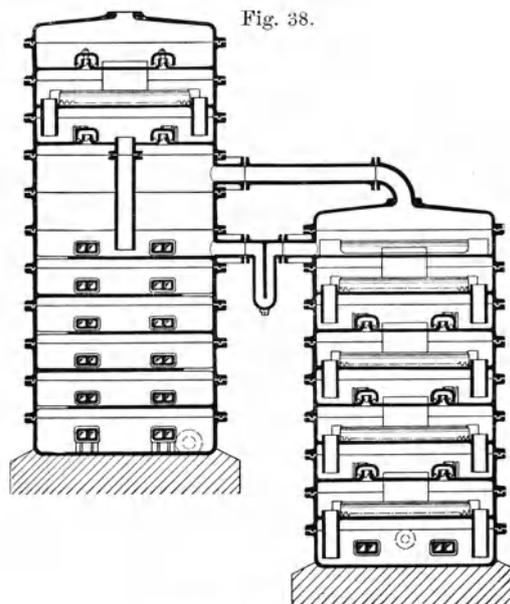
Für die Betriebskontrolle gelten die vor der Benzolwäsche mittels Paraffinöl gefundenen Werte als Maßstab. Sie werden auf die täglich zu waschenden Gasmengen berechnet und diese so festgestellten Mengen mit der im Betrieb in gleicher Zeit erhaltenen Leichtölproduktion abzüglich der in dieser über 200° destillierenden Rückstände verglichen. Ist beispielsweise p_1 das nach der Paraffinmethode aus der täglichen Gasproduktion festgestellte Gewicht und p das in gleicher Zeit im Betrieb erhaltene, so ergibt $\frac{p \cdot 100}{p_1 \cdot 0,95}$ die prozentuale Auswaschung.

Das Benzol als solches wird bei der Paraffinmethode entsprechend dem Waschverfahren nicht vollkommen erhalten. Die im Gas vorhandenen absoluten Mengen Benzol erhält man nach der Gefriermethode bei einer Temperatur von -70° , bei der die Tension des Benzols gleich 0 ist. Für den Zweck wird das benzolhaltige Gas durch eine mittels fester Kohlensäure gekühlte Gasschlange geleitet. Die von Maiwald hierfür konstruierte Schlange besteht aus einem mittleren zylindrischen Sammelgefäß von etwa 75 mm Durchmesser und 450 mm Höhe, um das ein Rohr von etwa 15 mm lichter Weite in acht Windungen gelegt ist. Die Schlange mündet am Boden des Gefäßes, das oben einen Ausgangsstutzen, sowie eine Verschlussöffnung besitzt.

Man bringt sie für den Versuch zweckmäßig in ein Blechgefäß, das mit einem Gemisch von Kohlensäureschnee und Aceton ausgefüllt und in einem gut isolierten, mit Filz usw. ausgeschlagenen Holzkasten untergebracht wird. Ein nach der Gefriermethode vom Verfasser untersuchtes Kokereigas enthielt 22,6 g Benzolkohlenwasserstoffe in 1 cbm Gas auf 15° und 760 mm Barometerstand mit 90,6 Proz. bis 100° siedenden Bestandteilen = 20,5 g eigentliches Benzol, während das gleiche Gas nach der Paraffinmethode 25,15 g Bestandteile mit folgender Zusammensetzung ergab:

Fraktion bis 100° . .	65,5 Proz. = 16,5 g Benzol
" " 120 . .	12,6 "
" " 150 . .	9,8 "
" " 180 . .	5,1 "
" " 200 . .	2,5 "
Rest	4,5 "

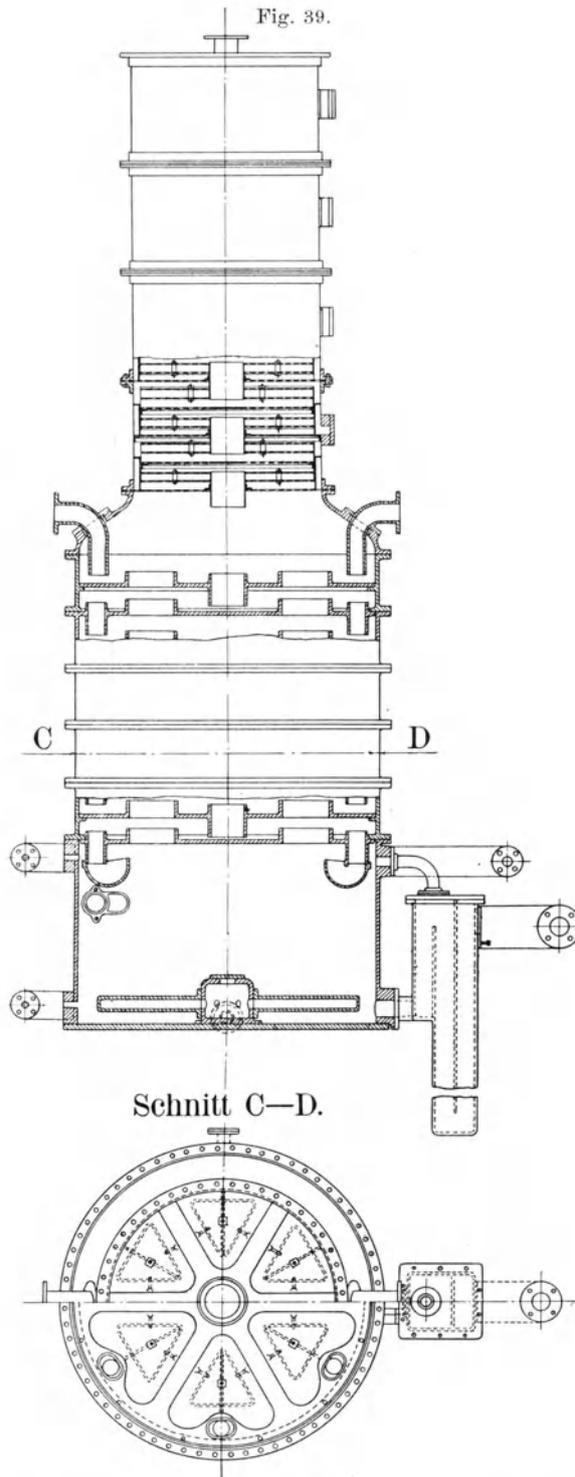
Zur Untersuchung der Leichtöle auf ihre Bestandteile verwendet Verfasser einen Hempelschen



Leichtöl-Abtreibeapparat.

Fraktionsaufsatz von 30 cm Länge und 15 mm lichter Weite. Der Aufsatz erhält eine Füllung von 75 Glasperlen von 7 mm Durchmesser. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Fraktionierung und zur Vermeidung von Übergehen hochsiedender Bestandteile wird der Aufsatz bis zum Abflußstutzen mit einem Glasmantel von 35 mm Durchmesser umgeben. Die Unterkante der Quecksilberkugel des in halbe Grade eingeteilten Thermometers muß mit der unteren Ansatzfläche des Abflußstutzens der Fraktionsröhre in gleicher Richtung liegen. Für die Abmessungen des Kühlers sowie des Destillierkölbchens gelten dieselben Bestimmungen wie bei der in Muspratt 8 beschriebenen Methode zur Untersuchung der Handelsbenzole. Zur genauen Ablese der einzelnen Fraktionsmengen werden Meßröhren von 100 ccm mit $\frac{2}{10}$ ccm Einteilung ver-

wendet, die zur Aufsaugung der verschiedenen Fraktionen auf einem drehbaren Stativ angebracht sind. Die Destillation ist so zu betreiben, daß in der Minute 5 cm übergehen bzw. in der Sekunde zwei Tropfen in die Meßröhre abfallen.



Benzolabtreibeapparat mit Kubierschky'scher Kolonne.

Nach vorstehender Methode untersuchte Proben haben ziemliche Übereinstimmung mit den im Großbetriebe erhaltenen Fraktionen ergeben.

Der Abtrieb der vom Waschöl absorbierten Benzolkohlenwasserstoffe geschieht im Betrieb kontinuierlich, wobei man sich eine möglichst innige Ausnutzung der Wärme zur Aufgabe gemacht hat. Als Wärmeaustauscher haben sich die aus dünnem Gußeisen hergestellten und gegen NH_3 - und H_2S -Dämpfe unempfindlichen Apparate, System Henneberg (Fig. 37) gut bewährt. Der Wärmeaustausch wird bei diesen Apparaten derartig bewerkstelligt, daß durch ein Element das kalte abzutreibende Öl geführt wird, während durch das jedesmal darüber liegende Element das heiße abgetriebene Öl in spiralförmig angeordneten Gängen kursiert. Von diesem Wärmeaustauscher gelangt das Öl in einen zweiten Apparat, bei dem in gleicher Weise ein Wärmeaustausch der heißen abgetriebenen Benzoldämpfe vorgenommen werden kann. Durch diese Anordnung kann eine Vorwärmung des Öles auf 80° erreicht werden.

Der Benzolabtreiber besteht entweder aus einem Kolonnenapparat mit runden oder herzförmigen Dephlegmierhauben, der mit einem geschlossenen Ölvorwärmer verbunden ist, oder aus zwei Kolonnenapparaten, die miteinander durch einen Überlauf verbunden sind. Bei dieser aus Fig. 38 ersichtlichen Konstruktion tritt das angereicherte Öl in der untersten Kammer des linksstehenden Kolonnenapparates ein, wo in jeder Kammer durch dort angebrachte geschlossene, wegen der intensiveren Heizwirkung am besten aus Bündeln von Mannesmann-Siederrohren bestehende Dampfheizkörper das Benzol abgetrieben wird. Statt der schmiedeeisernen Siederrohre können auch namentlich dort, wo dieselben infolge der vom Öl aufgenommenen Schwefelverbindungen (angereichertes Öl enthält bis 6 Proz. Schwefel) starken Anfressungen ausgesetzt sind, dünnwandige U-förmige Rippenrohrheizkörper aus Gußeisen verwendet werden. In der stark angefressenen äußeren Schicht eines schmiedeeisernen Siederrohres wurden vom Verfasser 2,2 Proz. Schwefel festgestellt.

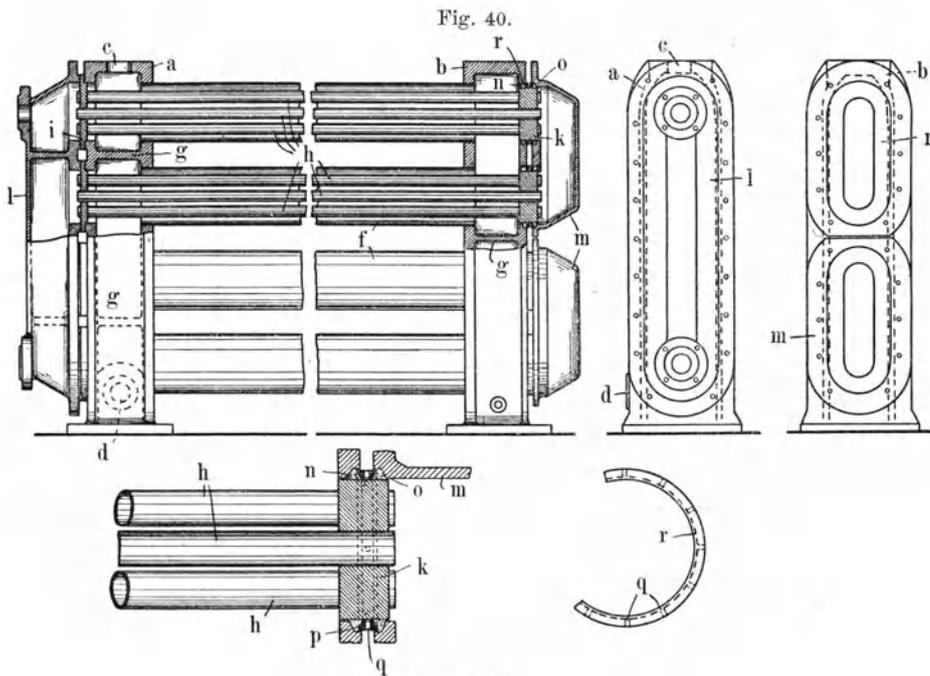
Während die Benzoldämpfe durch den oberen Teil der Kolonne abgeführt werden, fließen die höhersiedenden Produkte mit dem Öl durch den Überlauf nach dem zweiten tieferstehenden Apparat und verteilen sich über langgestreckte oder runde, unten ausgezackte, mit Zwangsführung versehene Hauben, unter denen von unten her direkter Dampf entgegenströmt. In der untersten Kammer ist außerdem noch eine Auskochung durch geschlossene Heizkörper vorgesehen. Diese Konstruktion liefert bei verhältnismäßig hoher Leistung von 10 cbm Abtrieb pro Stunde und darüber ein Leichtöl von 10 bis 15 Proz. Rückstand über 180° .

Um ein möglichst konzentriertes Leichtöl zu erhalten, empfiehlt es sich, auf der oberen Dephlegmierkolonne des Abtreibers einen Rückflußkühler aufzustellen, der gleichzeitig als Vorwärmer ausgebildet ist, indem das auf etwa 80° vorgewärmte Waschöl

zum Kühlen benutzt wird. Die im Rückflußkühler niedergeschlagenen hochsiedenden, wasserhaltigen Destillationsprodukte gelangen nach Scheidung des Wassers in das angereicherte Waschöl zurück.

Zum Abtreiben des benzolhaltigen Waschöles ist neuerdings von der Firma Hinselmann in der Kokereiindustrie der Kolonnenapparat System Kubierschky angewandt worden. Dem Kubierschky'schen System liegt folgendes Prinzip zugrunde. Da das Raumgewicht des Wasserdampfes stets geringer ist als das Raumgewicht der bei den gebräuchlichen Destillationsprozessen abgetriebenen Dämpfe, so wird beim Destillieren von Flüssigkeiten, in diesem Fall benzolhaltigem Waschöl, mit Wasserdampf, infolge der stetigen Anreicherung des Wasserdampfes an Benzolkörpern, von Kolonne zu Kolonne eine stufen-

Arbeiten der Kolonnen vermieden. Die Apparate zeichnen sich daher durch hohe Leistung bei verhältnismäßig niedrigem Dampfverbrauch und Abtrieb konzentrierter Produkte aus. Da alle Kammern in offener Verbindung stehen, die Dämpfe somit keine Flüssigkeitssäulen zu überwinden haben, so arbeitet der Apparat fast widerstandslos. Der für den Benzolbetrieb eingerichtete Apparat ist aus Fig. 39 ersichtlich. Der untere Teil stellt einen gewöhnlichen, aus mehreren Kammern bestehenden Abtreiber mit herzförmigen Glocken dar, auf den der Kubierschky'sche Kolonnenapparat als Dephlegmator aufgesetzt ist. Die Dämpfe treten durch den mittleren Stutzen hoch, breiten sich über die siebförmigen Netzböden einer jeden Kammer aus und fallen angereichert in den unteren Teil der



Intensivkühler für Benzolwaschöle.

weise Erhöhung des Raumgewichtes eintreten. Dieses Schwerkwerden der aufsteigenden Dämpfe benutzt Kubierschky, um aus jeder Kammer zuerst die schwersten, d. h. angereichertsten Dämpfe zu entfernen, ehe die frischeren, leichteren Dämpfe aus der nächst tieferliegenden Kolonne hineingelangen können. Dies wird in der Weise erreicht, daß, im Gegensatz zu den bisher gebräuchlichen Kolonnenapparaten, das spezifisch leichtere Dampfgemisch in jede Kammer oben eingeführt wird. Hier breitet es sich auf dem in der Kammer vorhandenen schweren Dampfgemisch aus und sinkt schichtenweise nach unten in dem Maße, wie die schwerer gewordenen Dämpfe durch die am Boden der Kammer befindliche Austrittsöffnung entfernt werden. Durch diese den physikalischen Gesetzen folgende Abführung der Dämpfe werden falsche Strömungen und ein damit zusammenhängendes unvollkommenes

Kammer, von wo sie durch den an der Peripherie liegenden Verbindungskanal in die nächst höherliegende Kammer geleitet werden usf.

Sehr wichtig beim Abtrieb des Leichtöles ist die Verwendung trockenem, am besten überhitzten Dampfes, da sich bei nassem Dampf sehr leicht Öl-emulsionen bilden können, die das Wasser auch nach längerem Stehen nicht von sich geben und eine unvollständige Auswaschung des Benzols bewirken. Der Dampfverbrauch pro Tonne Leichtöl beträgt bei Anwendung überhitzten Dampfes 3 bis 5 Tonnen.

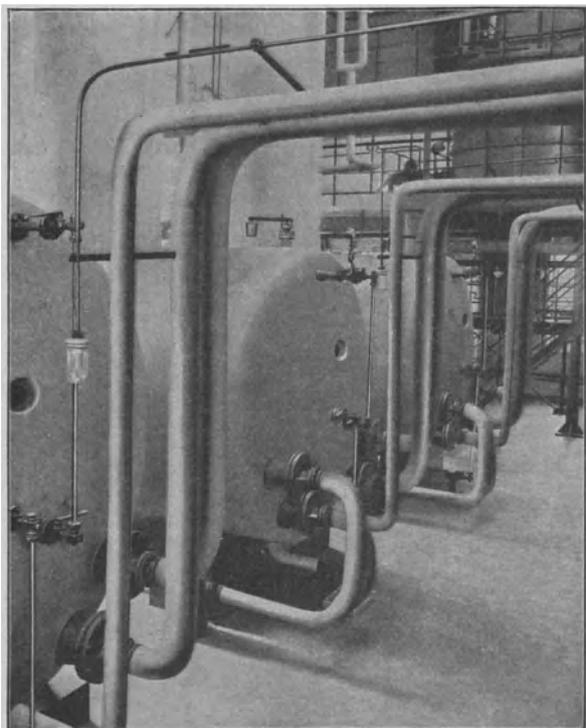
Die Prüfung des abgetriebenen Waschöles auf Benzolkohlenwasserstoffe geschieht zweckmäßig in der Weise, daß zunächst etwa 2 Liter in einer eisernen Blase (Kupfer wird stark angegriffen) bis 200° abdestilliert und, nach völliger Scheidung des Wassers, das Destillat in einem Kölbchen von etwa 150 ccm fraktioniert wird. Die sofortige

Fraktionierung des Öles ruft Ungenauigkeiten infolge mitgerissener höher siedender Produkte durch die übergelassenen Wasserdämpfe hervor.

Das abgetriebene heiße Öl von etwa 120° wird nach der ersten Kühlung im Wärmeaustauscher durch ein Röhrenkühlersystem geführt, das aus mehreren Abteilungen freiliegender schmiedeeiserner Röhrenbündel besteht, welche hintereinander und parallel geschaltet werden können und von oben her mit Wasser berieselt werden. Sehr gut haben sich für diese Kühlzwecke wegen ihrer großen Ausstrahlungsfläche auch gußeiserne Rippenheizkörper bewährt.

Neben diesen Rieselskühlern werden bei Vorhandensein von gutem Kühlwasser auch geschlossene Ring-

Fig. 41.



Destillierblasen für Benzol und Homologen.

kühler, sogenannte Intensivkühler, verwendet, bei denen das Ölrohr von einem Mantel umgeben ist, durch den das Kühlwasser geleitet wird. Einen derartigen von der Firma Koppers ausgeführten Ölkühler zeigt die Fig. 40. Der Kühler besteht hier aus einer Anzahl Kühlelementen, die aus Siederöhren von 216mm Durchmesser bestehen, in denen je ein Bündel von sieben Ölverteilungsröhren untergebracht ist. Die Elemente, von denen immer vier Stück übereinander angeordnet sind, sind derart miteinander verbunden, daß das Öl auf zickzackförmigem Wege von der Eintritts- zur Austrittsstelle gelangt, wobei das Kühlwasser im Gegenstrom um die Rohre geführt wird. Die inneren Rohrbündel sind gegen das äußere Gehäuse zwecks freier Ausdehnung der Rohre mit stopfbüchsenartiger Abdichtung versehen. Bei der vorstehenden Kon-

struktion ist die Stopfbüchsendichtung durch einen dazwischen geschalteten Ring in zwei Hälften geteilt, von denen eine gegen das Kühlwasser, die andere gegen das Öl abdichtet, wobei durch radiale Bohrungen des Zwischenringes etwa durchdringende Flüssigkeiten nach außen abgeführt werden. Infolge dieser getrennten Abdichtung ist ein Vermischen von Öl und Wasser bei undicht gewordenen Stellen nicht möglich.

Das gekühlte Öl fließt dem Schlußwascher zu, um von hier wieder den Kreislauf zu beginnen.

Das gewonnene Leichtöl, welches einen Gehalt von 50 bis 65 Proz. Benzol, C_6H_6 (bis 100°), etwa 11 Proz. Toluol, C_7H_8 (von 100 bis 120°), etwa 9 Proz. Xylol, C_8H_{10} (von 120 bis 150°), etwa 6 Proz. Solventnaphtha, C_9H_{12} (von 150 bis 180°), (Cumol usw.) und 10 bis 20 Proz. Rückstand über 180° hat, wird in Destillierblasen weiter fraktioniert, die man zur Anpassung eines möglichst kontinuierlichen Betriebes mit einem Inhalt von 40 bis 50 cbm versteht (s. Fig. 41).

Die eigentliche Blase besteht aus einem schmiedeeisernen Kessel mit Sicherheitsventil und Flüssigkeitsstandrohr, der zum Abtrieb der Leichtöle im Inneren schlangenwindungenartig angeordnete Heizkörper sowie eine Brause für direkten Dampfzusatz trägt. Der Dephlegmieraufsatz ist aus mehreren Elementen zusammengesetzt, von denen jedes wie beim Leichtölabtreibearrangement gezackte, runde oder längliche Hauben trägt, unter die die abgetriebenen Produkte sich durcharbeiten müssen. Die bei der jeweilig angewendeten Fraktionstemperatur höher siedenden Produkte schlagen sich in den Aufsätzen nieder und fließen durch Überläufe von einem zum anderen Element, wobei die Überläufe zweckmäßig so gelegt werden, daß das Kondensat zwecks innigen Abtriebes seinen Weg über die Hauben nehmen muß.

Das den Dephlegmieraufsatz dampfförmig verlassende Produkt gelangt zunächst in den mit senkrecht angeordneten Kühlrohren versehenen sogenannten Rückflußkühler, in dem sich die übergelassenen höher siedenden Produkte niederschlagen und durch ein Rohr in den unteren Teil der Dephlegmierkolonne zurückgeführt werden. Das getrennte, noch dampfförmige Produkt wird in einem mit Wasser gekühlten Intensivkühler kondensiert und nach Scheidung des mitgeführten Wassers in einem Luttertopf als flüssiges Produkt in einem Auffangebehälter gesammelt. Die Auffangebehälter, welche vor den Lagerbehältern eingeschaltet sind, haben den Zweck, durch jeweilige Untersuchung eine scharfe Trennung der verschiedenen Fraktionen vornehmen zu können, die je nach ihrer Beschaffenheit von hier in die bestimmten Lagerbehälter dirigiert werden.

Bei den niederschlesischen Benzolfabriken ist die Kühlung der Benzolgase von der Heizung der Destillierblase in der Weise abhängig gemacht worden, daß durch einen Riegelverschluß der Arbeiter das Dampfventil nicht eher öffnen kann, als bis der Wasserhahn des Kondensators für Benzoldämpfe geöffnet ist. Es wird auf diese Weise vermieden,

daß durch Unachtsamkeit des Arbeiters die explosiblen und tödlich wirkenden Benzolgasen in unkondensiertem Zustand in den Fabrikraum austreten können.

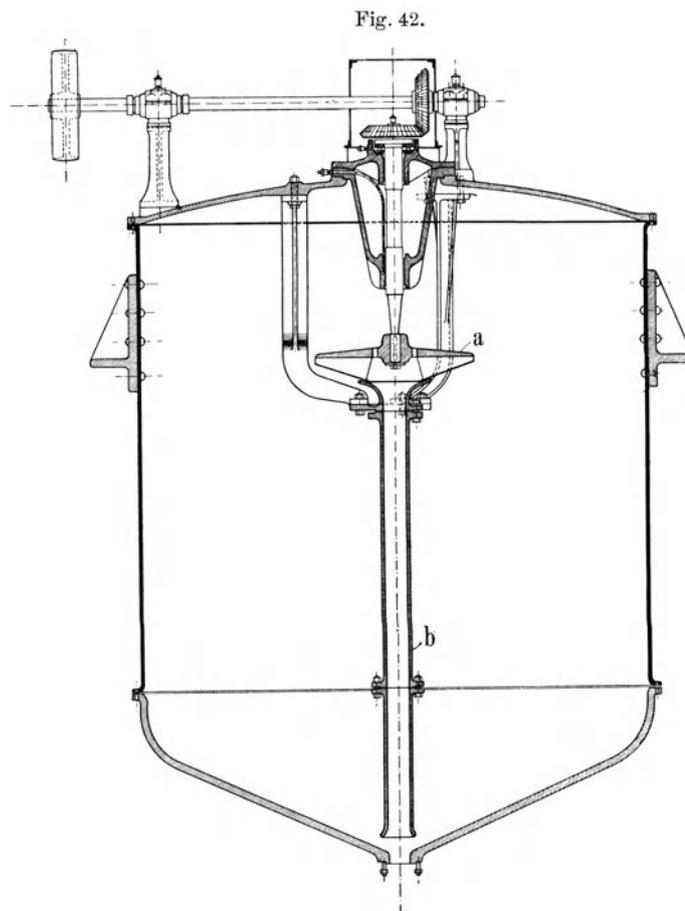
Die Fraktion des Leichtöles wird meistens bis 180° durchgeföhrt unter Anwendung direkten Dampfes von 150° ab. Der in der Blase nach der Fraktionierung der Leichtöle verbleibende Rückstand, das sogenannte Rückstandöl, wird in schmiedeeiserne Kühlpfannen abgelassen, um das gelöste Naphthalin durch Kühlung auszuscheiden, welches in Zentrifugen zwecks Gewinnung des absorbierten Öles geschleudert und als Roh-naphthalin verkauft wird. Das nach der Auskristallisierung des Naphthalins in eiserne Behälter geföhrt Öle wird als Waschöl den Leichtölanlagen wieder zugestellt. Die bei der Fraktionierung gewonnenen Produkte: Benzol, Toluol, Xylol und Naphtha, gehen als 90 Proz. Rohprodukte in den Handel.

Der größte Teil der Produkte wird zur Entfernung der Pyridinbasen und der bromaddierenden Kohlenwasserstoffverbindungen Hexen und Homologen, Cyclopentadien, Di- und Tetrahydrobenzol usw. mit konzentrierter Schwefelsäure von 66° Bé gewaschen, wobei das Pyridin in Pyridinsulfosäure und die ungesättigten bromaddierenden Körper teils in Schwefelsäureester, teils in polymerisierte oder kondensierte dickflüssige und harzartige Verbindungen übergehen, die mit der Schwefelsäure und den Waschwässern entfernt oder bei der nachfolgenden Destillation im Blasenrückstand gewonnen werden. Die bei den höher siedenden Homologen, Xylol und Solvent-naphtha, nach Behandlung mit Schwefelsäure in der Destillationsblase bis etwa zu 40 Proz. zurückbleibenden braungefärbten und an der Luft erhärtenden Harze (polymere Cumaron und Inden) werden in heißem flüssigen Zustand in Fässer abgefüllt und als Cumaronharz zum Ersatz von Firnislack usw. in den Handel gebracht.

Der Reinigungsprozeß vollzieht sich in gußeisernen Waschern von meist 10 t Fassungsraum und mechanischem Rührwerk. Dem Boden des Washers gibt man zweckmäßig schwache Konizität, um tote, am Boden des Washers nicht in Aktion tretende Stellen angesammelter Schwefelsäure beim Mischen zu vermeiden. Der Säureverbrauch stellt sich in derartigen Washern beim Benzol und Toluol auf etwa 7 Proz., während er bei Solventnaphtha 10 bis 12 Proz. beträgt. Fig. 42 zeigt eine Wascherkonstruktion, bei der die Säure vom Boden des Gefäßes mittels eines Propellers *a* durch das Rohr *b* ständig nach oben befördert wird und dort durch die Schleuderkraft des Propellers mit dem Benzol wieder innig gemischt wird.

Nach der Behandlung mit Schwefelsäure werden die Produkte bis zur neutralen Reaktion mit Natronlauge von 1,03 spez. Gew. oder mit einer Kalkmilchlösung von 160 bis 180 kg auf 1 cbm Wasser

gewaschen. Die Neutralisation mit Kalkmilch hat gegenüber Kalilauge bei gleichem Erfolg den Vorteil eines fünf- bis sechsfach niedrigeren Kostenaufwandes. Die nach dem Waschprozeß verunreinigte Säure wird zweckmäßig in Bleikästen mit Dampf ausgekocht und nach Entfernung der teerartig abgeschiedenen Stoffe an die Schwefelsäurefabriken zurückgegeben, während die alkalischen schwefel- und phenolhaltigen Waschwässer zweckmäßig auf brennende Halden geföhrt und dort vernichtet werden. Eine Unschädlichmachung dieser penetrant riechenden Abwässer geschieht auch vorteilhaft



durch Einleiten derselben in die kalkhaltigen Abwässer der Ammoniakfabriken, wobei sich die übelriechenden Stoffe mit dem suspendierten Kalk in den Klärteichen niederschlagen.

Der Reinigungsverlust beträgt beim Benzol 7 bis 8 Proz., beim Toluol 10 bis 15 Proz. und bei dem höher siedenden als Solventnaphtha in den Handel gehenden Produkt 20 bis 35 Proz.

Das Benzol und Toluol findet außer in Farben- und Sprengstofffabriken, zum Antrieb von stationären Motoren, Automobilen usw., sowie zu Beleuchtungszwecken Verwendung, während die übrigen Produkte zum größten Teil in die Gummifabriken,

Wäschereien usw. wandern und auch als Terpentinersatz Absatz finden.

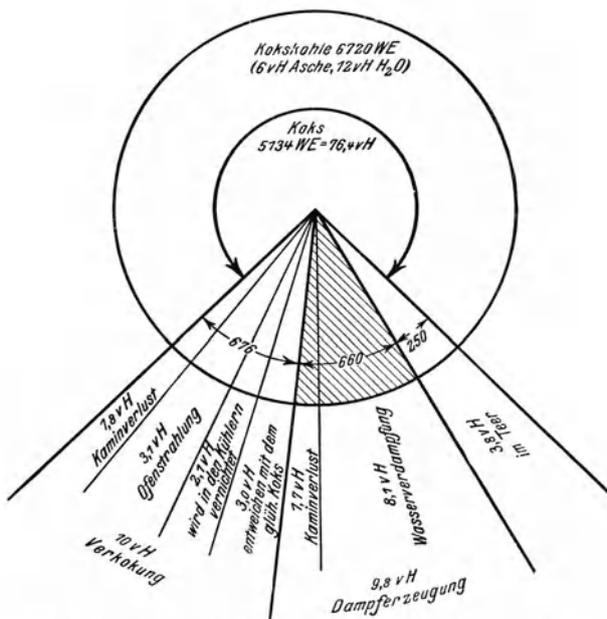
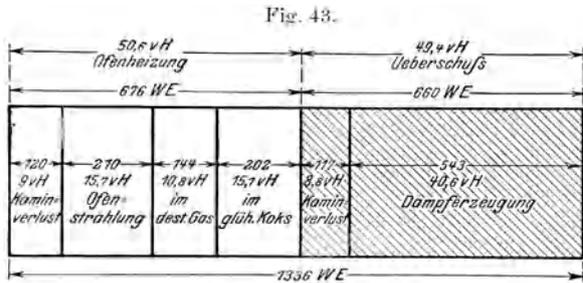
Zur Erhöhung des Gefrierpunktes erhält das Benzol für außenlaufende Motore im Winter einen Zusatz von 10 bis 15 Proz. Toluol. Bei diesem Zusatz wird die Gefriertemperatur auf etwa -22° erhöht. Wichtig für die Herstellung des Winterbenzols ist die völlige Ausscheidung des Wassers, da selbst die geringsten Mengen den erhöhten Gefrierpunkt illusorisch machen, indem sie schon bei bedeutend niedrigerer Temperatur zu festen Ausscheidungen

werden. Das vergaste Benzolgemisch wird durch ein biegsames Kupferrohr der hochhängenden Lampe zugeführt und strömt aus einer feinen Öffnung in den hängenden Brenner aus, gleichzeitig von außen vorgewärmte Verbrennungsluft ansaugend. Durch die erzielte hohe Verbrennungswärme (1 kg Benzoldampf liefert etwa 10 200 Cal) wird ein hängender Glühstrumpf in starkes Leuchten gebracht, der gegen Witterungseinflüsse von außen durch eine Glocke geschützt ist. Der Brenner kann mittels komprimierter Luft von unten aus reguliert werden. Die Lampe verbraucht bei 1500 Kerzenstärke pro Stunde 0,4 kg Benzol, das ist bei einem Preis von 30 M pro 100 kg Benzol = 8 $\frac{1}{2}$ pro 1000 Kerzenstunden, die in elektrischer Energie ungefähr ebensoviel Watt entsprechen. Die Lampen eignen sich besonders zur Beleuchtung von Bahnhöfen, Fabrikhöfen, Werkstätten usw.

Eine wichtige Errungenschaft haben die Kokereien in den letzten Jahren auf dem Gebiete der Gasverwertung durch Abgabe von Leucht-, Heiz- und Kraftgas für Städte, Ortschaften sowie industrielle Unternehmungen zu verzeichnen. Die Verteilung der Wärmemenge bei einem modernen Koksofenbetrieb ist aus einer vom Verfasser aufgenommenen graphisch dargestellten Wärmebilanz (Fig. 43) ersichtlich. Der Gasüberschuß einer Koksofenanlage beträgt je nach dem Gasgehalt der Kohle bis 50 Proz. Der hohe Heizwert des Kokereigases hat heute der Hüttenindustrie Veranlassung gegeben, das gesamte Gas aus den Hüttenkokereien zu Schmelzzwecken in Martinbetrieben usw. zu verwenden und die Koksöfen durch entsprechende Vergrößerung der Gasdüsenquerschnitte (s. auch Verbundofen) mit dem weniger heizkräftigen Hochofengas oder mit Generatorgas zu beheizen. Auf demselben Prinzip beruhen die Öfen, welche das ganze oder das überschüssige Gas für Leucht- und Heizzwecke abgeben.

Die Herstellung des Leuchtgases bei den Kokereien für Ferngasversorgung usw. geschieht durch getrennte Absaugung des Gases aus bestimmten Vergasungsperioden. Der Heizwert eines Destillationsgases während der Vergasung ist aus der Heizkurve (Fig. 44) eines alle Stunden entnommenen und untersuchten Rohgases der Kokerei „Bahnschacht“ ersichtlich. Das Gas hat hier in der dritten Vergasungsstunde seinen höchsten Heizwert von 6250 Cal und liefert bis zur 28. Stunde ein Leuchtgas mit einem durchschnittlichen Heizwert von 5500 Cal. Die Zusammensetzung dieses Gases während der Destillation ist aus Fig. 45 und der Verlauf ebenso aus der gleichen graphischen Darstellung ersichtlich. Das spezifische Gewicht ist zu Anfang infolge des höheren Gehaltes an Kohlenwasserstoffen hoch und fällt bei steigender Temperatur der Kammer infolge pyrogener Zersetzung der Kohlenwasserstoffe unter Bildung von Wasserstoff, um dann nach Schluß der Vergasung durch zunehmenden Gehalt an Stickstoff wieder zu steigen.

Bei der Leuchtgaskokerei, wo die Vorlage unter größerem Druck gehalten wird, verläuft die Stick-



Verteilung der Wärmemengen beim Kokereibetrieb.

dungen in den Zuführungsröhrchen des Vergasers und damit zu Störungen Veranlassung geben.

Ein anderes Verwendungsgebiet des Benzols bildet seine Verwertung für Beleuchtungszwecke.

Die Fernholzlichtgesellschaft in Schenkendorf bei Königswusterhausen liefert Lampen bis zu 3000 Kerzenstärken. Die Vergasung des Benzols geschieht unter Luftdruck von 2 bis 3 Atm., was durch eine Zentralstelle oder für jede Lampe besonders vorgenommen werden kann. Auch reines Toluol, welches bei starker Kälte den Vorzug hat nicht zu gefrieren, kann für diese Zwecke, wie Versuche gezeigt haben, anstandslos verwendet

stoffkurve in niedrigeren Grenzen und fängt etwa bei der 34. Stunde erst an zu steigen. Ein in einer Leuchtgaskokerei für Fernversorgung hergestelltes Gas hatte folgende Zusammensetzung:

CO ₂ . . .	3,1 Proz.	H ₂ . . .	55,54 Proz.
S. K. W. . .	3,6 "	CH ₄ . . .	24,84 "
O ₂ . . .	0,2 "	N ₂ . . .	4,12 "
CO . . .	8,6 "		

Oberer Heizwert bei 0° und 760 mm Barometerstand = 5200 WE. Spez. Gew. = 0,45.

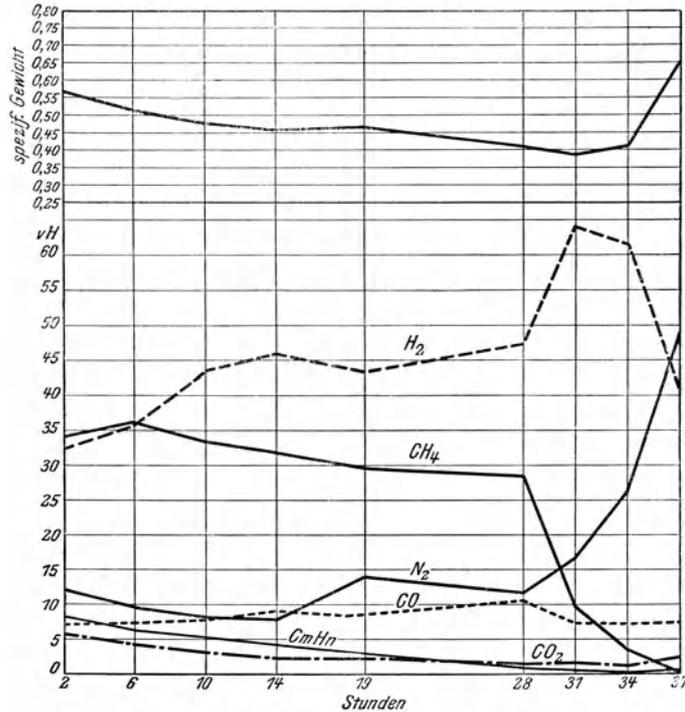
Die Gewinnung des hochwertigen Gases geschieht durch Anbringung einer zweiten Vorlage mit besonderer Kondensation. Das Gas aus der Leuchtgasvorlage wird in der üblichen Weise durch Kühlung und Waschung von Teer und Ammoniak befreit, passiert hinter den Saugern einen rotierenden Naphthalinwascher, um dann durch eine Entschwefelungsanlage gereinigt in den Gasometer und von da in das Stadtröhrennetz oder durch einen Kompressor zu den ferner liegenden Ortschaften befördert zu werden. Für die Ferndruckleitung werden gut asphaltierte Mannesmann-Muffenrohre oder spiralgeschweißte schmiedeeiserne Muffenrohre von 10 bis 12 m Länge verwendet, welche neben der üblichen Bleidichtung eine mittels loser Flanschen anziehbare Außendichtung von Gummi erhalten und wegen der auf diese Weise hergestellten Bewegungsmöglichkeit der Muffen namentlich in grubenunsicherem Gelände eine große Sicherheit gegen Bruch und Undichtigkeit gewährleisten. Außerdem ist jede Muffenverbindung mit einem bis zur Straßenoberfläche reichenden Entlüftungsröhr versehen, wodurch etwa eintretende Undichtigkeiten durch ausströmendes Gas bemerkt werden können.

Die von der Gewerkschaft „Deutscher Kaiser“ in Hamborn über Mülheim, Kettwig nach Barmen gelegte Ferngasleitung von 500 und 400 mm lichter Weite hat eine Gesamtlänge von 47 km. Die Leitung ist für eine Tagesabgabe von rund 200 000 cbm Gas bestimmt.

Außer dieser Thyssenschen Fernversorgung mit 27,5 Mill. Kubikmetern ist noch die Fernversorgung der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke zu nennen, die ihr Gas hauptsächlich von der Zeche „Mathias Stinnes“ und „Wolfsbank“ mit einem Konsum von etwa 18,8 Mill. Kubikmetern pro Jahr entnehmen. Zwischen der Thyssenschen Leitung und der Leitung der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke ist bei der Stadt Barmen eine Verbindung zwecks gegenseitiger Aushilfe geschaffen. Dann gibt es noch eine Anzahl Kokereien mit insgesamt etwa 45 Mill. Kubikmetern für örtliche Versorgungen, wie „Rhein-Elbe“ für die Stadt Gelsenkirchen, „König Ludwig“ für die Stadt Herne,

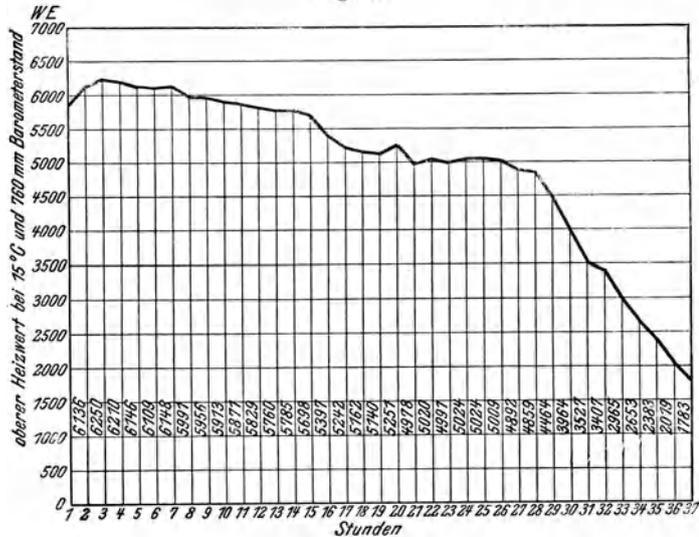
Kokerei „Hannover“ für Bochum, „Victoria Mathias“, „Friedrich-Ernestine“, sowie „Helene Amalie“ für die Stadt Essen, Hochofenwerk „Lübeck“ für die

Fig. 44.



Zusammensetzung und spez. Gewicht eines Kokereigas in den verschiedenen Vergasungsperioden.

Fig. 45.



Heizwert eines Kokereigas in den verschiedenen Vergasungsperioden.

Stadt Lübeck, Kokerei der „Kons. Fuchsgrube“ für die Stadt Waldenburg, Altwasser in Schlesien u. a. Der Ende 1912 festgestellte gesamte Konsum an Kokereigas für Versorgung von Städten und Gemeinden belief sich in Deutschland auf etwa 91 Mill.

Kubikmeter pro Jahr. Diese Ziffer ist inzwischen bei weitem überholt worden.

Für die Berechnung der Drucke und der sich hieraus ableitenden günstigsten Rohrquerschnitte ergibt nach den bisherigen Erfahrungen über 1 Atm. die Birkholzsche Formel:

$$h \text{ mm} = \left(484,78 \cdot \frac{Q^2 \text{ Std.}}{d^5 \text{ cm}} + 1.8823 \right) l \text{ km}$$

die richtigsten Werte. Der Kraftverbrauch für den Kompressor berechnet sich aus der Formel:

$$N = \frac{10000 p_1 \log n \frac{p_2}{p_1} Q \text{ Std.}}{3600 \cdot 75 \eta},$$

wobei p_1 der absolute Druck vor und p_2 der absolute Druck hinter dem Kompressor ist. $\eta = 0,65$.

Bis zu welchen Entfernungen derartige Versorgungsanlagen noch rentabel sind, ergibt die Berechnung aus dem Anlagekapital, den laufenden Betriebskosten, sowie der Höhe des Gaskonsums. Der hierbei zu berücksichtigende Rohgaswert für die Kokerei berechnet sich aus den für die Benzolgewinnung verloren gehenden Benzolmengen und bei bisheriger Verwendung des Gases zur Kesselfeuerung, aus den Mehrkosten der Dampferzeugung, welche entstehen, wenn statt Gas ein anderes jeweilig zur Verfügung stehendes Brennmaterial verwendet wird. Hierbei kann angenommen werden, daß zur Erzeugung von 1 t Dampf 175 cbm Gas von 5000 Cal erforderlich sind, so daß beispielsweise ein Werk, welches in 1 cbm Rohgas 20 g Benzolkohlenwasserstoffe besitzt und bei Kohlen- bzw. Schlammfeuerung pro 1 t Dampf 1 \mathcal{M} und bei Gasfeuerung 0,25 \mathcal{M} Erzeugungskosten hat,

$$= \frac{1 - 0,25 \mathcal{M}}{175} = 0,43 \text{ } \mathcal{J} + 0,30 \text{ } \mathcal{J} \text{ Benzol,}$$

in Summa 0,73 \mathcal{J} pro Kubikmeter Rohgas als Selbstwert in Anrechnung zu bringen hätte.

Ein anderes Verfahren zur besseren Verwertung der überschüssigen Gase, welches in der Nürnberger Versuchsanlage der Deutschen Stickstoffindustrie weiter erprobt wird, beruht darauf, mit Hilfe der billigen Energie des überschüssigen Kokereigases den Stickstoff der Luft in Salpetersäure überzuführen. Die Tatsache, daß sich bei der Explosion eines Gasluftgemisches Stickstoffoxyde bilden, hat Prof. Häußler in der Weise technisch zu verwerten gesucht, daß er in Stahlbomben von 100 bis 300 Liter Inhalt ein Gasluftgemisch unter Zusatz von reinem Sauerstoff bei einem Überdruck von etwa 3 Atm. zur Explosion bringt, wobei die gebildeten Stickstoffoxyde in der

bekanntesten Weise auf Oxydations- und Berieselungstürmen in Salpetersäure übergeführt werden. Die Ausbeute an Salpetersäure steigt mit der Höhe der angewendeten Kompression, sowie der Temperatur der vorgewärmten Verbrennungsluft. Man hat auf 1 cbm Gas von rund 4300 Cal unter Zusatz von 33 Proz. Sauerstoff eine Ausbeute bis zu 130 g HNO_3 erlangt, deren Menge man bei Steigerung der Kompression auf 4 und 5 Atm., sowie einer Vorwärmung der Luft auf 300° bis auf 200 g HNO_3 zu erhöhen gedenkt, woraus sich eine Verwertung des Gases von rund 2,5 bis 3 \mathcal{J} pro Kubikmeter berechnet ¹⁾.

Die ersten Versuche mit dem Häußlerschen Verfahren sind auf der Versuchskokerei der Firma Dr. C. Otto in Dahlhausen ausgeführt und später auf dem Versuchswerk der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg fortgesetzt worden. Zur Ausbeutung des Verfahrens wurde vor kurzem in Heringen bei Hamm die Aktiengesellschaft Stickstoffwerke gegründet, und die erste größere Anlage wird zurzeit auf der Kokerei der Zeche „de Wendel“ bei Hamm erbaut.

Um eine Vorstellung von den überschüssigen Gasmengen unserer deutschen Destillationskokereien zu gewinnen, sei erwähnt, daß die Produktion dieser Gasmengen mit 2000 Mill. Kubikmetern pro Jahr nicht zu hoch eingeschätzt ist. Die Verwertung dieser verhältnismäßig billig abgebbaren Energie für Versorgung von Städten, industriellen Unternehmungen usw. ist daher vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus sehr zu begrüßen.

Die Entwicklung der Destillationskokereien Deutschlands, die im Jahre 1911 19903 Öfen zählten, geht zahlenmäßig aus folgenden Produktionsziffern der Jahre 1900 und 1911 hervor:

Jahr	Koks t	Teer t	Ammoniumsulfat t	Benzol t
1900	12 957 000	210 000	80 000	25 000
1911	25 405 108	851 202	344 881	90 000

Im Jahre 1913 ist die Produktion Deutschlands an Benzol und Homologen auf rund 140 000 t gestiegen.

Die Weltproduktion an Koks betrug im Jahre 1910 96 506 000 t, die des Ammoniumsulfats im Jahre 1912 1 432 000 t, woran allein Deutschland mit 512 500 t beteiligt war.

¹⁾ Stahl u. Eisen 1912, S. 1571.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Askenasy, Dr. Paul, Einführung in die technische Elektrochemie. Erster Band: **Elektrothermie.** Mit 69 Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 9 *M.*, geb. 10 *M.* (Bd. II in Vorbereitung.)

Bauer, Emil, Abriss der mykologischen Analyse und bakteriologischen Technik. mit besonderer Berücksichtigung der Spiritusindustrie. Als Anhang zu den **Gärungstechnischen Untersuchungsmethoden.** Mit 26 Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 3 *M.*

Beckurts, Dr. H., Die Methoden der Massanalyse. Unter Mitwirkung von Dr. O. Lüning. Zugleich 8. völlig umgearbeitete Auflage von Fr. Mohr's Lehrbuch der Titrimethode. Mit 133 eingedruckten Abbild. gr. 8^o. 1913. 32 *M.*, in Lnwd. 33,60 *M.*

Berthsen, Prof. Dr. A., Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. 12. Auflage, bearbeitet in Gemeinschaft mit Prof. Dr. A. Darapsky. 1914. 12 *M.*, geb. 13 *M.*

Cohnheim, Prof. Dr. Otto, Chemie der Eiweißkörper. 3. vollständig neu bearbeitete Auflage. gr. 8. 1911. Preis 11 *M.*, in Lnwd. 12 *M.*

Erdmann, Prof. Dr. H., Lehrbuch der anorganischen Chemie. Fünfte Auflage. Mit 319 Abbildungen. 95 Tabellen, 1 Rechentafel und 7 farbigen Tafeln. gr. 8. Preis geh. in Lnwd. 17 *M.*

Fischer, Emil, und Ernst Beckmann, Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin-Dahlem. Mit einem Titelbild, 30 Abbildungen im Text und 7 Tafeln. Lex. 8^o. 1913. Kartontiert 3 *M.*

Handbuch, Neues, der chemischen Technologie. Zugleich als dritte Folge von Bolleys Handbuch der chemischen Technologie herausgegeben von Dr. C. Engler.

I. und II. **Die Industrie des Steinkohlenteers und des Ammoniaks.** Von Dr. Georg Lunge und Dr. Hippolyt Köhler. 5. gänzlich umgearbeitete Auflage.

1. Band. Steinkohlenteer. Mit 354 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. gr. 8^o. 1912. 29 *M.*, in Lnwd. 30,50 *M.*
2. Band. Ammoniak. Mit 163 Abbildungen im Text und auf 6 Tafeln. gr. 8^o. 1912. 15 *M.*, in Lnwd. 16,50 *M.*

III. **Handbuch der Preßhefenfabrikation.** Von Dr. Wilh. Kiby. Mit 255 Abbildungen im Text und auf 7 Tafeln. 1912. 24 *M.*, in Lnwd. 25,50 *M.*

IV. **Das Erdöl und seine Verwandten.** Geschichte, physikalische und chemische Beschaffenheit, Vorkommen, Ursprung, Aufindung und Gewinnung des Erdöls. Von Dr. h. c. Hans von Höfer. 3. vermehrte Auflage. Mit 33 Abbildungen und einer Tafel. gr. 8^o. 1912. 12 *M.*, in Lnwd. 13,50 *M.*

V. **Die Fabrikation des Rußes und der Schwärze.** 3. Aufl. Völlig neu bearbeitet von Dr. H. Köhler. Mit 114 Abbild. gr. 8^o. 1912. 7 *M.*, in Lnwd. 8 *M.*

VI. **Gasbeleuchtung und Gasindustrie.** Von Prof. Dr. Hugo Strache. gr. 8^o. Mit 443 Abbildungen im Text und auf 7 Ausschlag-Tafeln, sowie 1 Tabelle. 1913. 85 *M.*, in Lnwd. 86,60 *M.*

VII. **Die Chemie und Technologie der natürlichen und künstlichen Asphalte.** 2. vollst. umgearb. und stark vermehrte Auflage. Herausgegeben von Dr. H. Köhler und Dr. Edm. Graefe. Mit 259 eingedruckten Abbild. gr. 8^o. 1913. 18 *M.*, in Lnwd. 19,20 *M.*

VIII. **Die Industrie der Cyanverbindungen, ihre Entwicklung und ihr gegenwärtiger Stand.** Von Dr. H. Köhler. gr. 8^o. Mit 30 Abbild. im Text. 1914. 8 *M.*, in Lnwd. 9 *M.*

Weitere Bände, behandelnd: *Kautschuk, Kali, Chemische Technologie des Wassers, Das Erdöl u. seine Verarbeitung, befinden sich in Vorbereitung.*

Haeussermann, Prof. Dr. C., Die Nitrocellulosen, ihre Bildungsweisen, Eigenschaften und Zusammensetzung Gr. 8^o. 1914. 1,60 *M.*

Hempel, Prof. Dr. Walther, Gasanalytische Methoden. 4. neubearbeitete Auflage. Mit 167 in den Text eingedruckten Abbild. 8. 1913. Preis geh. 11 *M.*, geb. 12 *M.*

Henrich, Prof. Dr. Ferdinand, Theorien der organischen Chemie, zugleich zweite Auflage der „Neuere theoretischen Anschauungen auf dem Gebiete der organischen Chemie“. Mit 13 Abbild. 1912. 10 *M.*, in Lnwd. 11 *M.*

van 't Hoff, J. H., Die chemischen Grundlehren nach Menge, Mass, und Zeit. Mit 12 Abbildungen und einem Vorwort von Ernst Cohen. gr. 8. 1912. Preis *M.* 4,—.

van 't Hoff, J. H., Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie. Zweite Auflage. Mit Abbildungen. gr. 8. geh. I. Heft. **Die chemische Dynamik.** Preis 6 *M.* — II. Heft. **Die chemische Statik.** Preis 4 *M.* — III. Heft. **Beziehungen zwischen Eigenschaften u. Zusammensetzung.** Preis 4 *M.*

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Herausgegeben von **Richard Meyer,** Braunschweig. **XXII. Jahrgang 1912.** gr. 8. 1913. Geheftet 19 *M.*, geb. in Lnwd. 20 *M.*, geb. in Halbfrz. 21 *M.*

Kempf, Dr. R., Tabelle der wichtigsten organischen Verbindungen, nach steigenden Schmelzpunkten geordnet. 8^o. 1913. Gebunden 8,80 *M.*

Kraemer, G., und A. Spilker, Steinkohlenteer. 4^o. 1909. (Revidierter Sonderabdruck aus Muspratts Chemie, 4. Aufl.) 2 *M.*

Ledebur, Prof. A., Leitfaden für Eisenhütten-Laboratorien. Neunte neu bearb. Auflage von W. Heike. Mit 26 Abbild. gr. 8. Preis geh. 5,50 *M.*, geb. 6 *M.*

Literatur-Register der Organischen Chemie, geordnet nach M. M. Richters Formelsystem. Herausg. von der Dtsch. Chemischen Gesellschaft, redigiert von R. Stelzner. Erster Band: **Die Literatur der Jahre 1910 und 1911.** Anschließend an die 3. Auflage von Richters Lexikon der Kohlenstoffverbindungen. XXXIX, 1286 S. Lex.-8^o. 1913. 84 *M.*, geb. 86 *M.*

Lunge, Prof. Dr. G., Handbuch der Soda-Industrie und ihrer Nebenzweige. gr. 8.

Erster Band. **Handbuch der Schwefelsäure-Fabrikation.** Dritte vollkommen umgearbeitete Auflage. Mit 512 in den Text eingedruckten Abbildungen. Preis geh. 36 *M.*, geb. 38,50 *M.*

Zweiter Band: **Sulfat, Salzsäure, Leblanc-Verfahren, Kaustische Soda.** Dritte umgearb. Auflage. Mit 326 Abbild. im Text u. auf 9 Tafeln. Preis geheftet 34 *M.*, gebunden 36,60 *M.*

Dritter Band. **Ammoniaksoda. Verschiedene Sodaverfahren. Chlor. Nachträge zu den ersten Bänden.** Dritte umgearb. Auflage. Mit 185 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln. Preis geh. 24 *M.*, geb. 26,60 *M.*

Lunge, Prof. Dr. G., Tabellen für Gasanalysen, gasvolumetrische Analysen. Stickstoffbestimmungen etc. Imp.-Fol. 2 *M.*

Norton, Thomas H., Die chemische Industrie in Belgien, Holland, Norwegen und Schweden. Mit Genehmigung des Verfassers ins Deutsche übertragen und ergänzt von Dr. H. Großmann. 8^o. 1913. 4 *M.*

Ostwald, Prof. Dr. W., Die Schule der Chemie. Erste Einführung in die Chemie für jedermann. 3. verbesserte Auflage. Mit 74 Abbildungen. Gr. 8. 1914. Preis geh. 5,50 *M.*

Post's Chemisch-technische Analyse. Handbuch der analytischen Untersuchungen zur Beaufsichtigung chemischer Betriebe für Handel und Unterricht. In 3. vermehrter und verbesserter Auflage herausgegeben von Prof. Dr. Bernhard Neumann. Zwei Bände mit zahlreichen Abbildungen. gr. 8.

I. Band. Mit 218 Abbild. 1908. 23,50 *M.*, in Lnwd. 25 *M.*

II. Band. Mit 252 Abbild. 1909. 27,50 *M.*, in Lnwd. 40 *M.*

Walker, Prof. Dr. James, Einführung in die physikalische Chemie. 2. vermehrte Aufl., nach der siebenten des Originals übersetzt und herausgeg. von Dr. H. v. Steinwehr. Mit 62 Abbildungen. Gr. 8^o. 1914. Preis geh. 9 *M.*, geb. 10 *M.*

Weinberg, Dr. A. v., Kinetische Stereochemie der Kohlenstoffverbindungen. Mit 25 Abbildungen im Text. Gr. 8^o. 1914. Preis 3 *M.*, in Lnwd. 4 *M.*

Werner, Prof. Dr. A., Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie. 3. durchgesehene und vermehrte Auflage. [Die Wissenschaft, Bd. 8.] 1913. 11 *M.*, in Lnwd. 12 *M.*

Wood, J. T., Das Entkälken und Beizen der Felle und Häute. Nach der englischen Ausgabe unter Mitwirkung des Verfassers bearbeitet von Ing.-Chem. Josef Jettmar. Mit 34 Abbildungen im Text und 1 Bildnis. 8^o. 1913. 9 *M.*, in Lnwd. 10 *M.*

Unsere Kataloge „Reine und angewandte Chemie“ bzw. „Technologie“ stehen kostenfrei zu Diensten.