tralisierten Gaserzeugung auch Treibgase mit wesentlich erhöhter Verbrennungswärme zu gewinnen.

Die Umstellung eines für flüssige Kraftstoffe eingerichteten Fahrzeugmotors auf den Gasantrieb erfordert bei Otto-Motoren keine motorischen Veränderungen. Der geringe Leistungsabfall spielt praktisch kaum eine Rolle und kann durch Höher-Verdichtung noch weiter verringert werden. Bei Diesel-Motoren ist die Umstellung auf das Dieselgasverfahren zweckmäßig. Auch ist der Umbau auf das Otto-Prinzip durch Auswechselung des Zylinderkopfes und Einbau eines Zündapparates möglich. Besondere Vorzüge des Stadtgas- und Methanbetriebes im Kraftverkehr sind die geruchlose Verbrennung und die erhebliche Olersparnis, da eine Olverdünnung wie bei flüssigen Kraftstoffen nicht eintritt.

Für den Bau der Gastankstellen liegen bereits umfangreiche Erfahrungen vor (Bild 8 und 9). Die Anlagen bestehen aus den Verdichtern nebst Antriebmaschinen und Speicher-

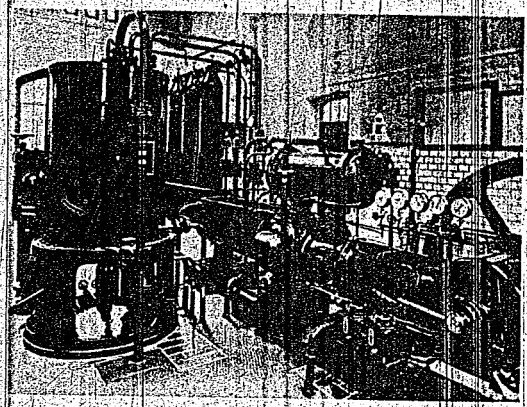


Abb. 8. Einrichtung einer Gastankstelle.

behältern, der neuerdings vorgeschriebenen Kühlanlage und der Abfüllanlage. Die zum Verdichten des Stadtgases notwendigen Hochdruckverdichter werden in stehender und liegender Bauart geliefert. Die Verdichtung erfolgt in 4 oder 5 Stufen bis auf 350 atü. Da sich das Gas bei der Verdichtung erwärmt, muß es hinter jeder Stufe gekühlt werden.

Das verdichtete Stadtgas verläßt die Anlage mit einer Temperatur von 20—25° und wird über die jetzt vorgeschriebene Kühlanlage geleitet. Diese besteht aus einem Sofebehälter, der Rohrschlangen für Kältemittel und Gas enthält, und einer kleinen Kältemaschine von üblicher Bauart.

Die Zahl und Größe der Druckspeicher richtet sich nach der in der Hauptbelastungszeit benötigten Gasmenge. Es ist wichtig, den Speicherraum nicht zu klein zu bemessen. Die Anlage muß voll automatisch arbeiten; der Kompressor läuft selbsttätig an, sobald der Druck in den Speicherbehältern auf eine Mindesthöhe gefallen ist und schaltet ab, wenn die Druckspeicher wieder aufgefüllt sind (Bild 10). Die Tankung der Fahrzeuge erfolgt aus den Speicherbehältern über die Tanksäule mittels eines Tankschlauches oder Gelenk-

129

stückes aus Stahlrohr. An der Füllstelle ist ein Sicherheitsventil erforderlich, das ein Ansteigen des Druckes in den Fahrzeugflaschen über 200 atü verhindert. Die Tankung ist

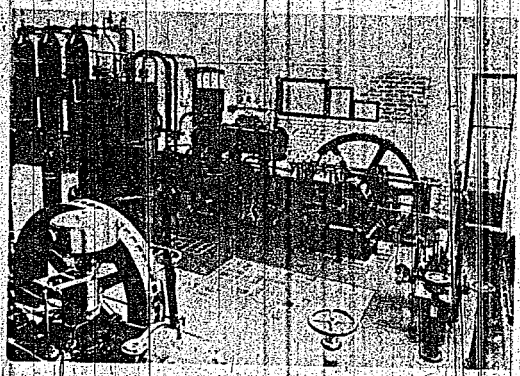


Abb. 9. Einrichtung einer Gastankstelle.

unabhängig von dem Restdruck in den Fahrzeugflaschen. Der Tankvorgang dauert ungefähr 5 Minuten.

Über die Kosten der Gasverdichtung kann ich auf Grund der ersten Anlage der Berliner Gaswerke, die seit längerer Zeit mit einer Jahresabgabe von rund 1,8 Mio cbm in Betrieb ist, berichten. Bei einer Betriebsdauer von täglich 20 Stunden und einer Tagesleistung von 6000 cbm sind die Kosten für Kraftverbrauch, Kühlwasser, Schmieröl, Reparaturen, Bedienung usw. mit 4,92 Rpf, die Verwaltungskosten und der Kapitaldienst mit 2,08 Rpf ermittelt, so daß die Gesamtkosten für die Verdichtung von 1 cbm Stadtgas auf 350 atü 7 Rpf betragen. Hierzu kommen die Selbstkosten des Gases frei Verdichterstation. Diese Zahlen sollen nur als Anhalt dienen. Die Kostenkurve fällt mit steigender Menge steil ab.

Über die Flaschenfrage habe ich bereits im Zusammenhang mit den früher beobachteten Korrosionserscheinungen gesprochen. Auf Anordnung des Generalbevollmächtigten für das Kraftfahrwesen dürfen die neu zur Verwendung kommenden Flaschen nur noch in 3 Abmessungen, und zwar mit einem Inhalt von 9, 10 oder 30 cbm bei 200 atü Verdichtung geliefert werden. Das Gewicht dieser Flaschen ist ca. das 8 fache ihres Inhaltes. Je nach Größe des Fahrzeuges und der Tageskilometerleistung müssen 4—8 Flaschen, bei Methan rund die Hälfte, an dem Fahrzeug angebracht werden. Im Gegensatz zu den Flüssiggasflaschen, die nach Entleerung ausgewechselt werden, bleiben in Deutschland die Hochdruckflaschen fest mit dem Fahrzeug verbunden. Ver-

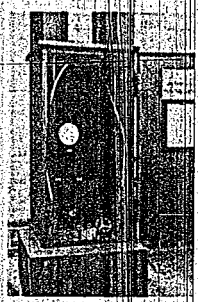


Abb. 10. Gastankstelle.

130

luste durch etwaige Restbestände in den Flaschen entstehen daher beim Stadtgasbetrieb nicht. Aus Italien sind mir auch Fälle bekannt, in denen die Methanflaschen ähnlich wie beim Flüssiggasbetrieb am Wagen ausgewechselt werden.

Die beim Probedruck zulässige Beanspruchung der Zylinderwandung der Fahrzeugbehälter ist durch die Druckgasverordnung einheitlich für alle Stadtgasbehälter auf das 0,6fache der Streckgrenze herabgesetzt worden. Die Beanspruchung beim Betriebsdruck beträgt in diesem Falle das 0,4fache der Streckgrenze. Die Zeit erlaubt es mir leider nicht, auf die sehr interessanten Fragen der Werkstoffe sowie der Flaschenausführung näher einzugehen. Auf diesem Gebiet sind von der Industrie und einzelnen großen Gaswerken umfangreiche Forschungsarbeiten geleistet worden, die in der erwähnten Druckgasverordnung ihren Niederschlag gefunden haben. In Verbindung mit der Entfernung der Kondensate und des Cyans aus dem Gas kann nunmehr mit Sicherheit angenommen werden, daß Zerstörungserscheinungen an Druckbehältern im Stadtgasbetrieb nicht mehr entstehen können.

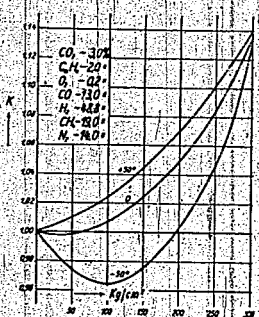


Abb. 11. Kompressibilität von Stadtgas nach P.T.R.

Für die Berechnung der Hochdruckgaslieferung an die Abnehmer ist die einwandfreie Ermittlung des jeweiligen Flascheninhaltes bei verschiedenen Drücken erforderlich. Die Verdichtung oder Entspannung der Gase und Gasgemische erfolgt nicht nach der allgemeinen Zustandsgleichung, sondern es macht sich je nach der Gasart mit zunehmendem Druck eine Abweichung des Volumens bemerkbar. Diese als Krompressibilität gezeichnet und ist bei der Berechnung des Inhaltes der Stahlflaschen mit verdichtendem Gas zu berücksichtigen. Messungen der physikalisch-technischen Reichsanstalt haben ergeben, daß die Kompressibilitätszahlen von Gasgemischen nur experimentell ermittelt werden können. Ich zeige Ihnen in der Abbildung die Kompressibilitätskurven für das Berliner Stadtgas nach Messungen von Dr. Otto, Physikalisch-technische Reichsanstalt (Bild 11).

Sind die Kompressibilitätszahlen eines Gasgemisches für die verschiedensten Drücke und Temperaturen ermittelt worden, so läßt sich der Korrekturfaktor α nach der in Bild 12 wiedergegebenen Formel errechnen.

$$\alpha = \frac{V}{V_{th}} = \frac{\frac{p_2 \cdot V_B \cdot (273 + 15)}{K_2 \cdot (273 + t_2)} - \frac{p_1 \cdot V_B \cdot (273 + 15)}{K_1 \cdot (273 + t_1)}}{V_B \cdot (p_2 - p_1)}$$

α Korrekturfaktor
V Tatsächlich getankte Gasmenge (m³)
V_{th} Theoretisch zugefüllte Gasmenge (m³)
V_B Wasserinhalt der Fahrzeugbehälter (m³)
p_1; t_1 Druck und Temperatur vor dem Füllen
p_2; t_2 Druck und Temperatur nach dem Füllen
K_1; K_2 Kompressibilitätszahl für den Zustand p_1; t_1 bzw. p_2; t_2

Abb. 12. Korrekturfaktor für die Berechnung des Speicherflascheninhalts

Nach Bestimmung des Korrekturfaktors errechnet sich das tatsächliche Gasvolumen nach der Formel $V = \frac{J \times p \times \alpha}{1000}$ cbm.

Es bedeuten: J = Wasserinhalt des Behälters in l, p = Druck in at, α = Korrekturfaktor.

Für Überschlagsberechnungen kann bei normalem Stadtgas der Korrekturfaktor mit 0,85 bei 200 atü und 0,80 bei 350 atü angenommen werden.

Die Abgabe des Stadtgases an die Fahrzeuge erfolgt in erster Linie durch ortsfeste Tankstellen, die an den günstigsten Plätzen der Verbrauchsgebiete errichtet werden müssen. Aber auch fahrbare Tankstellen sind empfehlenswert. Sie haben den Vorteil, daß sie an jedem beliebigen Punkt eingesetzt werden können (Bilder 13—15). Ich zeige Ihnen in den folgenden Bildern einige Aufnahmen von fahrbaren Tankanlagen, den Tankvorgang an einem Omnibus sowie die Stadtgasausrüstung für Lastfahrzeuge. Die Verwendung von fahrbaren Tankstellen kommt hauptsächlich für größere Städte und die Versorgung von Omnibuslinien in Frage. Das Auffüllen eines Tankwagens mit 5 Speicherbehältern und einem Fassungsvermögen von zusammen 1500 cbm, wie Sie ihn im Lichtbild aus dem Betrieb der Berliner Gaswerke gesehen haben, dauert 2—3 Stunden.

Die Leistung des mit Stadtgas betriebenen Kraftfahrzeuges ist für den Nahverkehr ausreichend und wird bei Verwendung von Methan auf mindestens die doppelte Fahrstrecke, also rund 200 km, erhöht. Es ist nicht zu empfehlen, Lastkraftwagen unter 1½ t auf den Stadtgasbetrieb umzustellen, da dann das Flaschengewicht eine zu hohe Belastung für den Wagen darstellt. Auch Personenkraftwagen eignen sich nur in Ausnahmefällen für den Stadtgasantrieb. Eine besondere Bedeutung hat die Verwendung von Hochdruckgas für die kommunalen Fahrzeuge, da diese zumeist eine geringere tägliche km-Leistung aufweisen.

Zusammenfassend kann ich feststellen, daß die Frage des Einsatzes der Permanentgase für die deutsche Treibstoffwirtschaft technisch und wirtschaftlich gelöst ist. Es erübrigt sich auch jedes Wort

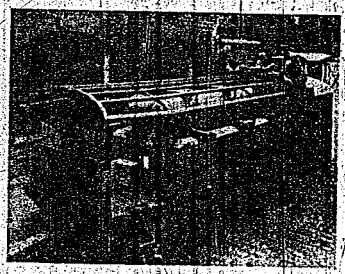


Abb. 13. Fahrbare Tankstelle für Stadtgas.

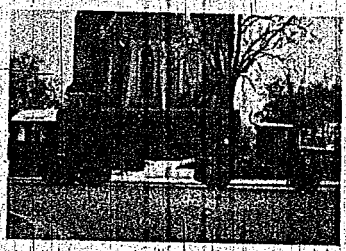


Abb. 14. Fahrbare Tankstelle für Stadtgas.

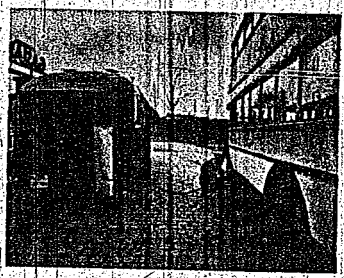


Abb. 15. Fahrbare Tankstelle für Stadtgas.

Abb. 16. Fahrbare Tankstelle für Stadtgas.

Abb. 17. Tankvorgang an einem Omnibus.

Abb. 18. Stadtgasausrüstung eines Lastwagens.

über die Notwendigkeit, den Verbrauch flüssiger Treibstoffe in der Heimat auf das äußerste einzuschränken, damit die Versorgung der kämpfenden Truppe unbedingt sicher gestellt ist. Auf Grund eines Führererlasses sind daher zukünftig in verstärktem Maße Stadt- und Kokereigas sowie Methan als Ausweichkraftstoff heranzuziehen. In kürzester Zeit sollen in Deutschland zunächst rund 15000 Fahrzeuge umgestellt werden. Zur Zeit sind im Reichsgebiet ungefähr 40 Gastankstellen in Betrieb, die sich fast ausnahmslos im Besitz gemeindlicher Gaswerke befinden. Rechnet man überschläglich mit der täglichen Bedienung von bis zu 100 Fahrzeugen je Tankstelle, so erfordert das Sofortprogramm bereits die Erstellung von weit über 100 neuen Tankstellen mit Kompressor- und Speicheranlagen. Dazu kommt die Ausrüstung der Fahrzeuge mit Hochdruckflaschen und den zusätzlichen Apparaturen, wie Gasdruckregler, Mischventilen usw. Sie erkennen daraus bereits den Umfang der vordringlich zu leistenden Arbeiten, deren fristgemäße Erledigung allerdings von seiten der Materialbeschaffung, der Bauwirtschaft und des Arbeitseinsatzes auf die bekannten Schwierigkeiten stoßen wird. Dennoch muß die Aufgabe bewältigt werden und es ist verständlich, daß der Generalbevollmächtigte für das Kraftfahrwesen sich bei ihrer Durchführung nur leistungsfähigster Stellen bedienen kann, die über technische Erfahrungen und über Kenntnisse des Treibstoffgeschäftes verfügen. Neben der einschlägigen Industrie haben die Pionierarbeit auf dem Gebiet des Stadtgasantriebes für Kraftfahrzeuge bisher fast ausschließlich einige große Gaswerke geleistet, die heute auch als einzige bereits über langjährige Erfahrungen verfügen. Außerdem haben meine Ausführungen gezeigt, wie eng, insbesondere bei der Methangewinnung, das Treibgasgeschäft technisch bei der Gaserzeugung gekuppelt ist.

Der Generalbevollmächtigte für das Kraftfahrwesen hat durch einen kürzlichen Erlaß die Aktiengesellschaft der Kohlewertstoff-Verbände mit dem Bau und Betrieb eines einheitlichen Gastankstellennetzes über ganz Deutschland, beginnend mit dem Ruhrgebiet, beauftragt. Da der Material- und Arbeitseinsatz in der gelenkten deutschen Kriegswirtschaft ausschließlich nach den Grundsätzen der Dringlichkeit erfolgt, werden sicher einige auf diesem Spezialgebiet besonders erfahrene Gaswerke in der Lage sein, innerhalb ihrer Versorgungsbezirke einen eigenen Beitrag für die fristgemäße Durchführung des Umstellungsprogramms zu leisten. Es ist daher zu hoffen, daß es gelingen wird, eine sinnvolle Zusammenarbeit zwischen den Gaserzeugern und der vom Generalbevollmächtigten beauftragten Vertriebsorganisation zu schaffen. Denn über allen organisatorischen Fragen steht die unbedingte Notwendigkeit, ohne jeden Zeitverlust Stadtgas und Methan als vollwertige Ausweichkraftstoffe dem öffentlichen Kraftverkehr in größtmöglichem Umfange zuzuführen.

Die Vergasung fester Brennstoffe und die Gaskraft im Schiffsverkehr

Von Dipl.-Ing. Kurt Schmidt, Oberingenieur der Klöckner-Humboldt-Deutz AG., Köln, vorgetragen vor der Brennkrafttechnischen Gesellschaft E.V. auf der Gemeinschaftstagung „Gas und Gaskraft" am 4. März 1942.

Heute wird viel über „Gasgeneratoren" geschrieben und gesprochen, denn es gilt, die deutsche Kraftstoffwirtschaft der europäischen Rohstofflage anzupassen. Dabei kommt aber auch mancher Unsinn zu Tage. Begriffe wie „Schwelung", „Vergasung" werden durcheinander geworfen, Magerkohlen werden schwelfähig, der reinste Anthrazit wird in Rußland gefunden usw. Um so dringlicher ist die Aufgabe der berufenen Stellen, gründliche Kenntnisse über Sinn und Wesen der Vergasung, sowie die Vergasungsstoffe zu verbreiten. Der Betriebsleiter, der Schiffsführer, der Kraftfahrer kann nur dann seine Gasanlage richtig versorgen und bedienen, Mängel im Entstehen beseitigen, vorzeitige Abnutzung verhüten und beste Wirtschaftlichkeit erzielen, wenn er seine Anlage gründlich kennt und Fantasie durch Wissen ersetzt.

Manche Irrtümer wären schon vermieden, wenn statt des farblosen Fremdwortes „Generator" der treffende deutsche Ausdruck „Vergaser" üblich wäre, denn er trifft den Nagel auf den Kopf. Aufgabe des „Generators" ist es ja, feste Brennstoffe in Gas umzuwandeln, also zu vergasen[1]) und dabei gleichzeitig die nicht vergasbaren, dem Motor nur schädenden Bestandteile fern zu halten oder abzuscheiden. Grundlage der Brennstoffvergasung ist die Fähigkeit des festen Kohlenstoffes C, ein Brenngas — Kohlenoxyd CO — zu bilden und die Freundlichkeit des Wasserdampfes H_2O, in Gegenwart hell-glühenden Kohlenstoffes sich aufzuspalten, wobei der Wasserstoff H_2 sich den brennbaren Gasbestandteilen zumischt, während der Sauerstoffanteil O sich an der CO-Bildung beteiligt. Diese beiden chemischen Vorgänge sind um so entscheidender für den Gesamtverlauf der Vergasung, je weniger Kohlenwasserstoffe der Brennstoff enthält.

Hier mag auf folgende Tatsache hingewiesen werden: Die Kohlenwasserstoffe sind eine wesentliche Grundlage für die Gewinnung hochwertiger Rohstoffe, z. B. flüssiger Kraftstoffe und zahlreicher Ausgangsstoffe der chemischen Industrie. Deshalb ist es ein Ziel der deutschen Rohstoffwirtschaft, möglichst viel Kohlenwasserstoffe zu gewinnen, also die Kohle, den Torf oder das Holz nicht im ursprünglichen Zustand zu verfeuern oder zu vergasen, sondern erst einer Vornutzung zu unterziehen. Zur unmittelbaren Verbrennung und Vergasung sollten dann nur die zurückbleibenden Koks- kommen oder aber Brennstoffe wie Anthrazit und Magerkohle, die von Natur aus nennenswerte Mengen Kohlenwasserstoffe nicht enthalten. Da nun, wie weiter unten ausgeführt wird, kohlenwasserstoffarme Brennstoffe sich am leichtesten vergasen lassen und das motorische vorteilhafteste Gas liefern, so ist dieser Umstand ein Vorteil der Gaskraftanlage gegenüber der Dampfkraftanlage, die möglichst langflammig brennende, also kohlenwasserstoffreiche Brennstoffe für die Kesselanlage bevorzugt.

Die Grundform des Gaserzeugers ist der Schachtofen, bei dem die Vergasungsluft und das sich bildende Gas dem von unten nach oben eingebrachten Brennstoff entgegenströmt (aufsteigende oder Gegenstrom-Vergasung). Während die naturfeuchte Kohle im oberen Teil des Schachtes zunächst durch die von unten kommenden warmen Gase getrocknet, dann entschwelt wird, um nach Durchlaufen der Reduktionszone in der eigentlichen Brennzone bis auf den Ascherest verbraucht zu werden, vollzieht sich mit der gegenströmenden, durch Wasserdampf angereicherten Luft die Vergasung. Diese ist in

[1]) Der Vergaser eines Benzin-Motors ist bekanntlich kein Vergaser, sondern in Verdampfer. Hier ist die Bezeichnung also falsch, indessen dürfte die Gefahr der Verwechslung eines Holz- oder Anthrazit-Vergasers mit einem Benzin-Vergaser kaum bestehen.

Bild 1 so dargestellt, als ob die einzelnen Bestandteile der Luft und des beigemengten Wasserdampfes nebeneinander die Brennstoffsäule durchlaufen. Der Luftstickstoff z. B. erfährt keine Veränderungen und findet sich im Gas so wieder, wie er mit der Luft zuströmte. Der Luftsauerstoff dagegen verbrennt mit der entschwelten Kohle, also dem Koks, zunächst zu Kohlen-Dioxyd CO_2, welches in der darüberliegenden Zone mit weiterem Kohlenstoff zu brennbarem Kohlenoxyd CO reduziert wird. Die Reduktion fordert nur einen Teil der in der Verbrennung entwickelten Wärme zurück, so daß fühlbare Wärme übrig bleiben würde; diese kann aber größtenteils dadurch gebunden werden, daß der mit der Luft zuströmende Wasserdampf in Wasserstoff und Sauerstoff zersetzt wird. Die chemischen Vorgänge lauten:?)

$$C + O_2 = CO_2 + 97600 \text{ kcal/Mol}$$
$$CO_2 + C = 2\,CO - 38800 \text{ kcal/Mol}$$
$$C + (H_2O)\,\text{Dampf} = CO + H_2 - 28400 \text{ kcal/Mol}$$

Restwärme des so gebildeten Gasgemenges dient der Kohlenschwelung und -trocknung, also dem Austreiben der „flüchtigen" Kohlenwasserstoffe und der Feuchte der aufgegebenen Kohle. Mit 200 bis 500° — je nach Verfahren, Bauart, Durchsatzleistung und Brennstoff — verläßt das Rohgas den Vergaser.

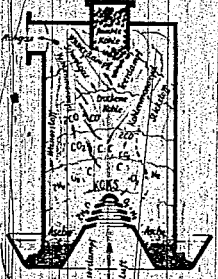


Abb. 1. Grundform eines Kohle-Vergasers (aufsteigende Vergasung).

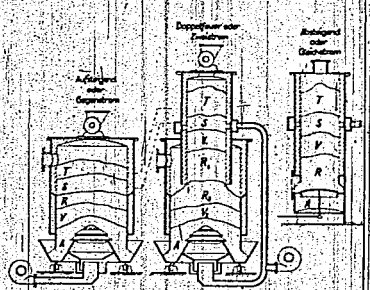


Abb. 2. Vergleich der aufsteigenden, absteigenden und der Zweifeuer-Vergasung.

Rohgasanlagen für die Beheizung bestimmter industrieller Öfen verzichten auf eine Kühlung des Gases und begnügen sich mit einer einfachen Entstaubung. Teerdämpfe sind hier vielfach erwünscht, da sie im Ofen lange, leuchtende Flamme geben.

Für die meisten Verwendungszwecke folgt aber eine Kühlung und Reinigung des Gases. Es ist dann zum Motoren-Betrieb geeignet, wenn der Ausgangsbrennstoff praktisch teerfrei war, d. h. nicht solche Kohlenwasserstoffe enthielt, die bei Raumtemperatur flüssig oder salbig sind. In motorischen Anlagen würden die Teerdämpfe sich zu Nebeln verdichten und eine Verklebung und Verschmutzung der Leitungen, Ventile usw. zur Folge haben. Entweder muß man dann die Reinigungsanlage durch eine Teerwascheinrichtung ergänzen — in einfacher Form meist überall vorhanden — oder man muß bei Brennstoffen mit höherem Teergehalt durch besondere Lenkung des Vergasungsverfahrens die Kohlenwasserstoffe verbrennen und sie so, wie den Kohlenstoff, vergasen.

Einen Weg hierzu bietet die absteigende oder Gleichstrom-Vergasung (Bild 2, rechts). Hier wird die Vergasungsluft von oben oder jedenfalls im oberen Teil

?) eingehender im Sammelwerk LIST „Die Verbrennungskraftmaschine", Heft 1, S. 83, Verlag Julius Springer, Wien, 1939.

des Gaserzeugers eingeführt, wobei die Befeuchtung des Windes durch den natürlichen Feuchtigkeitsgehalt des Brennstoffes erfolgt. Die beginnende Verbrennung bewirkt zunächst ein Ausschwelen der Kohlenwasserstoffe und anschließende Verbrennung dieser, sowie eines Teiles des Kohlenstoffes. Davon aber darf nur eine solche Menge erfaßt werden, daß in der nach unten sich anschließenden Reduktionszone noch genügend Kohlenstoff zur Verfügung steht, um die Bildung von Kohlenoxyd aus Kohlen-Dioxyd — wie bei der aufsteigenden Vergasung — zu sichern. In dieser Bedingung liegt die Schwäche des Verfahrens, denn es ist im praktischen, schwankenden Betrieb schwer, das richtige Verhältnis zwischen zugeführter Luftmenge und verfügbarem Reduktions-Kohlenstoff einzuhalten. Dazu tritt noch die Tatsache, daß der Reduktionsvorgang wärmezehrend ist und mit der dadurch absinkenden Temperatur schließlich ganz aufhört. Die Folge ist entweder eine ungenügende Reduktion, also hoher CO_2-Gehalt des erzeugten Gases und niedriger Heizwert, oder größere zurückbleibende Kohlenstoffmenge (Koks, Holzkohle). Die Erfahrung zeigt, daß die absteigende Vergasung bei befriedigendem Wirkungsgrad durchführbar ist mit hochkohlenwasserstoffreichen, geologisch j ü n g e r e n Brennstoffen wie Holz, Torf, Lignit. Schon ältere Braunkohlen aber, und vor allem Steinkohlen oder gar Anthrazit, lassen sich kaum absteigend vergasen.

Es wurde gesagt, daß die unmittelbare Verbrennung kohlenwasserstoffreicher Kohlen in Deutschland mit der Zeit verschwinden sollte. Heute haben diese Kohlen aber noch den größten Anteil der zur Verfügung gestellten Brennstoffe. Die Vergasungstechnik muß dem Rechnung tragen. Es wurden früher viel Rohgasanlagen in Betrieb gehalten, welche Flammkohle oder Braunkohlenbriketts aufsteigend vergasten. Durch mechanische Rühr- oder Stocheinrichtungen wurde dem Backen mancher Kohlensorten entgegengewirkt. Das Auswaschen des Teeres wurde aber die Reingasanlagen, also z. B. Kraftanlagen, wenn der Teer aufgefangen werden soll, vielseitig und raumsperrend machen. Man mußte also die Vorteile der absteigenden Vergasung (Vergasung der Kohlenwasserstoffe) nutzbar machen ohne den Nachteil des unstabilen Verfahrens, und so wurden Doppelfeuer oder Z w e i f e u e r - V e r g a s e r entwickelt. Bild 2 vergleicht die drei Verfahren. Beim Doppelfeuer-Vergaser wird im wesentlichen im Oberteil die Aufgabe der Verbrennung und Vergasung der Kohlenwasserstoffe, im Unterteil die Vergasung des Kokses durchgeführt (Bild 3). Auf diese Weise wird der labil ablaufenden, absteigenden Vergasung die stabile aufsteigende nachgeschaltet, wodurch der Gesamtprozeß ein in sich ruhendes, chemisch-physikalisches Gleichgewicht erhält. Dies ist darin gegeben, daß alle Kokskörnchen, welche nicht durch Reduktion aufgezehrt wurden, in die Verbrennungszone des unteren Vergasers gelangen, also unter allen Umständen genügend Luftsauerstoff vorfinden, um verbrannt und dadurch verwertet zu werden.

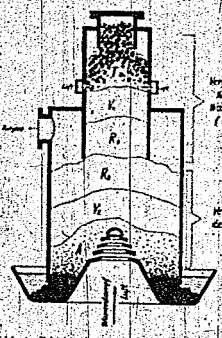


Abb. 3. Schema einer Braunkohlen-Brikett-Vergasung.

Zu erwähnen ist noch die Q u e r v e r g a s u n g, bei der meist der Vergasungswind durch eine gekühlte Düse unmittelbar in das Brennstoffbett geführt wird. Bei Anthrazit-Vergasung entsteht eine so hohe Temperatur, daß die Asche schmilzt. Sie muß nach bestimmter Betriebszeit als erstarrter Kuchen dann entfernt werden. Diese Gaserzeuger haben den Vorteil besonders hoher Anpassungsfähigkeit und sind daher für Kraftfahrzeuge geeignet (Bild 4). Sie sind aber empfindlich gegen aschereiche Brennstoffe, und es ist daher der Wunsch nach Herstellung eines besonders aschearmen Anthrazites geäußert worden. Nur für kleinere Mengen kann sich eine solche Aufbereitung des Brennstoffes

lohnen. Im allgemeinen sollte der Gaserzeuger sich nach dem Brennstoff und nicht umgekehrt der Brennstoff nach dem Gaserzeuger richten. Die Praxis zeigt, daß auch der Anthrazit-Kraftwagen-Gaserzeuger mit aufsteigender Vergasung den Anforderungen des

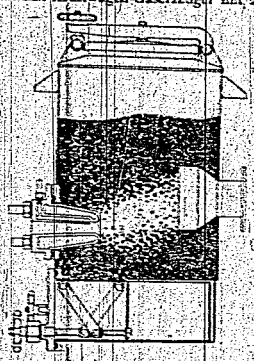


Abb. 4. Schema eines Quervergasers für Anthrazit.

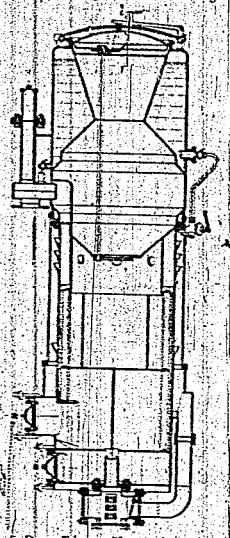


Abb. 5. Deutz-Fischer-Vergaser für Anthrazit mit Düsenrost und absteigender Vergasung.

Fahrbetriebes gerecht wird, dann aber nicht die hohe Empfindlichkeit gegen den Aschegehalt des Brennstoffes besitzt. Die notwendige Elastizität wird auch hier durch eine düsenartige Windzuführung (Glutkern hoher Temperatur) erreicht (Bild 5).

Aus dem Gesagten folgt: In der Wahl des Vergasungsverfahrens haben wir die Handhabe, uns dem Brennstoff, d. h. in erster Linie seinen Kohlenwasserstoff und dem Aschegehalt anzupassen, also auf seine chemische und physikalische Eigenart Rücksicht zu nehmen. Wir können sagen, daß es in Deutschland eine reiche Auswahl von Vergasungsstoffen gibt, deren wichtige Eigenschaften in der Tabelle auf Seite 138 zusammengestellt sind.

Der Schwefel ist eine unerwünschte Beimengung. Deshalb wird man bei der Auswahl nach dem schwefelärmeren Vergasungsstoff greifen. In ortsfesten Anlagen ist eine Entschwefelung des Gases möglich. Für fahrbare Anlagen verlangt eine solche Apparatur aber zuviel Platz und Gewicht. Geschädigt werden durch Schwefel in erster Linie wertvolle Bauteile des Motors wie Einlaßventile, Kolbenringe, Zylinderbüchsen. Ein wirksames Gegenmittel bietet die Verchromung der Zylinderbüchsen und die Panzerung der Ventilsitze. Der Vergaser selbst leidet unter Brennstoffschwefel kaum; die Reiniger und Rohrleitungen lassen sich durch einfache Innenanstriche schützen, da im allgemeinen nur diejenigen Schädigungen durch Schwefel in Betracht zu ziehen sind, die durch Aufnahme schwefeliger Säure in Niederschlagwasser, also unterhalb des Taupunktes des Gases oder Gemisches eintreten.

Alle Brennstoffe, die im Feuer „stehen", d. h. nur eine formähnliche Veränderung erfahren, also weder zerfallen noch beim Durchlaufen einer bestimmten Temperatur zu-

Deutsche Verbrennungsstoffe

Nr.	Brennstoff	Herkunft	Körnung mm	Schüttgewicht kg/m³	bezogen auf trockenen Brennstoff: Heizwert kcal/kg Ho	Heizwert kcal/kg Hu	Schwefel verbrennb. %	Schwefel in der Asche %	Asche %	Flüchtige %	fixer C %	bezogen auf lufttrockene Kohle: Koksbeschaffenheit	Schwelanalyse Urteer %	Schwelanalyse Ges. H_2O %	Schwelanalyse Halbkoks %	Erw. Punkt der Asche in oxyd. Atm. °C	Schmelzpunkt der Asche in oxyd. Atm. °C	Feuchte %	Unterer Gasheizwert kcal/Nm³
1	Anthrazit Nuß-IV	Ruhr	10-18	770	7900	7800	0,8	0,1	5-7	8-10	81-85	sandig	0,40	0,80	98	1170	1.30	2,8	1230[1])
2	Gasflammförderkohle	Ruhr	mindestens 25 % grob	840 bis 890	7400 bis 7700	7100 bis 7400	1,0-1,2	bis 0,3	9-12	34-38	51-54	lockeres Gefüge, Festigkeit gering	11-14	2,5-5,0	68-72	etwa 1200 bis 1300	etwa 1300 bis über 1400	bis 3	1400[1]) 1100[2])
3	Gasflammnuß I-II	Ruhr	Nuß I 50-80 Nuß II 30-50	700 bis 760	7800 bis 8100	7500 bis 7800	0,8-1,2	bis 0,2	5-7	34-38	56-58	lockeres Gefüge, Festigkeit gering	11-14	2,5-5,0	68-72	etwa 1200 bis 1300	etwa 1300 bis über 1400	bis 3	1400[1]) 1100[2])
4	Brechkoks IV	Ruhr	10-20	560	6980	6970	1,3	0,05	7-9	1	89	sandig	—	—	100	1160	1280	bis 15	1050[2])
5	Braunkohle	Sudetengau	20-50	—	6200	5920	1,65	0,13	13	44	43	sandig	14	5,4	67	1230	1380	27	1400[1])
6	Braunkohlen-Briketts	Rheinland	60×40	—	5700	5400	0,35	0,55	6,4	15	43	pulvrig	9,6	10,7	60	—	—	15	1500[1]) 1200[2])
7	Braunkohlen-Schwelkoks	Offleben	10-30	720	6550	6450	3,25	1,42	18,4	17	64	sandig	—	1,9	96	1245	1265	8	1300[1])
8	Stichtorf	Holland	80×100×300	—	5350	5020	0,15	0,03	4	62	34	leicht gefrittet	16	19	45	1280	1350	33	1200[1])
9	Buchenholz	Mitteldeutschl.	50×50×70	403	4450	4090	0,023	—	0,05	87	13	—	30	30	24	—	—	18	1300[1]) 1200[2])
10	Fichtenholz	Deutschl.	—	—	4450	4475	0,031	—	0,15	87	13	—	29	30	14	—	—	12	1300[1]) 1200[2])

[1]) aufregende Verglimmung [2]) abregende Verglimmung [3]) Zweistufen-Verbrennung

Fig. 19.

sammenbacken, sollen eine gleichmäßige Körnung (Sortierung) aufweisen. Diese Körnung liegt am zweckmäßigsten in den Grenzen zwischen 5 und 25 mm. Gröbere Sortierungen verlangen eine vor allem für Fahrzeuge ungünstig hohe Ausführung des Vergasers. Backende Kohle dagegen kann in ungeregelter Korngröße aufgegeben werden, da sich der bei etwa 400° bildende Koks wieder zerkleinert wird, wodurch die Vergasung dann hinsichtlich der Stückgröße wie eine Koksvergasung verläuft und dementsprechend die Bauhöhe des Vergasers zu bemessen ist.

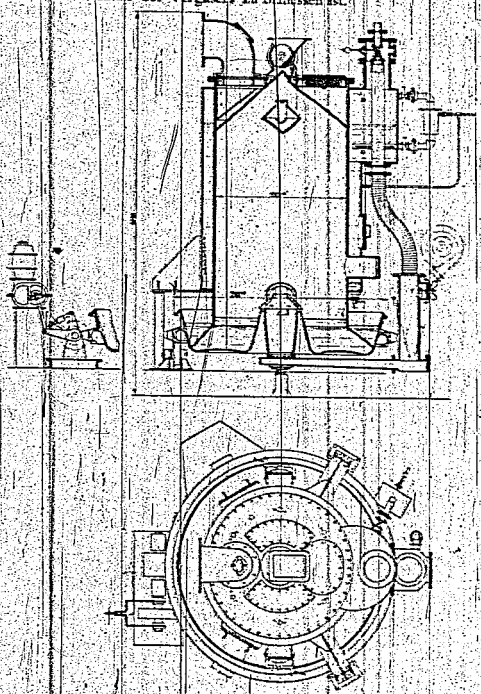


Abb. 4. Deutz-Schachtgaserzeuger für Anthrazit, Magerkohle, Braunkoks, Schwelkoks. Gaserzeugung bis 450 PSe.

Wie schon eingangs erwähnt, lassen sich kohlenwasserstoffarme Brennstoffe auf die einfachste Weise vergasen. Im Einklang mit dem vorstehend erwähnten Ziel der deutschen Rohstoffwirtschaft werden daher die kohlenwasserstoffarmen Brennstoffe in

Deutschland auch in Zukunft bevorzugt vergast werden, das sind Anthrazit, Magerkohle, Brechkoks und Schwelkoks. Für die zahlreichen Sorten dieser Brennstoffe sind schon heute die meisten Gaserzeuger geeignet, ohne daß durch den Übergang von dem einen zum anderen größere bauliche oder betriebliche Eingriffe notwendig sind.

Eine steigende Bedeutung gewinnt die Gaskraftanlage in der Binnenschiffahrt. Bild 6 zeigt einen Schiffsgaserzeuger der Klöckner-Humboldt-Deutz AG, wie er jetzt serienmäßig hergestellt wird. Dies ist eine Konstruktion, die für die oben erwähnten, kohlenwasserstoffarmen deutschen Brennstoffe geeignet ist. Kennzeichnende Merkmale sind: Doppelwandiger als Verdampfer ausgebildeter Schacht (zur Verhinderung des Anbackens von Schlacke und zur Erzeugung des Dampfes für die Windsättigung), verhältnismäßig kleiner Drehrost auf fast senkrechtem Rostturm, der bequemen Abfluß auch größerer gesinterter Schlackenstücke in die ebenfalls drehbare, auf Rollen gelagerte Aschenschüssel gestattet. Das Ausfahren der im Wasserbad liegenden Asche geschieht in bekannter Weise durch Schaufeln einer einstellbaren Austragsschaufel, also selbsttätig und staubfrei. Der Windverschluß unter dem Rostturm ist trocken und leicht zugänglich. In selbsttätiger Weise wird die dem Wind beigemischte Dampfmenge durch Thermostat und Regelventil bemessen. Der Überschußdampf dient meist zur Schiffsheizung, so daß im Betrieb die Bedienung einer besonderen Heizungsanlage und besonderer Brennstoffaufwand dafür entfällt. Die Zuführung des Brennstoffes (Vergasungsstoffes) erfolgt nur durch eine Kammerschleuse, deren Drehung mit der Betätigung eines Becherwerkes für die Beschickung verbunden wird. Ist durch Vergasung der Brennstoff im Gaserzeugerschacht unter eine bestimmte Höhe abgesunken, so wird selbsttätig durch ein Schaltblech die Beschickung eingeleitet, um wieder abzustoppen, sobald das Schaltblech durch neu aufgefüllten Brennstoff weggedrückt ist. Ein Brennstoffverteiler ergibt verhältnismäßig große freie Schüttung und damit günstige Absaugeflächen für das Gas, wodurch gleichzeitig eine niedrige Bauhöhe erreicht wird. Die neben dem Gaserzeuger, zur Erzielung eines sicheren Abflusses des Waschwassers höher angeordneten, zylindrischen Reiniger werden durch einen auf dem Gaserzeugerdeckel angeordneten Absauge-Krümmer und eine Umschaltklappe erreicht. Diese ist im Ruhestand auf „Kamin" und im Betrieb auf „Motor" geschaltet (Bild 7). Nach dem Deutzer System sind die Reiniger als kleinräumige, stark

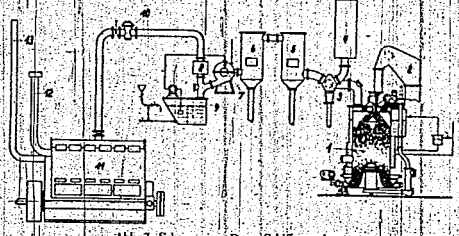


Abb. 7. Schema einer Deutz-Schiffsgasanlage.

berbrauste, zylindrische Gefäße ohne Füllkörper mit freiem Abfluß für das Waschwasser ausgeführt. Der Vorteil dieser Bauart liegt in leichtem Gewicht, geringer Raumbeanspruchung und der Sicherheit gegen die Folgen einer etwa durch Schaltfehler möglichen Verpuffung. Das lästige Auswechseln verschmutzter Füllkörper ist vermieden. Diesen Reinigern ist ein Schleuderwäscher nachgeschaltet, der gleichzeitig dazu dient, als Gassauger den Strömwiderstand des Gases in der Gesamtapparatur auszugleichen, diese Arbeit also dem Motor abnimmt. Im Schleuderwäscher wird das Gas durch die Schlagwir-

kung benetzter Schaufeln einer letzten wirksamen Reinigung unterworfen, die vor allem auch teerige Bestandteile auswäscht. Zwar sollen guter Anthrazit und guter Koks teerfrei sein, man muß aber doch mit geringen Teerresten rechnen, um stets leicht gängige Kegler, Absperrschieber und Einlaßventile zu haben, was bereits durch einen geringen teerigen Überzug vereitelt würde. Der Antrieb des Schleuderwäschers geschieht heute bei kleineren und mittleren Anlagen mechanisch, nur bei größeren mit mehreren Motoren elektrisch. Das Waschwasser bleibt im Umlauf; es erhält vorteilhaft eine Beimengung emulgierenden Öles.

Die Motoren selbst wurden bis vor kurzem ausschließlich als mittelhoch verdichtende, reine Otto-Maschinen gebaut (Verdichtungsverhältnis etwa 7—8). Die Änderung der Drehrichtung wurde durch Wende-Schaltgetriebe ermöglicht. Diese Getriebe sind im letzten Jahrzehnt zu vollkommener Betriebssicherheit entwickelt worden und arbeiten meist mit feuchten Lamellen-Kupplungen, welche hydraulisch geschaltet werden. Das Streben nach einfacheren und leichteren Anlagen führte zur Durchbildung des Zündstrahlverfahrens (Bild 8), das dem Gasschiff die betrieblichen Vorteile des Diesel-Fahrzeuges gibt. Die Zündung des angesaugten Gas-Luft-Gemisches geschieht hier nicht wie beim Otto-Verfahren durch einen Zündfunken, sondern durch einen feinen Strahl eingespritzten Dieselöles (Gasöles). Anlassen und Umsteuern, sowie Rückwärtsfahrt werden im reinen Dieselverfahren durchgeführt. Dazu besitzt der Motor die normale Diesel-Einspritz-Pumpe. Um nun den Zündölverbrauch so niedrig wie möglich zu halten, ordnet Deutz eine zweite, die Zündölpumpe an, die der Brennstoffpumpe eines Fahrzeugmotors gleicht und kleinste Mengen exakt verarbeitet. Der Wärmeverbrauch eines Deutz-Zündstrahl-Gasmotors liegt unter Vollast bei etwa 1900 kcal/PSeh, wovon etwa 100 kcal/PSeh auf Zündöl und der Rest auf Generatorgas entfallen. Will man auch die beim Zündstrahlverfahren noch nötigen geringen Dieselölmengen ganz vermeiden oder auf ein Minimum herabsetzen, so kommt das Hochdruck-Otto-Verfahren zur Anwendung. Es sind aussichtsreiche Versuche durchgeführt worden mit umsteuerbaren Otto-Motoren. Im Kriege ist es jedoch nicht möglich, dieses Verfahren so weit durchzubilden, daß allen Betriebsbedingungen einer Schiffsanlage entsprochen wird. Zunächst muß es also dabei bleiben, daß die Umsteuerung von Fahrzeugen mit Otto-Motoren durch Wendegetriebe geschieht. Das hat auch den Vorteil, den Gaserzeuger durch den Hauptmotor selbst auch während kurzer Stillstandspausen betriebsheiß zu halten. Schließlich ist es möglich eine Hilfskraft für das Anlassen und Umsteuern heranzuziehen. Das kann Dampf oder Elektrizität sein. Dabei ist der Hinweis am Platze, daß jede Brennkraftanlage, besonders aber eine Gaskraftanlage, die Möglichkeit lohnender Abwärmenutzung bietet, ohne den Wirkungsgrad der reinen Krafterzeugung durch das Gas zu beeinträchtigen. Man kann sowohl durch die Motoren-Abwärme, wie auch durch die Abwärme des Gaserzeugers Dampf erzeugen und diesen in einer Dampfmaschine mittelbar oder unmittelbar der Gaskraft hinzufügen. Dadurch läßt sich die Gesamtausnutzung des Brennstoffes um weitere 10 bis 20% steigern. Besonders zweckmäßig hat sich in der Praxis erwiesen, die Hilfsanlagen des Schiffes mit Abwärmedampf zu betreiben, also Pumpen, Lüfter, Kompressoren, Winden, Kältemaschinen u. a.

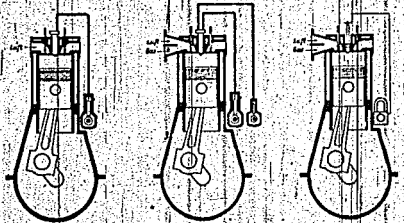


Abb. 8. Diesel-, Zündstrahl- (Deutz) und Otto-Verfahren.

Um die Ausnutzung des festen Brennstoffes in einer Schiffsgasanlage mit Hochdruck-Otto-Motoren der Ausnutzung in einer Schiffsdampfanlage (Mitteldruck etwa 18 atü) gegenüberzustellen, zeigt Bild 9 den Verbleib der Brennstoffenergie (Beispiel). Von 100 % auf den unteren Heizwert bezogener Anfangsenergie gehen im Dampfkessel — im wesentlichen durch fühlbare Wärme der Abgase — 25 % verloren, in der Gasanlage 20 %. Bei der Gasanlage können davon etwa 6 % zur Schiffsheizung nutzbar verwendet werden. Die Dampfmaschine arbeitet, auf den Ausgangsbrennstoff bezogen, mit einem Ausnutzungsgrad von 19 %, 56 % der Dampfwärme gehen — im wesentlichen im Kondensator — verloren. Der Gasmotor arbeitet, auf das Gas bezogen, mit einer Ausnutzung von 35 % oder auf den Ausgangsbrennstoff bezogen 28 %. Nützt man die Abgaswärme zum Betrieb einer Dampfmaschine aus, so kann man weitere 5 % Kraftausbeute erzielen. Das Gesamtgewicht der Dampfanlage ist etwa 77 t und das Gesamtgewicht der Gasanlage etwa 56 t. Für 100 Stunden müssen an Brennstoff mitgeführt werden: etwa 30 t für die Dampfanlage bzw. 20 t für die Gasanlage.

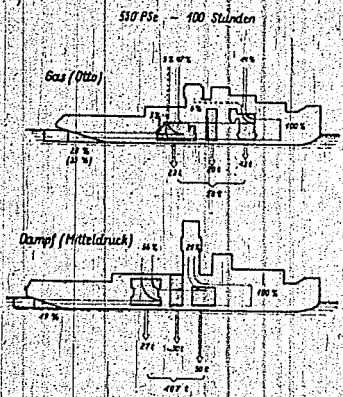


Abb. 9. Beispiel des Verbleibs der Brennstoffenergie in einer Gas- und einer Dampfanlage (etwa 500 PS)

Es ist ein Irrtum, zu glauben, daß Schiffsgasanlagen erst in den letzten Jahren entwickelt worden seien. Deutz hat sehr bald nach der Bewährung der ersten ortsfesten, Anthrazit, Koks und Braunkohlenbriketts vergasenden Kraftanlagen versucht, die Vorteile dieses damals neuen Antriebes dem Schiff zugute kommen zu lassen. Die ersten Anlagen wurden in Kanal-Frachtschiffe eingebaut. Bild 10 zeigt einen 500-PS-Doppelschraubenschlepper aus

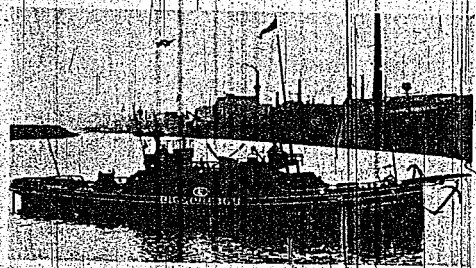


Abb. 10. Deutz-Gasschlepper, 500 PSe (1910)

dem Jahre 1910, der in einem Standrost-Doppelfeuer-Vergaser Braunkohlenbriketts verarbeitet. Etwa ein Dutzend Gas-Schlepper wurden vor dem ersten Weltkrieg gebaut. Die Entwicklung des Gasschiffes wurde durch die Überflutung Deutschlands und Europas mit meist amerikanischem Öl zeitweise unterbrochen, bis 1934 die Harpener Bergbau AG.

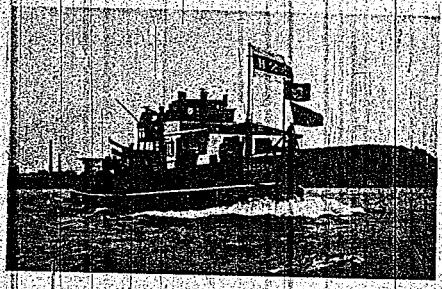


Abb. 11. Probefahrt des Harpen I (1935).

sich entschlossen gegen die Verwendung von Gasöl in ihrer eigenen Rheinflotte aussprach, so daß es in Zusammenarbeit der Meidericher Schiffswerft und Deutz zur Verwirklichung des schon vorbereiteten Projektes eines modernen Rheinschleppers, des „Harpen I" (Bild 11) kam, der als der Prototyp der heutigen Gasschiffe bezeichnet werden kann. Zahlreichen Neubauten auf Flüssen und Kanälen folgen im Augenblick Reihen-Umbauten nach festliegenden Normalplänen. Man kann sich heute die Fortentwicklung der deutschen Binnenschiffahrt ohne Gasschiff nicht mehr vorstellen.

Brennkrafttechnische Gesellschaft E.V.

Niederschrift

über die

23. Hauptversammlung

Geschäftliche Sitzung am 3. April 1941, 9½ Uhr im Flugverband-Haus, Berlin W 35

Vorsitzer: Herr Generaldirektor Fabian, Berlin.
Schriftführer: Herr Geheimer Regierungsrat Gentsch, Berlin.

Tagesordnung:

1. Begrüßung der Teilnehmer durch den Vorsitzer.
2. Jahresbericht des Vorstandes über die Arbeiten im Rahmen der Gesellschaft.
   Berichter: Das geschäftsführende Vorstandsmitglied.
3. Bericht des Rechnungsprüfers und Entlastung des Vorstandes.
4. Wahl des Rechnungsprüfers für das Geschäftsjahr 1941.
5. Zuwahl zum Hauptausschuß.
6. Verschiedenes.

Zu Punkt 1. Herr Generaldirektor Fabian: Meine Herren! Ich begrüße Sie und danke Ihnen für Ihr Erscheinen.

Wie wir unseren Mitgliedern bereits geschrieben hatten, mußte die 23. Hauptversammlung im Jahre 1940 ausfallen und auf dieses Jahr verschoben werden. Wir benutzen heute die Veranstaltung unseres Feuerungsausschusses, um den geschäftlichen Teil unserer 23. Hauptversammlung zu erledigen.

Vor Eintritt in die Tagesordnung wollen wir der Männer gedenken, die im abgelaufenen Geschäftsjahr durch Ableben aus unserer Mitte geschieden sind. Es sind dies die Herren:

Dr.-Ing. e. h. Hermann Frahm, Direktor der Blohm & Voß K. G. (gest. 28. 12. 1939).
Direktor Mathias Lürken, Betriebsführer d. Fa. Kaloriferwerk, Hugo Junkers G. m. b. H., Dessau (gest. 1. Februar 1940).
Unser Ehrenmitglied
Geheimrat Prof. Dr. Carl Bosch, Vorsitzender des Aufsichtsrats d. I. G. Farbenindustrie AG. (gest. 26./27. 4. 1940).
General der Artillerie
Prof. Dr. Dr. Becker, Chef des Heereswaffenamtes, Berlin (gest. 8. . 1940).
Geheimer Regierungsrat
Dr. phil. Richard Fritzweiler, Geschäftsführer der Verwertungsstelle der Reichsmonopolverwaltung für Branntwein, Berlin (gest. 27. 7. 1940).
Emil Adlersen, Maschinenfabrik Adler & Hentzen, Coswig.

TITLE PAGE

3. Kohlenschwelung.Zugleich Ergänzung zu "Die Schwelung von Braun- und Steinkohle" von Adolf Frank.

   The low temperature carbonization of coal: supplement to "The Low Temperature Carbonization of Brown and Bituminous Coal".

Frame Nos. 203 - 418

202

Kohlenschwelung

Zugleich Ergänzungsband zu
„Die Schwelung von Braun- und Steinkohle"

Von

Adolf Thau
Dr.-Ing. E. h.

Mit 255 Abbildungen
und zwei Bildtafeln

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale)
1938

Copyright 1938 by Wilhelm Knapp, Halle (Saale)
Printed in Germany 1938

Dem unermüdlichen Vorkämpfer der Brennstoffveredlung

Dr.-Ing. Rudolf Drawe

o. Professor an der Technischen Hochschule, Berlin

in Verehrung zugeeignet.

gebu
8. Fe
bei
einsa
lunge
schaf
Ofen

Dr. phil. Carl Eduard Rolle

geboren am 3. November 1829 zu Quenstedt bei Aschersleben, gestorben am 8. Februar 1875 in Bonn, entwickelte als Direktor der Mineralölfabrik Gerstewitz bei Weißenfels den nach ihm benannten stehenden Schachtschwelofen mit Glockeneinsatz. Dieser Ofen wurde nach den Entwürfen von Rolle mit vielen Abwandlungen in zahlreichen Versuchsbauarten praktisch erprobt und hat erst die wirtschaftliche Schwelung der mitteldeutschen Braunkohle ermöglicht, für die dieser Ofen in der Folge ausschließlich angewendet wurde. Rolle muß somit als der eigentliche Begründer der deutschen Braunkohlenschwelindustrie gelten.

Dr. phil. Carl Voigt

geboren am 8. August 1836 zu Osterhausen bei Eisleben, gestorben am 6. November 1886 in Halle (Saale), war der Nachfolger von Rolle noch zu dessen Lebzeiten als Direktor der Mineralölfabrik Gerstewitz. Voigt erkannte das Brauchbare in den Versuchsöfen von Rolle und gab dem Ofen den endgültigen, bald allgemein eingeführten Ausbau. Als ein hochbegabter Organisator verwandelte er die durch zahlreiche Versuche finanziell stark heruntergewirtschaftete Fabrik zu einem wirtschaftlich gesunden Musterbetrieb, nachdem er auch auf dem Gebiete der Schwelteerverarbeitung zu absatzfähigen Ölen und Kerzen Vorbildliches geleistet hatte. Seiner rastlosen, die Versuche von Rolle zum praktischen Ziel führenden Arbeit verdankt die mitteldeutsche Braunkohlenschwelindustrie ihren damaligen Aufschwung und die heutige Grundlage.

Vorwort.

Mit dem vorliegenden Band wird mein im Jahre 1927 erschienenes Werk „Die Schwelung von Braun- und Steinkohle" ergänzt, wobei der inzwischen verflossene Entwicklungszeitraum bis auf den heutigen Stand der Schweltechnik berücksichtigt wurde. Wenn dem ersten Band von einigen Fachkollegen ein Mangel an kritischer Stellungnahme nachgesagt wurde, so ist dabei zu berücksichtigen, daß viele Schwelverfahren lediglich auf die Verarbeitung ganz bestimmter Brennstoffe zugeschnitten sind, so daß ihre Bau- und Betriebsweise im Gegensatz zu Koks- oder Gaswerksöfen keineswegs von allgemein gültigen Gesichtspunkten aus beurteilt und kritisiert werden kann.

Gegenüber dem ersten Band wurde im vorliegenden eine andere Gliederung des Stoffes gewählt, insofern als Braun- und Steinkohle getrennt behandelt sind, und hinsichtlich der vielen Verfahren, die seit dem Abschluß des ersten Bandes nur erst versucht und noch nicht eingeführt oder wiederabgeworfen worden sind, habe ich mich auf eine knapp umrissene Zusammenstellung in einem besonderen Abschnitt (VII) beschränkt, wobei durch wiederholt notwendig werdende Nachträge die angestrebte Reihenfolge nicht eingehalten werden konnte. Dabei sind wiederum nur praktisch erprobte Schwelverfahren einbezogen worden, ohne Berücksichtigung der im Patentschrifttum oder in Veröffentlichungen gemachten Vorschläge, die keine praktische Verwirklichung gefunden haben. Wirtschaftlichkeitsberechnungen sind nicht aufgenommen worden, da einwandfreie Betriebszahlen nicht vorlagen, und die von den Erbauern angeführten Werte nur lückenhaft sind, weshalb sie zu sehr von den wirklichen Verhältnissen abweichen um als Maßstab dienen zu können.

Gleichzeitig wurde auch versucht, das deutsche Schrifttum über die Schweltechnik möglichst vollständig zu erfassen und anzuführen, wobei ausländische Arbeiten nur berücksichtigt sind, soweit es sich um Bücher handelt.

Nach zehnjährigen Bemühungen glückte es, in den Besitz von Bildern der beiden bedeutendsten Pioniere der deutschen Braunkohlenschwelindustrie Rolle und Voigt zu gelangen und ihre Züge der Nachwelt zu erhalten. Für das Bild von Dr. Voigt möchte ich seinem Sohn, Herrn Bergwerksdirektor Dr. phil., Dr.-Ing. E. h. Ernst Voigt, Welzow, auch an dieser Stelle danken.

Berlin-Wilmersdorf. **A. Thau.**

Inhaltsverzeichnis.

I.

Die Entwicklung der Schwelindustrie im letzten Jahrzehnt 1
Braunkohle 2. Braunkohlenschwelanlagen in Mitteldeutschland 3. Steinkohle 4. Kennzeichnung der Steinkohlenschwelung 4. Die technische Entwicklung der Steinkohlenschwelung in Deutschland 6. Entwicklung im Ausland 8. Schrifttum 9.

II.

Braunkohlenschwelung 12
Braunkohlenschwelung mit Außenbeheizung 12. Borsig-Geissen-Schwelofen 14. Schwelerzeugnisse 18. Schrifttum 20. Die Spülgasschwelung der Braunkohle 20. Lurgi-Schwelverfahren 21. Stückkokserstellung aus Braunkohle 24. Lurgi-Krupp-Verfahren 24. Betriebsergebnisse 28. Schrifttum 29.

III.

Steinkohlenschwelung 30
Steinkohlenschwelöfen mit Außenbeheizung 30. Coalite-Verfahren 30. Ausbeuten 34. Entwicklung in Deutschland 35. Brennstofftechnik-Verfahren 36. Pueningschwelofen 37. Krupp-Lurgi-Verfahren 38. Berg-Verfahren 43. Hinselmann-Verfahren 47. Otto-Verfahren 50. Ab-der-Halden-Verfahren 52. Carmaux-Verfahren 53. Die Spülgasschwelung der Steinkohle 54. Backneigung der Kohle 55. Lurgi-Verfahren 55. Kollergas-Verfahren 57. Delkeskamp-Verfahren 58. Delkeskamp-Schwelöfen 60. Coalene-Verfahren 61. Kivioli-Tunnelschwelofen 64. Schrifttum 66.

IV.

Schwelverfahren in Verbindung mit Rostfeuerungen 67
Pintsch-Verfahren 67. Weber-Pintsch-Verfahren 69. Berg-Schwelverfahren für Dampfkesselfeuerungen 71. Technisch-wirtschaftliche Zusammenhänge 72. Babcock-Verfahren 74. Hérenq-Verfahren 83. Morgan-Verfahren 86. Schrifttum 88.

V.

Die Schwelung von Kohle-Öl-Mischungen 89
Salerni-Verfahren 90. Brassert-Knowles-Verfahren 91. Knowles-Ofen 92. Stoffbilanz und Kokabeschaffenheit 95. Russischer Knowles-Ofen 98. Curran-Knowles-Ofen 98. Blümner-Verfahren 99. Verfahren der Coal and Allied Industries Ltd. 104. Verfahren der Catalysts Ltd. 107. Verfahren der National Coke and Oil Co. Ltd. 109. Hampton-Ryan-Verfahren 111.

VI.

Mitteltemperatur- und Schwelkoksöfen 113
Koppers-Verfahren 114. Otto-Verfahren 115. Englische Versuchsanlage 115. Cellan-Jones-Schwelkoksofen 116. Lecocq-Schwelkoksofen 117. Kemp-Schwelkoksofen 119. Roser-Verfahren 120. Still-Verfahren 121. Senkrechter englischer Kammerofen 123. Schrifttum 124.

VII.

Alte und neue ausgeführte Schwelofenvorschläge 125
Verfahren von: Ramdohr 126, Landsberg 126, Prieser 127, Werachen-Weißenfels 127, Tillmetz und Schumacher 127, Hobson 127, Hobson und Cater 127, Szeki und Albel 128, Elektrowerke 128, Kroupa 130, Bartling 130, Pintsch 130, Trumble 131, Bonnevie 135, Lyn 136, Wiedemann 136, Coppée 137, Holford 139, v. Hakel 139, Tormin 140, Shimmons 141, Hayes 142, Bituflexo 142, Hanl 143, Dvorkovitz 144, Bussey 144, Hardy 144, Twaite 146, Kroupa 147, Parolisse 148, Reazo 148. Schrifttum 160.

VIII.

Einrichtungen zur Gasbehandlung und Verarbeitung der flüssigen Erzeugnisse 151
Teerscheidung 151. Coriolis-Teerscheider 153. Gaswascher 155. Waschöldestillation 157. Rohleichtölveredelung 159. Rostin-Verfahren 159. Reinigung und Verwendung des Schwelgases 160. Schrifttum 161.

IX.

Schwelerzeugnisse 162

Braunkohlenschwelkoks 162. Nachbehandlung 167. Schwelkoksbrikettierung 168. Stückkoks aus Braunkohle 168. Steinkohlenschwelkoks 169. Stückiger Schwelkoks 170. Formkoks 171. Spülgasschwelkoks aus Nußkohle 172, aus Formlingen 172. Schrifttum 173. Braunkohlenschwelteer 174. Aus dem Geissen-Ofen 174. Spülgasteer 176. Braunkohlenteerverarbeitung 176. Steinkohlenschwelteer 177. Spülgasteere 177. Steinkohlenschwelteer aus Öfen mit Außenbeheizung 179. Leichtöl 180. Schwelwasser 180. Trikresylphosphat-Behandlung 181. Aktivkohlen-Verfahren 181. Schwelgas 181. Schrifttum 182.

X.

Bestimmungsverfahren 184

Schwelbestimmung nach Simek 184. Aluminiumkammern von Weindel 185. Laboratoriums-Spülgasschwelofen von Seidenschnur 185. Kleinerzgasungsverfahren von Schroth 186. Elektrisch beheizter Probeschwelofen von Wohlbiing 188. Schrifttum 188.

XI.

Steinkohlenschwelung durch Elektrowärme 190

Verfahren von Brown-Boveri 190. Verfahren von Stevens 191. Schrifttum 191.

XII.

Nachträge 192

Kratzbandschwelverfahren 192. Schwelverfahren von Salisbury-Jones und Nisbet 193. Brikettschwelofen der British Coal Distillation Ltd. 195. Schwelkoksöfen 196. Sonstige Verfahren zur Schwelteergewinnung 198. Vergasung mit Schwelteergewinnung 199. Entgasung mit Schwelteergewinnung 199. Schrifttum 199.

Namenverzeichnis 201

Stichwortverzeichnis 203

Zur Beachtung!

I in den Fußnoten bezieht sich auf: „Die Schwelung von Braun- und Steinkohle", Verlag Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1927.

I. Die Entwicklung der Schwelindustrie im letzten Jahrzehnt.

In den letzten 10 Jahren, die seit der Veröffentlichung des ersten Bandes dieses Werkes verflossen sind, sind in der Entwicklung der Schwelindustrie wesentliche Fortschritte zu verzeichnen. Das Bestreben aller Länder, die über bedeutende Kohlenvorkommen verfügen, andererseits jedoch auf die Einfuhr flüssiger Brennstoffe angewiesen sind, geht dahin, sich durch Selbsterzeugung von Ölen unabhängig vom Ausland zu machen. Diese Bestrebungen lenkten immer wieder die Aufmerksamkeit auf die Schwelung der Brennstoffe und sind die Ursache für die Entwicklung der Hydrier- und Syntheseverfahren, von denen riesige Anlagen im letzten Jahrzehnt erbaut und in Betrieb genommen worden sind. Eine Zeitlang überwog die Ansicht, daß diese Verfahren dem Daseinszweck der Schwelverfahren entgegenständen. Das Gegenteil ist eingetreten, denn die Schwelerzeugnisse bilden eine begehrte Rohstoffgrundlage für die Hydrier- und Syntheseverfahren. Schwelteere, sowohl aus Braunkohle wie auch aus Steinkohle, lassen sich vorteilhaft hydrieren, und der Schwelkoks läßt sich durch Vergasung auf den zur Hydrierung benötigten Wasserstoff oder auch auf Synthesegas verarbeiten. Somit bilden die Schwelanlagen eine wertvolle Ergänzung zu diesen Betrieben, und wenn Deutschland heute über die größten Schwelanlagen der Welt verfügt, so ist das letzten Endes auf die Verknüpfung mit der Teerhydrierung zurückzuführen.

Die Entwicklung der Schwelindustrie wurde im letzten Jahrzehnt insofern in wirtschaftlich gesunde Bahnen gelenkt, als der früher oft übersehene Umstand, daß die Schwelung jeder Ausgangskohle in erster Linie ein Verfahren zur Veredlung fester Brennstoffe darstellt und der Anfall flüssiger Erzeugnisse immer nur als Nebengewinnung zu betrachten ist, allgemeine Geltung erhalten hat. Dieser Grundsatz als Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit aller Schwelbetriebe ist das deutlich sichtbare Kennzeichen der neueren Entwicklung, wie dies auch aus den folgenden Ausführungen hervorgeht. In technischer Hinsicht hat man vielfach neue Wege beschritten, und die neu eingeführten, im Großbetrieb ausprobierten Verfahren haben eine hohe Stufe der Vollkommenheit erreicht. Der allgemeine Stand der Schwelung wird sehr treffend durch Prof. Drawe[1]) mit den folgenden, einem Vortrag entnommenen Sätzen gekennzeichnet:

„Die Aufgabe, einen dem ältesten Erzeugnis der Brennstoffveredlungskunst, der Holzkohle, ähnlichen vernünftigen festen Brennstoff herzustellen, ist erst in allerjüngster Zeit brauchbar gelöst worden, und zwar mit Hilfe der Schwelung.

Unter Schwelen versteht man die Wärmebehandlung geeigneter natürlicher fester Brennstoffe bei Temperaturen von etwa 600° unter Luftabschluß. Beim Schwelen wird die angewendete Temperatur nur so hoch gewählt, daß alle flüssigen Bestandteile, also die Teere aus dem geschwelten Brennstoff entweichen.

Wegen der beim Schwelen benutzten niedrigen Temperatur bleibt der so behandelte Brennstoff sehr leicht verbrennlich; sein Gehalt an flüchtigen Bestandteilen entspricht etwa dem des Anthrazites.

Die Schwelung wurde bisher betrieben, um aus bituminösen festen Brennstoffen, insbesondere aus Braunkohle, Schwelteere zu gewinnen. Die Schwelung wird aber erst dann ein brauchbarer Zweig der Brennstoffveredlung sein, wenn ihr Haupterzeugnis, der Schwelkoks, nicht als minderwertiger feinkörniger, sondern als stückiger und bei der Verbrennung stückig bleibender hochwertiger holzkohleähnlicher Brennstoff gewonnen wird.

Die Aufgabe, einen solchen Schwelkoks zu erzeugen, ist heute sowohl für die Verschwelung der Steinkohle als auch für die der Braunkohle gelöst."

[1]) 14. Kongreß f. Heizung u. Lüftung, Berichtheft 1935, S. 40.

Im Ausland, insbesondere in England, dem Mutterlande der Steinkohlenschwelung, ist man im großen und ganzen bei dem ältesten Steinkohlenschwelverfahren überhaupt, dem Coalite-Verfahren geblieben, das in mehreren Großanlagen ausgebaut wurde, während eine Reihe anderer Verfahren nicht über die Versuche hinausgekommen ist. In Amerika, bei seinem Reichtum an Ölen, Erdgas und billigen Kohlen, sind die wirtschaftlichen Bedingungen für die Entwicklung von Schwelverfahren und die Gründung einer Schwelindustrie von vornherein nicht günstig; und wenn die Zeit dafür reif ist, wird man zuerst von den mächtigen Ölschieferlagern ausgehen, die zur Ergänzung der Ölwirtschaft bessere Voraussetzungen bieten gegenüber einer Verschwelung der Steinkohle.

In den anderen Ländern spielt die Kohlenschwelung eine so untergeordnete Rolle, daß sie in diesem Zusammenhang übergangen werden kann, während die einzelnen Verfahren weiter unten kurz berücksichtigt sind. Zusammengefaßt kann man sagen, daß es, abgesehen von der mitteldeutschen Braunkohle und den estländischen Ölschiefern, noch keine ausgesprochene Schwelindustrie gibt, die auf Grund ihrer wirtschaftlichen Bedeutung als solche angesprochen werden könnte.

a) Braunkohle.

Die Schwelung der Braunkohle hat im letzten Jahrzehnt einen ungeheuren Auftrieb erlebt, und gerade bei der Braunkohle läßt sich der Grundsatz mehr und mehr verwirklichen, daß Kohle kein Brennstoff, sondern Rohstoff ist. Bei uns in Deutschland muß sie als der wichtigste und ergiebigste Rohstoff für die Erzeugung flüssiger Kraftstoffe angesprochen werden.

Ein Wendepunkt in ihrer Verarbeitung durch Schwelung war eingetreten, als Geissen um das Jahr 1923 seinen neuen lotrechten Drehofen[1]) entwickelt hatte, der insbesondere auf die Verarbeitung vorgetrockneter Braunkohle zugeschnitten war, und nachdem Thau[2]) durch seine Messungen nachgewiesen hatte, daß der Rolle-Ofen zu zwei Drittel seiner Höhe lediglich als Trockner dient und nur im letzten Drittel für die eigentliche Schwelung beansprucht wird, erkannte man die Möglichkeiten einer Leistungssteigerung durch die Schwelung vorgetrockneter Braunkohle. Diese Erkenntnis hat im Laufe des letzten Jahrzehnts so sehr an Boden gewonnen, daß es heute nur noch ganz wenige ältere Rolleofengruppen gibt, die Rohbraunkohle verarbeiten, während alle anderen Schwelereien von vorgetrockneter oder auch brikettierter Braunkohle ausgehen.

Die Schwelung stark vorgetrockneter Braunkohle hat sich inzwischen allgemein durchgesetzt, nachdem das dagegen bestehende, durch unrichtige Auswertung früherer Beobachtungen entstandene Vorurteil hinsichtlich einer geringeren Teerausbeute durch die Tatsachen überzeugend widerlegt werden konnte. Mit der Schwelung vorgetrockneter Braunkohle ist neben wesentlich höherer Durchsatzleistung je Ofeneinheit noch der Vorteil des entsprechend geringeren Schwelwasseranfalls verbunden, dessen Beseitigung nach wie vor eine unangenehme und oft kostspielige Beigabe der Schwelbetriebe bildet. Das vor der Schwelung bei der Trocknung der Kohle entzogene Wasser ist frei von Phenolen oder Ölteilchen und kann daher unbedenklich in die Abflüsse geleitet werden oder, wie bei jeder Brikettfabrik, als Wrasen in die Luft entweichen.

Aus diesen Gründen gingen Rosin und Just[3]) noch einen Schritt weiter und untersuchten die Schwelung völlig getrockneter Braunkohle unter Berücksichtigung der Teerausbeute und des Schwelwasseranfalls. Die umfangreiche Arbeit, auf die hier nur verwiesen werden soll, ergab, daß bei der Schwelung völlig trockener Braunkohle die Teerausbeute nicht herabgesetzt wird, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die Lufttrocknung der Kohle eine Oxydation bewirkt und daß sie, um die volle Teerausbeute zu erhalten, im inerten Gasstrom getrocknet werden muß. Bei Lufttrocknung verringert sich die Teerausbeute auf 90% und, da die Trocknung der Braunkohle auf 0% Wasser besondere Maßnahmen erfordert, hat man von dieser Betriebsweise in Verbindung mit Schwelanlagen praktisch keinen Gebrauch gemacht. Bei der Schwelung trockener Braunkohle fällt nur das chemisch gebildete Schwelwasser in Höhe von etwa 9% an, und Phenole sowie Brenzkatechin liegen darin in so verdichteter Form vor, daß ihre Gewinnung, die einer gleichzeitigen Reinigung des Schwelwassers entspricht, keine besonderen Schwierigkeiten verursacht. Auf die Reinigung des Schwelwassers wird weiter hinten besonders eingegangen.

Vor einem Jahrzehnt war die Ausweitung der Braunkohlenschwelindustrie vollkommen

[1]) I. S. 148. [2]) I. S. 104.
[3]) Braunkohle 28 (1929) S. 893 u. 915.

bekannt, weil es unmöglich war, den gleichzeitig entfallenden feinkörnigen Schwelkoks zu lohnenden Preisen abzusetzen. Die Einführung des Schwelkokses in die Industrie machte nur sehr langsame Fortschritte bei Preisen, die die Wirtschaftlichkeit der Schwelanlagen stark beeinträchtigten. Erst die Kopplung von Schwel- und Kraftwerken, für die sich Rosin[1]) bereits vor einem Jahrzehnt einsetzte und für die als erstes Vorbild bereits das Schwelkraftwerk der Hetag zu Wölfersheim bei Frankfurt bestand, gab den Antrieb zu der heutigen Entwicklung. Einen ausführlichen Bericht über diese Anlage erstattete Peterelt[2]), auf dessen Arbeit hiermit verwiesen wird.

In den letzten Jahren hat man die Möglichkeit einer solchen Kopplung mit Rücksicht auf die Treibstoffgewinnung weiter ausgenutzt, und es sind so in mitteldeutschen Braunkohlenrevier die größten Schwelanlagen der Welt entstanden, die, über das Bedürfnis gebend, die Kohle im Spülgasstrom schwelen, während der Koks vermahlen und in den Brennstaubfeuerungen der Kraftwerkskessel verbrannt wird, wobei ein geringerer Anteil zur Wasserstofferzeugung unter Sauerstoffzusatz in Winkler-Generatoren der Hydrierwerke vergast wird. Damit sind die lieber mit der Kohlenbasis zusammenhängenden Einschränkungen für den weiteren Ausbau der Schwelereien hinfällig geworden.

Der Schwelofen selbst, der ja bei der Braunkohle schon immer in ziemlich einheitlichen Formen blieb, beschränkt sich neben den noch bestehenden Rolle-Öfen auf nur zwei Bauarten, und zwar den Spülgasschwelofen der Lurgi-Gesellschaft für Wärmetechnik sowie den senkrechten Drehofen mit Außenbeheizung von Geissen der F[illegible]-Bamag AG., der an die Stelle des früher von der Kohlenveredlungs-Gesellschaft gebauten Schwelofens älterer Bauart von Geissen getreten ist. Von den vielen sonstigen Vorschlägen auf Versuchen auf dem Gebiet des Braunkohlenschwelofenbaus hat sich keiner durchzusetzen vermocht.

Die Vorgänge im Braunkohlenschwelofen sind in letzten Jahrzehnt Gegenstand eingehender Forschung gewesen, so daß darüber heute größere Klarheit herrscht. Schon aus den von Thau[3]) durchgeführten und in einer Teerentbindungskurve niedergelegten Versuchen konnte man ohne weiteres ablesen, daß die Teerentbindung aus der Braunkohle einen endothermen Vorgang darstellt und der Wärmeverbrauch im Schwelofen sich auf die Trocknung, Vorwärmung, Wasser-, Kohlendioxyd- und Schwefelwasserstoffbildung beschränkt. Auf Grund von thermoelektrischen Messungen mit einem eigens für diese Zwecke gebauten Kalorimeter kommt Niemann[4]) zu dem Ergebnis, daß die Teerentbindung als ein exothermer Vorgang anzusprechen sei. J. Pfeiffer[5]) bestimmte in umfangreichen Versuchen die Wärmetönungen von Braunkohlen vier verschiedener Reviere, also die wichtigsten, den Wärmeaufwand während der Aufheizung der Braunkohle bedingenden Faktoren zahlenmäßig zu erfassen. Die Ergebnisse sind in Kurven niedergelegt, und es kann hier auf die angeführte Arbeit verwiesen werden.

Die umfangreichen Braunkohlenablagerungen im Ausland, insbesondere in Amerika, Australien, in der Tschechoslowakei, in Polen, Italien und auf dem Balkan sind nur in sehr geringem Anteil von einer schwelwürdigen Beschaffenheit. Abgesehen von kleinen Versuchen sind Braunkohlenschwelanlagen im Ausland nicht entstanden. Ein umfangreicher, fast 300 Druckseiten umfassender, einen Arbeitsraum von sechs Jahren belegender Bericht[6]) über die Aufwertung der Braunkohlen Kanadas wurde dem Kanadischen Bergbauminister erstattet, auf den hier nur hingewiesen werden kann, da die Vorschläge durch die riesige Entwicklung vollkommen überholt sind.

Braunkohlenschwelanlagen in Mitteldeutschland.

Durch die Schwelung vorgetrockneter oder auch brikettierter Braunkohle in Rolle-Öfen erhöht sich die Durchsatzleistung je Einheit in solchem Maße, daß eine ganze Reihe älterer Anlagen abgeworfen werden konnte, ohne die Gesamterzeugung an Koks und Teer herabzusetzen. Weiterhin ist eine wesentliche Veränderung durch den Bau zentraler Schwelanlagen, insbesondere von Spülgasöfen eingetreten, was aus der folgenden, für den 1. Januar 1938 gültigen Zusammenstellung hervorgeht.

[1]) Braunk. Chem. 9 (1925) S. 182.
[2]) Öl u. Kohle 2 (1936) S. 206.
[3]) L. S. 104.
[4]) Braunk. Chem. 12 (1931) S. 389.
[5]) Dissert. T. H. Berlin 1933.
[6]) First General Report of the Lignite Utilization Board of Canada. Montreal 1924.

Zahl der in Betrieb befindlichen Braunkohlenschwelöfen:

Rolle-Öfen	588
Schwelöfen; Bauart Geissen-Kohlenveredlung	33
Gaserzeuger mit Schwelkoksgewinnung	38
Spülgasschwelöfen; Bauart Lurgi	92
Schwelöfen; Bauart Borsig-Geissen	5
Spülgasschwelöfen verschiedener Bauart[1])	8

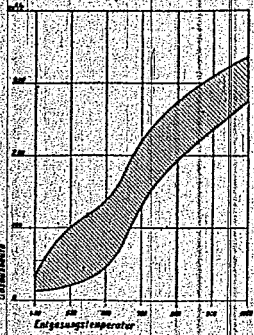


Abb. 1. Gasausbeute in Abhängigkeit von der Entgasungstemperatur.

Die Durchsatzleistungen dieser verschiedenen Ofenbauarten weichen so sehr voneinander ab, daß man sie nicht miteinander vergleichen kann.

b) Steinkohle.

Die Steinkohlenschwelung hat in technischer Hinsicht eine ganze Anzahl verschiedener Entwicklungsstufen durchgemacht, und es ist bezeichnend, daß man in England zuletzt wieder auf die von Parker, dem Begründer der Steinkohlenschwelung, angegebenen Grundlagen zurückkommen mußte. Von der Kammerschwelung, zuerst in Form senkrechter Röhren, wandte man sich einer stetigen Betriebsweise zu, wofür zahlreiche Verfahren angegeben und ausprobiert wurden. Dazu gehört auch der in Deutschland allgemein für diese Zwecke eingeführte Drehschwelofen, der sich nicht zu behaupten vermochte. Man suchte dann eine Schwelung in der Ruhe unter höherem oder niedrigem Druck mit einer stetigen Betriebsweise zu verbinden und kehrte schließlich zum unterbrochen betriebenen Kammerschwelofen zurück und wendet für die Verarbeitung von Nuß- oder Stückkohlen überwiegend die Spülgasschwelung an.

1. Kennzeichnung der Steinkohlenschwelung.

Die thermische Behandlung der Steinkohle unter Luftabschluß wird in Abhängigkeit von der angewandten Kammertemperatur in drei getrennte Verfahren eingeteilt, und zwar in die Hoch-, Mittel- und Tieftemperaturverkokung, wobei man die letztere als Schwelung bezeichnet. Die Hochtemperaturverkokung, gekennzeichnet durch die Kokereien und die Gaserzeugungsöfen der Gaswerke, wird nur in gemauerten Öfen durchgeführt bei Temperaturen, deren Höhe lediglich durch die Haltbarkeit des zum Bau der Öfen verwendeten Mauerwerks nach oben begrenzt ist. Im allgemeinen kann man annehmen, daß die in Koks über-

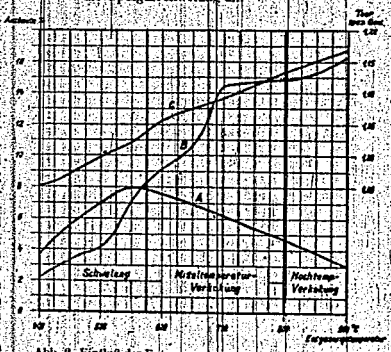


Abb. 2. Einfluß der Entgasungstemperatur auf die Teer- und Gasausbeute und das spezifische Gewicht des Teeres.

[1]) Darunter fünf Einheiten Bauart Dea; I, S. 237.

gegangene Beschickung am Ende der Entgasungszeit eine Temperatur von 900—1000° C erreicht. Für die Mitteltemperaturverkokung lassen sich die Temperaturen nicht fest umreißen; sie sind von der Art der durchgesetzten Kohle von Fall zu Fall abhängig. Grundsätzlich kann man damit rechnen, daß sie rd. 200° C tiefer liegen als die bei der Hochtemperaturverkokung angewandten. Die Schwelltemperatur liegt bei 500—600° C, wobei mit Rücksicht auf die eintretenden Zersetzungen, denen die Kohlenwasserstoffdämpfe auf ihrem Weg zum Kammeraustritt unterworfen wurden, 650° C nicht überschritten werden sollten.

Die unterschiedliche Bedeutung der Entgasungstemperatur bei den eben genannten Verfahren der Hoch-, Tief- und Mitteltemperaturverkokung, auf die gleiche Steinkohle bezogen, soll im folgenden an Hand von vier Schaubildern kurz umrissen werden.

Aus dem in der Abb. 1 wiedergegebenen Schaubild geht der Einfluß der Entgasungstemperatur auf die Gasausbeute hervor. Die obere Kurve deutet die Werte für die geologisch jüngeren, die untere den für die älteren Kohlen an, während die dazwischenliegenden Arten hinsichtlich ihrer Gasausbeute in dem von den beiden Kurven umrahmten, durch Schraffur gekennzeichneten Feld streuen. Der große Einfluß, den die Entgasungstemperatur auf die Gasentwicklung ausübt, ist aus den verhältnismäßig steil ansteigenden Kurven dieses Bildes sehr treffend zu ersehen.

Das in der Abb. 2 wiedergegebene Schaubild läßt die Einwirkung der Entgasungstemperatur auf die gegenseitig voneinander abhängige Gas- und Teerausbeute erkennen, wobei die Temperaturen als Ordinaten eingetragen sind. Die Werte beziehen sich auf eine geologisch junge Gaskohle. Das Schaubild berücksichtigt gleichzeitig auch in der obersten Kurve das spezifische Gewicht des Teers, das sich mit steigendem Pechgehalt erhöht und dessen Zunahme der Entgasungstemperatur entspricht. Gas- und Teerausbeute sind hier in Prozenten aufgetragen, wobei sich beide Kurven bei etwa 550° schneiden, und hinter diesem Schnittpunkt geht die Schwelung in die sog. Mitteltemperaturverkokung über, die bei etwa 700° in die normale Hochtemperaturentgasung übergeht, wie in der Abb. 2 angedeutet.

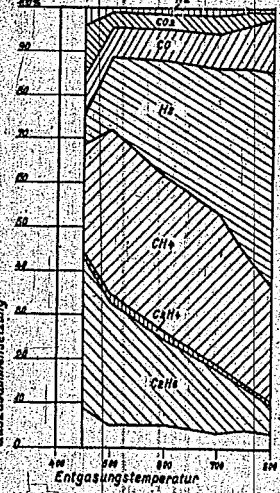


Abb. 3. Gaszusammensetzung in Abhängigkeit von der Entgasungstemperatur.

Die Gaszusammensetzung ändert sich in Abhängigkeit von der angewandten Temperatur ebenfalls beträchtlich mit der Ausbeute, was in der Abb. 3 angedeutet ist. Bemerkenswert in dieser Tafel ist der bei 500° liegende Knick, der die eintretende Zersetzung und die dadurch hervorgerufene molekulare Umwandlung kennzeichnet. Der Gehalt an Kohlensäure und Kohlenoxyd verändert sich wenig; daneben nimmt der Wasserstoffgehalt mit steigender Temperatur stark zu, auf Kosten des Methans. Eine beträchtliche Abnahme durch thermische Zersetzung zeigen auch Äthylen und Äthan.

Der Einfluß der Entgasungstemperatur auf die Zusammensetzung des Teers ist in dem in Abb. 4 wiedergegebenen Schaubild angedeutet, das die Auswirkung der Entgasungsbedingungen sehr treffend widerspiegelt. Man sieht aus dem Bild, daß die Ausbeute an Ölen bei etwa 500° Entgasungstemperatur am günstigsten liegt und der Pechgehalt des Teers entsprechend am niedrigsten. Betrachtet man sich den Mengenverlauf nach der rechten Seite des Bildes, so erkennt man mit der Abnahme des durch Zersetzung befreiten Wasserstoffes eine starke Ver-

änderung in der Zusammensetzung, einen erheblichen Rückgang des Ölgehaltes, namentlich der leicht siedenden Fraktionen, und eine beträchtliche Zunahme des Pechanteils. Wenn man die in der Abb. 2 angedeutete mengenmäßige Teerausbeute und dazu die Beschaffenheit des bei etwa 500° gewonnenen Schwelteers in der Abb. 4 in Betracht zieht, so sind die Vorteile der Steinkohlenschwelung hinsichtlich der Teererzeugung offenbar.

Das für die Wirtschaftlichkeit der Schwelverfahren wichtigste Erzeugnis ist, wie bereits erwähnt, der Schwelkoks, der bei der Steinkohlenschwelung in stückiger, rauchlos brennender, leicht entzündlicher und abriebfester Beschaffenheit erzeugt werden muß. Die in der Abb. 1—4 wiedergegebenen Schaubilder sagen nichts über die Koksbeschaffenheit, die ja in chemischer Beziehung vollkommen, in physikalischer Hinsicht zum weitaus größten Teil von den Eigenschaften der Ausgangskohle abhängig ist. Die Entwicklung neuer Schwelverfahren hat daher in erster Linie der Erzeugung eines guten Schwelkokses Rechnung getragen, wie aus der Beschreibung der einzelnen Öfen hervorgeht.

Die Vorgänge in der Schwelkammer weichen auch äußerlich von der Verkokung bei hoher Temperatur dadurch ab, daß sich keine Teernähte bilden, und da die Beschickung in der Mitte nicht geteilt ist, entspricht die Länge der Koksstücke der Kammerbreite. Auch bei der Mitteltemperaturverkokung reicht die Temperatur zur Bildung der beiden, mit fortschreitender Entgasung zur Kammermitte wandernden Teernähte nicht aus; und dieser Umstand kann somit als Kennzeichnung für die obere Temperaturgrenze dieser Verfahren dienen, insofern, als eine Teilung der Koksbeschickung in der Mitte andeutet, daß hier die oberen Temperaturgrenzen überschritten wurden und der dabei gewonnene Koks und Teer hinsichtlich ihrer Eigenschaften als Erzeugnisse der Hochtemperaturverkokung anzusprechen sind.

2. Die technische Entwicklung der Steinkohlenschwelung in Deutschland.

Die gegen Ende des großen Krieges in Deutschland eingeführten Schwelverfahren hatten keine Anlehnung an die englischen, dazu nach den damals vorliegenden Ergebnissen auch wenig ermutigenden Vorbilder. Man ging von den für diese Zwecke entsprechend ergänzten und in mehreren Abarten entwickelten Drehöfen[1]) aus, die, da die im In- und Ausland erbauten Anlagen sämtlich abgeworfen wurden, hier nicht weiter erwähnt zu werden brauchen.

Nachdem die Drehofenschwelung überzeugend erkennen ließ, daß die Vorteile der stetigen Betriebsweise durch die mangelhafte Beschaffenheit des Schwelkokses nicht aufgewogen wurden, entstanden Öfen, die die ruhende Beschickung mit stetiger Betriebsweise verbanden. Bei einer reichlich verwickelten Bauweise dieser Schwelöfen ließ die Teerausbeute zu wünschen übrig, und, obwohl einige Einheiten dieser Art gebaut wurden, vermochten sie sich doch nicht durchzusetzen.

Als man in dem Bestreben, die Steinkohle weitgehend zur Erzeugung flüssiger Kraftstoffe heranzuziehen, der Steinkohlenschwelung erneut Interesse entgegenbrachte, entstanden die senkrechten eisernen Kammeröfen für unterbrochene Betriebsweise, wobei mehrere Verfahren nebeneinander entwickelt wurden. Hinzu kamen noch Verfahren zur Herstellung von Schwelkoks in Formen, der den Namen Formkoks erhielt, und schließlich wurden auch Spülgasverfahren zur Schwelung der Steinkohle eingeführt. Die letzteren vermögen nur stückige, körnige oder brikettierte Kohle zu verarbeiten, die dazu keine backenden Eigenschaften haben darf. Sofern eine backende Kohle im Spülgasstrom geschwelt werden soll, müssen die backenden Eigenschaften durch eine geeignete Vorbehandlung aufgehoben werden.

Die Ausbreitung einer Steinkohlenschwelindustrie ist an die Absatzmöglichkeiten des neu auf dem Brennstoffmarkt erscheinenden Schwelkokses gebunden. Da die Gaswerke gleichzeitig als die über das ganze Reich verstreuten Verteiler fester Brennstoffe gelten, lag es nahe, die Steinkohlenschwelanlagen den Gaswerken anzugliedern, zumal dort eine Verwendungsmöglichkeit für das anfallende Schwelgas gegeben ist. Dazu lassen sich in manchen Fällen Abgase der Gaserzeugungsöfen für die Beheizung der Schwelöfen heranziehen. Eine vom Amt für Technik, Gau Franken im Oktober 1936 in Nürnberg veranstaltete Tagung[2]) behandelte in einer Vortragsreihe die Möglichkeiten und Vorteile einer Kupplung von Schwel- und Gaswerken, worauf hier nicht näher eingegangen zu werden braucht. Einige Gaswerke, wie die von Nürnberg, Erlangen,

[1]) 1. S. 311.

[2]) Bericht über die Tagung „Heimische Treibstoffe". Techn. Mitt. Gau Franken, Nürnberg, Sondernummer Dezember 1936.

Heidenau, Breslau und Berlin haben Schwelanlagen eingebaut, die jedoch bei einer verhältnismäßig geringen Durchsatzleistung vorläufig noch als Versuchsanlagen anzusprechen sind.

Geeignete Schwelsteinkohlen sind in Deutschland vornehmlich im Saargebiet und in Oberschlesien vorhanden, wo überall Pläne für den Bau solcher Anlagen reifen. Eine Schwelkammerofenanlage mit etwa 30 t Kohlendurchsatz täglich ist im Saargebiet in Betrieb, zwei weitere wurden im Ruhrgebiet erbaut. Eine Schwelkammerofenanlage steht in Oberschlesien; und Spülgasschwelöfen werden sowohl im oberschlesischen wie auch im sächsischen Steinkohlenrevier erbaut. Im Ruhrrevier wurde außerdem von den Steinkohlenzechen als Gemeinschaftsunternehmen die Gesellschaft zum Studium der Steinkohlenschwelung gegründet, die auf der Zeche Kaiserstuhl eine Versuchsschwelanlage betreibt, in der mehrere Schwelöfen verschiedener Bauart ausprobiert werden. Zusammengefaßt kann man sagen, daß mehrere betriebsreife Bauarten von Steinkohlenschwelöfen in Deutschland zur Verfügung stehen, doch sind für den Aufbau einer Steinkohlenschwelindustrie nur erst Ansätze zu erkennen. Die bisherigen Ergebnisse sind jedoch so günstig, daß mit einer schnellen Ausbreitung der Anlagen im Interesse der deutschen Kraftstoffwirtschaft zu rechnen sein wird. Die bisher erzeugten Schwelkoksmengen sind so gering, daß eine Beeinflussung des Marktes fester Brennstoffe überhaupt noch nicht fühlbar wird.

Über die zu den Spülgasschwelöfen zählenden Verfahren in Verbindung mit Kesselfeuerungen sagt H. Rosenthal[1]), daß ¾ Mill. t Schwelteer zusätzlich erzeugt werden können, wenn man in den Elektrizitätswerken und an anderen Stellen mit großen Dampfkessel-Feuerungsanlagen den Brennstoff schwelt, ehe er verfeuert wird. Allein in Elektrizitätswerken werden jährlich etwa 10 Mill. t Steinkohle und 18—20 Mill. t Braunkohle verfeuert. Wenn man hierfür Kohlen mit gutem Bitumengehalt verwendet, so läßt sich die oben genannte Menge von ¾ Mill. t allein in den Elektrizitätswerken gewinnen. Die Schwelverfahren in Verbindung mit Wanderrosten sind inzwischen zu hoher Vollkommenheit entwickelt worden. Zum Durchsatz eignen sich alle Kohlensorten die sich in Spülgasöfen verarbeiten lassen; und Rosenthal bemerkt weiter, daß die Anlagekosten, um die oben erwähnten zusätzlichen Teermengen zu erzeugen, nur etwa 40 Mill. RM kosten würden.

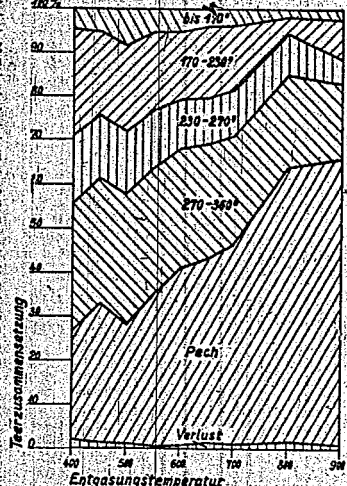


Abb. 4. Teerzusammensetzung in Abhängigkeit von der Entgasungstemperatur.

Die vorübergehend schlechte wirtschaftliche Lage der Kokereiindustrie gab zu Versuchen Veranlassung, still liegende oder mangelhaft ausgenutzte Koksofengruppen zur Herstellung von Schwelkoks heranzuziehen; und Weittenhiller[2]) hat diese Möglichkeit einer eingehenden praktischen Prüfung unterzogen, wobei er jedoch in wirtschaftlicher Hinsicht zu ungünstigen Ergebnissen kommt. Aus den Versuchen muß die Folgerung gezogen werden, daß wegen des besseren Wärmeübergangs nur Eisenwände für den Bau der Schwelöfen geeignet sind.

Weitere Verfahren wurden im Ruhrgebiet und später in Schlesien entwickelt, um die Kohle

[1]) Arch. Wärmewirtsch. 15 (1934) S. 283.
[2]) Öl u. Kohle 2 (1934) S. 251.

in senkrechten Eisenzylindern zu schwelen oder der Mitteltemperaturverkokung zu unterwerfen, wobei die mit Kohle beschickten Blechzylinder in die heißen Koksofenkammern eingefahren werden.

Auf der Zeche Barsinghausen bei Hannover hat Koppers schließlich die einzige in Deutschland bestehende Mitteltemperaturverkokungsanlage erbaut, die, abgesehen von einer zusätzlichen Vorbehandlung der Kohle, hinsichtlich der Bau- und Betriebsweise einer normalen Kokerei mit schmalkammerigen Öfen entspricht.

3. Entwicklung im Ausland.

Bei einer Beurteilung der ausländischen Schwelindustrie ist man allgemein geneigt, an einen großen technischen Vorsprung zu glauben, insbesondere weil die Entwicklung der Steinkohlenschwelerei in England 20 Jahre früher eingesetzt hat als in Deutschland, während andere Länder noch später begannen. Gewiß gab es schon vor rd. 100 Jahren in England eine blühende und technisch hoch entwickelte Schieferschwelindustrie. Aber ebensowenig wie wir in Deutschland die bei der Braunkohlenschwelung gemachten Erfahrungen auf die Steinkohlenschwelung übertragen können, so konnte man in England auch nichts aus der Schieferschwelung übernehmen, obwohl sich zeitweise hervorragende, aus der Ölschieferindustrie hervorgegangene Chemiker mit der Steinkohlenschwelung beschäftigt haben.

Von all den vielen Schwelverfahren, die in England entwickelt worden sind, konnten nur ganz wenige über die Versuche hinauskommen und andere, die ihre Einführung in den Großbetrieb erlebt haben, mußten wieder abgeworfen werden. Nur das von Parker ursprünglich angegebene Coalite-Verfahren[1]) hat sich, über zahlreiche Ofenarten zu der ursprünglichen Bauart grundsätzlich zurückgekehrt, durchzusetzen vermocht. Die Anlagen genießen dabei den wirtschaftlichen Vorteil, die alleinigen Schwelkokshersteller im Lande zu sein, weshalb der durch keinen Wettbewerb gedrückte Schwelkokspreis die Wirtschaftlichkeit dieser Betriebe gewährleistet.

Einige Verfahren haben, ohne wesentliche technische Änderungen der Einrichtungen, ihre Namen gewechselt, um auf diese Weise das Vertrauen zum Erfolg zu stärken, und die geringen Mengen Schwelkoks, die in diesen Versuchsanlagen zeitweise auf den Markt kommen, werden mit den verschiedensten Handelsnamen belegt.

Während auf dem Gebiet der reinen Steinkohlenschwelung nur das Coalite-Verfahren als Großanlage vertreten ist, wurden in den letzten Jahren Verfahren entwickelt mit dem Zweck, Gemische von Kohle und Öl als Paste zu schwelen, wobei, sofern gemauerte Öfen zur Verkokung verwendet werden, auch metallurgischer Koks bei Anwendung entsprechend hoher Temperaturen erzeugt wird, wie in den Knowles-Öfen auf dem Eisen- und Stahlwerk in Corby.

Bei anderen Verfahren werden Drehöfen für die gleichen Zwecke angewandt; und die Eigenschaften der Ölrückstände, in der Kohle als ein zementierendes Bindemittel für die Bildung eines stückigen Schwelkokses zu wirken, werden durch die stetige Bewegung der Beschickung aufgehoben, so daß der Koks nachträglich brikettiert werden muß.

Einige Koksöfen und zwar vier verschiedene Bauarten, sind für die Mitteltemperaturverkokung in England entwickelt worden, ohne daß es bisher zum Bau größerer Anlagen gekommen wäre. Wahrscheinlich hat auch die zunehmende Absatzmöglichkeit von Hüttenkoks bei voller Beanspruchung der Kokereien das Interesse an der Erzeugung von Mitteltemperaturkoks vorübergehend zurückgedrängt.

Nach den sehr schlechten Erfahrungen, die man im Betrieb mit den stetig betriebenen senkrechten eisernen, auf der Versuchsanlage des englischen Brennstoff-Forschungsinstituts zu Greenwich entwickelten Kammeröfen[2]) auf dem Gaswerk Richmond gemacht hatte, die zur Aufgabe dieser Bauart führten, baute man auf der genannten Versuchsanlage zwei stetig oder unterbrochen betriebene senkrechte gemauerte Öfen ein, in denen zahlreiche englische Kohlensorten hinsichtlich ihrer Schwelwürdigkeit untersucht wurden.

Abgesehen von dem bereits erwähnten Coalite-Verfahren ist die Schweltechnik auch in England noch vollkommen im Fluß, und Verfahren, die zur Nachahmung herausfordern, sind bisher nicht bekannt geworden.

In Frankreich hat das Mitteltemperaturverkokungsverfahren festen Fuß gefaßt und ist in mehreren Großanlagen vertreten. Frankreich ist einmal arm an Anthrazit, verfügt aber über Steinkohlen, die sich nach geeigneter Vorbehandlung ausgezeichnet für diese Zwecke eignen.

[1]) 1, S. 202.
[2]) 1, S. 606.

Schwelanlagen sind nur in geringer Anzahl vertreten, wobei man der Verbindung von Spülgasschwelung und Kesselfeuerung besondere Aufmerksamkeit zugewendet hat.

In Belgien sind mehrere Verfahren zur Schwelung entwickelt worden, wobei der Schwelofen von Zuyderhoudt[1]) unter dem Namen Holcobami-Verfahren in einer Versuchsanlage weiterentwickelt worden ist. Auch die Kratzbandschwelung ist dort wieder aufgenommen worden.

In den Vereinigten Staaten von Amerika sind die seinerzeit größten Steinkohlenschwelanlagen der Welt[2]) erbaut und inzwischen wieder abgerissen worden. Trotz dieser mit gewaltigen Verlusten verknüpften Fehlschläge hat die Weiterentwicklung der Steinkohlenschwelerei, wenn auch in kleinem Maßstabe, nie ganz geruht, obwohl bei dem Reichtum an Öl und Erdgas die wirtschaftlichen Voraussetzungen für eine Steinkohlenschwelindustrie nicht sehr günstig liegen. Dieser kurze Umriß läßt die Einstellung der Länder, die über Steinkohlenvorkommen verfügen, hinreichend erkennen, so daß bei der folgenden Anführung der einzelnen Verfahren eine Gruppierung nach Ländern nicht erforderlich ist.

Im folgenden werden die heute eingeführten oder noch im Versuchsbetrieb befindlichen Schwelöfen bei entsprechender Gruppierung beschrieben, während die ausprobierten, aber noch nicht in den Großbetrieb übernommenen Öfen in einem weiteren Abschnitt zusammengestellt und nur so weit beschrieben sind, um die besonderen Merkmale zu kennzeichnen.

Schrifttum: Kohlenschwelung allgemein.

Bücher: Franz Fischer, Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, Bd. 1—12 (1917—1937), Verl. Borntraeger, Berlin. — Lewes, The Carbonisation of Coal, 2. Aufl.; Verl. Benn, London 1918. — R. Beyschlag, Neue u. alte Wege der Braunkohlen- u. Schiefer-Verschwelung; Verl. Ernst u. Sohn, Berlin 1920. — W. Gluud, Tieftemperaturverkokung der Steinkohle, 2. Aufl.; Verl. W. Knapp, Halle 1921. — F. Hofmann, Mitt. aus dem Schlesischen Kohlenforschungs-Inst.; Verl. Borntraeger, Berlin, Bd. 1 (1922), Bd. 2 (1925). — E. Graefe, Braunkohlenteer-Industrie, 2. Aufl. Verl. W. Knapp, Halle 1922. — P. Wirth, Brennstoffchemie; Verl. Stilke, Berlin 1922. — W. Scheithauer, Die Schwelteere, 2. Aufl.; Verl. Spamer, Leipzig 1922. — G. de Grahl, Wirtschaftliche Verwertung der Brennstoffe, 3. Aufl.; Verl. Oldenburg, München 1923. — McCulloch u. Simpkin, Low Temperature Carbonisation of Bituminous Coal; Verl. Witherby, London 1923. — H. C. Porter, Coal Carbonisation; Verl. Chemical Catalog Co., New York 1924. — Wellington u. Cooper, Low Temperature Carbonisation; Verl. Griffin, London 1924. — Lander u. McKay, Low Temperature Carbonisation; Verl. Benn, London 1924. — Strache u. Lant, Kohlenchemie; Akadem. Verl., Leipzig 1924. — F. Fischer, Umwandlung der Kohle in Öle; Verl. Borntraeger, Berlin 1924. — A. Thau, Braunkohlenschwelöfen; Verl. W. Knapp, Halle 1924. — First General Report, Lignite Utilisation Board of Canada; Selbstverlag, Montreal 1924. — P. Limberg, Praxis des wirtschaftlichen Verschwelens u. Vergasens; Verl. W. Knapp, Halle 1925. — North u. Garbe, Low Temperature Distillation; Verl. Pitman, London 1925. — A. Fürth, Braunkohle u. ihre chem. Verwertung; Verl. Steinkopff, Leipzig 1926. — Proceedings International Conference on Bituminous Coal; Verl. Carnegie Institut, Pittsburg 1926, 1928, 1931. — R. Hilliger, Trocknung u. Schwelung der Braunkohle durch Spülgase; Verl. Springer, Berlin 1926. — M. Dolch, Der Drehrohrofen; Verl. W. Knapp, Halle 1926. — Erdmann u. Dolch, Chemie der Braunkohle; Verl. W. Knapp, Halle 1927. — G. de Grahl, Verwertung von Abfall- u. Überschußenergie; Verl. VDI, Berlin 1927. — J. Roberts, Coal Carbonisation; Verl. Pitman, London 1927. — A. Thau, Die Schwelung von Braun- und Steinkohle; Verl. W. Knapp, Halle 1927. — Ch. Berthelot, Les Combustibles; Verl. Baillière, Paris 1928. — Von den Kohlen u. Mineralölen, Bd. 1; Verl. Chemie, Berlin 1928. — Courau u. Besson, Distillation des Combustibles a basse temperature; Verl. Doin & Co., Paris 1928. — Gentry, Technology of low temperature carbonisation; Verl. Tindall & Cox, London 1928. — Muhlert u. Drews, Technische Gase; Verl. Hirzel, Leipzig 1928. — R. Wigginton, Coal Carbonisation, Verl. Tindall & Cox, London 1929. — J. Armstrong, Carbonisation Technology and Engineering; Verl. Griffin, London 1929. — H. Winter, Taschenbuch für Gaswerke, Kokereien, Schwelereien u. Teerdestillationen, 6. Aufl.; Verl. W. Knapp, Halle 1930. — R. Heinze, Trocknung u. Schwelung von Braunkohlen aus Redlich, Entstehung, Veredlung u. Verwertung der Kohle; Verl. Borntraeger, Berlin 1930. — W. Fuchs, Chemie der Kohle; Verl. Springer, Berlin 1931. — R. Heinze, Neuere Verfahren zur Veredlung fester Brennstoffe; Akad. Verl., Leipzig 1931. — Mitteilungen des Kohlenforschungsinstituts in Prag, Bd. 1—3, Selbstverlag 1926—1927. — M. Dolch, Die Brennstoffe u. ihre Industrien; Akadem. Verl., Leipzig 1932. — D. L. Jacobson, International Handbook of the By-Product Coke Industry; Verl. W. Knapp, Halle 1932. — F. Schuster, Energetische Grundlagen der Gastechnik; Verl. W. Knapp, Leipzig 1934. — E. Wurzner, Benzingewinnung aus Braunkohle durch Schwelung u. Spaltung; Verl. W. Knapp, Halle 1933. — A. Riebecksche Montanwerke, Die Geschichte einer mitteldeutschen Bergwerksgesellschaft; Verl. Bruckmann, München 1933. — Roberts u. Jenkner, International Coal Carbonization; Verl. Pitman & Sons, London 1934. — R. Heinze, Die Veredlung flüssiger Brennstoffe; Akad. Verl., Leipzig 1934. — R. Heinze, Die Veredlung gasförmiger Brennstoffe; Akad. Verl., Leipzig 1934. — Th. Stein, Energiewirtschaft; Verl. Springer, Berlin 1935. — Festschrift zum 50jährigen Bestehen des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins; Verl. W. Knapp, Halle (Saale) 1935. — Berichte über die Tagung „Heimische Treibstoffe" Nürnberg, Oktober 1936; Verl. Amt für Technik der NSDAP, Nürnberg. — M. Simonovitch, Manuel de la Cokerie Moderne; Verl. Vaillant-Carmanne, Lüttich 1937. — H. Brückner, Handbuch der Gasindustrie, Bd. 6, 2. Teil; Verl. Oldenbourg, München 1937.

[1]) I, S. 704.
[2]) I, S. 298.

bourg, München 1937. — H. Kurz u. F. Schuster, Koks. Ein Problem der Brennstoffveredlung, Verl. Hirzel Leipzig 1938. —

Aufsätze: H. R. Trenkler, Wärmetechnische u. praktische Betrachtungen zur Urteergewinnung; Mitt. Inst. f. Kohlenvergasung Wien 2 (1920) S. 59. — T. Limberg, Neue Vorschläge zur wirtschaftlichen Ausnutzung bituminöser Braunkohle; Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 2 (1920) S. 25. — F. Foerster, Über das Verhalten einiger sächsischer Steinkohlen bei der Schwelung; Brennstoff-Chemie 2 (1921) S. 33 u. 85. — Fischer, Schneider u. Schellenberg, Über die Schwankungen der Urteerausbeute bei der Braunkohlendestillation; Brennstoff-Chem. 2 (1921) S. 52. — A. Thau, Entwicklung der ausländischen Tieftemperaturverkokung zum Großbetrieb; Brennstoff-Chem. 2 (1921) S. 225, 244 u. 264. — E. Strache u. H. Frohn, Die unterschiedliche Entgasungswärme der Brennstoffe und die Sauerstoffverteilung bei der Schwelung; Brennstoff-Chem. 3 (1922) S. 337. — A. Thau, Tieftemperaturverkokung der Steinkohle; Bergbau 35 (1922) S. 949. — H. Seidenschnur, Rück- und Ausblicke in der wirtschaftlichen Verwertung der Braunkohle und der daraus zu gewinnenden Nebenprodukte; Braunkohlenarchiv 1922, Nr. 2, S. 10. — Ders., Die Versuchsanlage der Wärmewirtschaftlichen Abteilung des Braunkohlen-Forschungsinstituts auf der Reichen Zeche bei Freiberg; Braunkohlenarch. 1923, Nr. 7, S. 1. — A. Thau, Tieftemperaturverkokung der Steinkohle; Werk 2 (1923) S. 447. — F. Laszlo, Schwelung ungarischer Kohlen; Brennstoff-Chem. 5 (1924) S. 69. — M. Dolch, Zur Verschwelung der Braunkohle; Braunkohle 23 (1924) S. 835. — O. Hubmann, Einfluß der Trocknung auf die Teerausbeute; Braunkohle 23 (1924) S. 885. — A. Thau, Der Stand der Steinkohlenschwelung in England; Glückauf 60 (1924) S. 852. — Schütz u. Buschmann, Über Kohleschwelung; Stahl u. Eisen 45 (1925) S. 1253. — F. Schick, Entwicklung der Kohleveredlung; Braunkohle 24 (1925) S. 1065. — F. A. Oetken, Neuere Bestrebungen der Braunkohlenverwertung; Braunkohle 24 (1925) S. 19. — A. Faber, Braunkohlenschwelöfen in Frankreich; Braunkohle 25 (1926) S. 957. — A. Thau, Temperaturgrenzen bei der Verkokung und Schwelung; Glückauf 62 (1926) S. 1036. — Ders., Die Schwelung als Vorstufe zur Verkokung; Glückauf 62 (1926) S. 1 — V. Amann, Meyn u. Dolch, Verschwelung oberschlesischer Steinkohle; Z. oberschles. berg- u. hüttenm. Ver. 65 (1926) S. 608. — A. Thau, Steinkohlenschwelverfahren; Stahl u. Eisen 46 (1926) S. 1501 u. 1549. — A. Pape, Bendheim u. Gelz, Beiträge zur Kenntnis der Ursachen der Teerausbeuteunterschiede bei der Verschwelung von Rohbraunkohle; Braunkohle 25 (1926) S. 1, 25, 121 u. 746. — H. Romberg, Verkokungsversuche mit Lignitbraunkohle; Braunkohle 25 (1926) S. 329. — M. Dolch, Karbonit, ein stückiger rauchloser Brennstoff aus Braunkohle; Braunkohle 25 (1926) S. 217 u. 230. — A. Thau, Kritische Betrachtungen über die neueren Braunkohlen-Schwelofen-Bauarten; Braunkohle 25 (1926) S. 545. — F. Müller, Die wirtschaftliche Bedeutung der Steinkohlenschwelerei im Rahmen der neuen Bestrebungen im Ruhrbergbau; Brennstoff-Chem. 8 (1927) S. 181. — R. Frieser, Die Wärmewirtschaft des neuzeitlichen Rolle-Ofens; Braunkohle 26 (1927) S. 101. — J. Schulte, Vorschläge zur Weiterentwicklung der Braunkohleschwelerei nach wärmewirtschaftlichen Gesichtspunkten; Braunkohle 26 (1927) S. 181. — F. Seidenschnur, Welche Vorteile ergeben sich aus einer systematischen physikalisch-chemischen Analyse der Braunkohle? Braunkohle 26 (1927) S. 121 u. 146. — A. Spiller, Über die Veredlung der Kohle und ihre Verflüssigung; Braunkohle 26 (1927) S. 543. — R. Drawe, Neue Wege der Schwelung u. Vergasung; Braunkohle 26 (1927) S. 573. — K. Bube, Beiträge zur Schwelung u. Vergasung der Braunkohle; Braunkohle 27 (1928) S. 717. — J. Hudler, Urteergeneratoren ohne Urteergewinnung; Feuerungstechn. 16 (1928) S. 63. — B. Schapira, Die Tieftemperaturverkokung in Europa und Amerika mit besonderer Berücksichtigung amerikanischer Verhältnisse; Feuerungstechn. 16 (1928) S. 81. — H. Illies, Der heutige Stand der Tieftemperaturverkokung; Feuerungstechn. 16 (1928) S. 217. — P. Rosin, Probleme der Braunkohlenschwelung; Brennstoff-Chem. 9 (1928) S. 382. — F. W. Freise, Die Schwelung brasilianischer Steinkohlen; Brennstoff-Chem. 9 (1928) S. 385. — Agde u. Hubertus, Beiträge zur Kenntnis der Teer-, Ammoniak- und Benzolausbeuteunterschiede von Rohbraunkohle; Braunkohle 27 (1928) S. 41 u. 65. — H. Brückner, Über das Verhalten des Schwefels der Braunkohlen bei ihrer trockenen Destillation; Braunkohle 27 (1928) S. 891. — Oetken u. Hubmann, Das Lurgi-Schwelverfahren in seiner Anwendung auf Braunkohle; Braunkohle 27 (1928) S. 1097. — R. Heinze, Über den gegenwärtigen Stand der Kohlenschwelung in Deutschland; Bericht NQ 3, Weltkraftkonferenz 1928. — A. Thau, Der heutige Stand der Steinkohlenschwelung; Brennstoff-Chem. 10 (1929) S. 181. — Heinze u. Thau, Der gegenwärtige Stand der Steinkohlenschwelung in Deutschland; Z. VDI 73 (1929) S. 824. — K. Frank, Technische und wirtschaftliche Ausblicke der Braunkohlenaufbereitung; Braunkohle 28 (1929) S. 849. — R. Heinze, Entwicklung und Stand der Schwel-Industrie in Deutschland; Chem. Fabrik 2 (1929) S. 249, 268, 297, 306, 345, 352 u. 362. — A. Sander, Die Aussichten der Kohleverschwelung in Italien; Braunkohle 28 (1929) S. 880 u. 897. — P. Gieseke, Die Steinkohlenschwelung im Rahmen der Kohleschwelung; Walzwerk u. Hütte 1929, S. 25. — A. Thau, Die neuere Entwicklung der Steinkohlenschwelung; Glückauf 65 (1929) S. 1441. — Ders., Die Weiterentwicklung der Braunkohleschwelung; Braunkohle 29 (1930) S. 129 u. 149. — Ders., Technisch-wirtschaftliche Gesichtspunkte der Schwelereientwicklung; Int. Bergwirtsch. 23 (1930) S. 182. — Ders., Gegenwärtiger Stand der Kraftstoffgewinnung aus Kohle; D. Brennkrafttechn. Ges., Bd. II, Verl. W. Knapp, Halle 1930. — Ders., Die Weiterentwicklung der Braunkohlenschwelung; Braunkohle 29 (1930) S. 129 u. 140. — F. Fischer, Bahr u. Sustmann, Die Verschwelung von Braun- u. Steinkohlen in einer Gasatmosphäre von erhöhtem Druck; Brennstoff-Chem. 11 (1930) S. 1. — A. Stadnikoff, Versuche zur Erzeugung von festem Koks bei der Schwelung von Braunkohle unter Teerzusatz; Brennstoff-Chem. 11 (1930) S. 413. — H. Mantel, Das Schwelen in dünnen Schichten; Brennstoff-Chemie 11 (1930) S. 150. — P. Rosin, Kohlenschwelung und Elektrizitätserzeugung; Arch. Wärmewirtsch. 11 (1930) S. 28. — P. Niemann, Untersuchungen über das thermochemische Verhalten der Braunkohle während des Schwelprozesses; Brennstoff-Chem. 12 (1931) S. 386. — A. Thau, Entwicklungsausblick auf die chemische Auswertung der Braunkohle im letzten Jahrzehnt; Braunkohle 30 (1931) S. 673. — J. Pfeiffer, Beiträge zur Kenntnis des Wärmeübergangs beim Schwelprozeß; Dissert. T. H., Berlin 1932. — Agde u. Hubertus, Untersuchungen über unterschiedliche Schwelproduktausbeuten von Rohbraunkohlen; Braunkohle 31 (1932) S. 675. — Diez., Untersuchungen über die der Schwelung von Braunkohlen vorangehenden Entwässerungsvorgänge; Braunkohle 31 (1932) S. 877 u. 897. — F. Müller, Entgasung von Steinkohle; Öl u. Kohle 1 (1933) S. 42. — R. Heinze, Entgasung von Braunkohlen; Öl u. Kohle 1 (1933) S. 42. — V. Wilke, Brennstoffe als Rohstoffe in der deutschen Wirtschaft; Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 14 (1932) S. 161. — R. Heinze, Die Entgasung von

Braunkohlen im Rahmen der deutschen Treibstoff- u. Mineralölversorgung; Braunkohle 32 (1933) S. 773. — F. Schaedenschnur u. Groß, Fisser-Zerstäubungs- oder Dampftrockner für Braunkohlenfeuerungen; Braunkohlenarch. 1933, Nr. 40, S. 91. — F. L. Kühlwein, Schwelwürdigkeit von Steinkohlen; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 271. — A. Thau, Gegenwärtiger Stand des Braunkohlenschwelofenbaues; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 193. — Derss., Neuzeitliche Entwicklungslinien beim Bau von Braunkohlenschwelöfen; Brennstoff-Chem. 15 (1934) S. 281. — J. Heinze, Die Bedeutung der Braunkohle für die Mineralölwirtschaft Deutschlands; Braunkohle 33 (1934) S. 554. — A. Thau, Die chemische Auswertung der Braunkohle; Chem.-Ztg. 58 (1934) S. 377. — P. Damm, Gegenwärtiger Stand der chemischen Steinkohlenveredlung; Gas- u. Wasserfach 78 (1935) S. 413. — A. Thau, Der heutige Stand der thermischen Kohleveredlung; Gas- u. Wasserfach 78 (1935) S. 334. — Derss., Großschwelereien und Syntheseerzeugung zur Treibstoffherstellung; Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 17 (1935) S. 167. — Grosa u. Kreuzer, Schwerölgewinnung von Kohlenöle und von Spaltölen eines ostelbischen Braunkohlenteeres; Braunkohle 34 (1935) S. 358. — E. Groh, Vergleich der Retorten- u. Spülgasschwelung; Brennstoff-Chem. 16 (1935) S. 221. — H. Jäger, Hydrierung, Synthese, Schwelung; Arch. Wärmewirtsch. 17 (1936) S. 51. — L. Weber, Heimische Treibstoffwirtschaft und die Gaswerke; Gas- u. Wasserfach 79 (1936) S. 155. — A. Thau, Schwelbestrebungen im Rahmen der deutschen Brennstoffwirtschaft; Öl u. Kohle 12 (1936) S. 550. — Derss., Schwelanlagen für Gaswerke; Gas- u. Wasserfach 79 (1936) S. 609. — Kopl, Treibstoffbeschaffung und Energiewirtschaft; Ber. Tagung „Heimische Treibstoffe", Verl. Amt für Technik, Nürnberg 1936, S. 83. — Kühlwein, Rohstoffragen bei der Steinkohlenschwelung; Ber. Tagung „Heimische Treibstoffe", Verl. Amt für Technik, Nürnberg 1936, S. 66. — G. Rothmann, Die Steinkohlenschwelung als Mittel zur Sicherstellung unserer Treibstoffversorgung; Chem.-Ztg. 60 (1936) S. 581. — F. A. Oetken, Die Schwelung von festen Brennstoffen und ihre Bedeutung für die Beschaffung flüssiger Treib- u. Brennstoffe; VDI-Fachvorträge, Darmstadt 1936, Verl. VDI, Berlin 1936, S. 69. — G. de Grahl, Zur Treibstofffrage; Glückauf Ana. 60 (1936) S. 89. — H. Winter, Beziehungen zwischen Teeransbeute u. Gewinn an Ölen bei der Steinkohlenschwelung u. -verkokung; Glückauf 72 (1936) S. 450. — F. Müller, Tieftemperaturverkokung (Schwelung) von Steinkohle; Öl u. Kohle 12 (1936) S. 543; Techn. Mitt. Krupp 4 (1936) S. 143. — W. Gollmer, Kokung und Schwelung der Saarkohlen; Z. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 84 (1936) S. 197. — Schlattmann u. Koppenberg, Die deutsche Industrie der Gewinnung von Treibstoffen aus Kohle; Deutsche Energiewirtschaft, deutsche Berichte zur III. Weltkraftkonferenz Washington 1936, Verl. VDI, Berlin 1936, S. 113. — J. Hansen, Die Bedeutung der Steinkohlenschwelung für die deutsche Volkswirtschaft; Ber. Tagung „Heimische Treibstoffe", Verl. Amt für Technik, Nürnberg 1936, S. 9. — Schumacher, Die Bedeutung der Steinkohlenschwelung (für Gaswerke); Ber. Tagung „Heimische Treibstoffe", Verl. Amt für Technik, Nürnberg 1936, S. 25. — Groß u. L. Kremser, Schwefelentziehung der spezifischen Gewichtsfraktionen einer ostelbischen Braunkohle; Braunkohlenarch. 1936, Nr. 45, S. 10. — H. Jäger, Die Bedeutung der Steinkohlenschwelung für die deutsche Volkswirtschaft; Gas- u. Wasserfach 80 (1937) S. 169. — A. Thau, Deutsche Kohlen als Ausgangsstoffe chemischer Veredlung; Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 19 (1937) S. 17 u. 41. — Derss., Die weitere Entwicklung der Steinkohlenschwelung in Deutschland; Brennstoff-Chem. 18 (1937) S. 110. — Derss., Die deutsche Kohle in der deutschen Kraftwirtschaft; Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 19 (1937) S. 107. — R. Drews, Wege zu gesteigerter Brennstoffveredlung; Gas- u. Wasserfach 80 (1937) S. 806. — K. Winter, Über die Verschwelung ostmitteldeutscher Kohlen; Brennstoff-Chem. 18 (1937) S. 279. — Suttmann u. Lehnert, Das Verhalten aschehaltiger und aschearmer Braunkohlen bei der Verschwelung; Brennstoff-Chem. 18 (1937) S. 473. — P. Damm, Die Entgasung der Steinkohlen (Verschwelung und Verkokung); Feuerungstechn. 25 (1937) S. 15. — P. Lameck, Der Stand der Steinkohlenveredlung; Stahl u. Eisen 57 (1937) S. 1041. — A. Thau, Kohleveredlung zur Kraftstoffgewinnung; Z. VDI 82 (1938) S. 129. — Derss., Zur Entwicklung der deutschen Treibstofferzeugung; Straße 5 (1938) S. 116. — Hock u. Engelfried, Einfluß des Aschengehaltes von Braunkohle an den Schwelwerten; Braunkohle 37 (1938) S. 181.

II. Braunkohlenschwelung.

Auf dem Gebiet der Braunkohlenschwelung hat, wie bereits im vorigen Abschnitt angedeutet, eine gewaltige Entwicklung eingesetzt, die sich vornehmlich auf die Spülgasschwelung bezieht. Die Schwelöfen mit Außenbeheizung haben sich daneben behauptet, und während der Rolle-Ofen den Bedingungen der Neuzeit angepaßt werden konnte, sind die Geissen-Schwelöfen der Kohlenveredlung und Schwelwerke AG.[1]) noch sämtlich in Betrieb. Neu eingeführt wurde der Borsig-Geissen-Schwelofen als Nachfolger der letzt angeführten Bauart.

a) Braunkohlenschwelöfen mit Außenbeheizung.

Im folgenden ist die neuere Entwicklung des Rolle-Ofens berücksichtigt, um dann auf die einzige in dieser Gruppe vorhandene neue Bauart, den Borsig-Geissen-Schwelofen[2]), einzugehen.

Nachdem die Zylinderhöhe der in freistehenden Gruppen vereinigten Rolle-Öfen 10 m erreicht und in Einzelfällen auch überschritten hatte, schien den Entwicklungsmöglichkeiten dieser Schwelofenbauart[3]) eine Grenze gezogen zu sein. Kleine Abänderungen und Ergänzungen, die in einem späteren Abschnitt berücksichtigt sind, konnten die Betriebsergebnisse hinsichtlich des Durchsatzes, der Ausbeute oder auch bezüglich der Beschaffenheit der Schwelerzeugnisse nicht fühlbar beeinflussen und damit die Wirtschaftlichkeit verbessern.

Eine wesentliche Erhöhung des Durchsatzes neben einer Verbesserung der Wärmewirtschaftlichkeit war von der Verarbeitung vorgetrockneter Kohle zu erwarten, bei der der Verfasser bereits im Jahre 1923 eine mehr als dreifache Leistungssteigerung feststellen konnte. Schon Rolle[4]) hatte die durch die Kohlentrocknung bewirkte Leistungssteigerung erkannt und neben den eigentlichen Schwelöfen solche fast gleicher Bauart entwickelt, die lediglich der Vortrocknung dienten. Wie schon früher erwähnt, wurde als einzige Rolle-Ofenanlage die Schwelerei Groitzschen[4]) mit einem Feuergastrockner ausgerüstet, der auch heute noch in Betrieb ist. Bei der Verarbeitung vorgetrockneter Kohle hat man jedoch mit einem erhöhten Anteil an Feinkorn im Schwelkoks zu rechnen, was seinen Absatz erschwert, sofern nicht das Grobe ausgesiebt und das Feinkorn unter Bindemittelzusatz brikettiert wird. Die Kupplung von Feuergastrockner und Rolle-Ofen bietet daher keine ohne weiteres annehmbare Lösung dieser Aufgabe.

Zunächst versuchte man, Briketts im Gemisch mit Kohle zu schwelen, um dadurch einen Abschluß des Ofenkopfes wie vorher zu erreichen. Diese Versuche wurden jedoch bald wieder aufgegeben. Wegen der sperrigen Lagerung der Briketts im Schwelraum ging man dazu über, den Schwelraum, der bis dahin etwa 80 mm breit war, durch den Einbau kleinerer Glocken auf mehr als das Doppelte zu verbreitern.

Dem Anfall an feinkörnigem Koks beim Schwelen vorgetrockneter Kohle versuchte man auch dadurch zu begegnen, daß man das Feinkorn aus der vorgetrockneten Kohle vor dem Schwelen absiebt, es brikettiert und die erhaltenen Briketts mit den Knorpeln zusammen verschwelt. Dieser Weg wurde zeitweilig eingeschlagen, ferner wurde brikettierte Kohle auch zusammen mit grubenfeuchter Rohkohle verschwelt. Zweckmäßiger ist es naturgemäß, nicht Gemische, sondern Briketts allein zu schwelen, weil hierbei ein einheitlicher Rohstoff durchgesetzt wird.

Um bei verbessertem Durchsatz zu einem stückreichen, für den Hausbrand bestgeeigneten Grudekoks zu gelangen, ging man deshalb auf die Schwelung reiner Briketts über. Während die

[1]) I, S. 148.
[2]) Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 19 (1937) S. 21.
[3]) I, S. 69.
[4]) Braunkohle 23 (1926) S. 555.
[5]) I, S. 632.

Schwelung von brikettierter Kohle an Spülgasöfen keine besonderen Schwierigkeiten verursacht, war die Umstellung auf sperriges, brikettiertes Gut bei dem nur vom oberen und unteren Teile der Rolle-Ofenschacht nicht ohne weiteres möglich. Es ist dabei noch zu berücksichtigen, daß dieser Ofen ursprünglich zum Schwelen von mehr oder weniger feinkörniger Rohkohle entwickelt worden war, daß der Schwelraum dieses Ofens auf Grund jahrzehntelanger Erfahrung auf einer Breite von etwa 80—100 mm gehalten wurde, und daß ein Abschluß des Rolle-Ofens am oberen Ende lediglich durch angehäuft, Rohbraunkohle hergestellt würde. Es waren daher zuerst unerläßliche Schwierigkeiten zu überwinden, bis der Rolle-Ofen einen für den Brikettdurchsatz geeigneten Zuschnitt erhalten hatte.

Wegen der sperrigen Lagerung der Briketts im Schwelraum ging man dann über, den Schwelraum durch Einbau kleinerer Glocken auf das zwei- bis dreifache zu verbreitern und den Ofenschacht oben mit einem mechanischen Verschluß auszurüsten. Auch eine Wasserdampfzugabe, die die Schwelung durch Spülwirkung beeinflussen sollte, wurde zeitweise angewendet. Diese Umgestaltung des Rolle-Ofens sowie insbesondere die Entwicklung der nachstehend beschriebenen Ofenbauarten erfolgte bei den A. Riebeck'schen Montanwerken nach Vorschlägen von B. Simmersbach.

Die neuesten Abwandlungen des Rolle-Ofens zeigen in ihrem Innenbau wesentliche bauliche Verbesserungen, während sich an der äußeren Form des Rolle-Ofens wenig geändert hat.

Bei der in der Abb. 5 im schematischen Schnitt angedeuteten Bauart hat man anstatt der Glocken einen aus mehreren aufeinander gestellten Längen bestehenden Gußeisenzylinder in den Unterteil des Ofens gesetzt. Der am Umfang ganz geschlossene Zylinder *a* ist offen, so daß die im Schwelraum aufsteigenden Gase und Dämpfe von oben in den Zylinder treten, aus dem sie unten durch die Topfglocke *b* in bekannter Weise abgesaugt werden. Unten im Ofen ist auch die gelochte Dampfschlange *c* angedeutet, um Wasserdampf einblasen zu können. Der Oberteil des Ofens nimmt den Glockenansatz *d* auf, der von dem Strebene getragen wird, wobei der durch die Wahl von Glocken geringeren Durchmessers wesentlich verbreiterte Schwelraum erkenntlich ist. Die obere Absaugung *f* ist, wie bisher, beibehalten worden. Der Ofen hat oben einen aus Klappdeckeln bestehenden Verschluß *g*, der in neuerer Zeit, ähnlich wie bei einem Gasgenerator, als Schleuse ausgebildet ist, die beim Füllen den Austritt von Dämpfen oder das Eindringen von Luft verhindert.

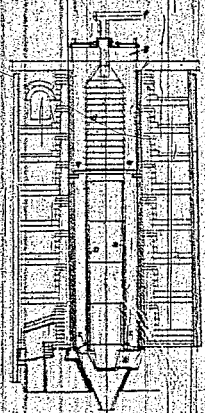


Abb. 5. Neuzeitlicher Rolle-Ofen.

Auch gegenüber dieser Bauart wurden in der Folge noch weitere Fortschritte erzielt. Man ging dazu über, den Ofen mit erweitertem Schwelraum im unteren Teile doppelseitig zu beheizen, um eine günstigere und gleichmäßigere Wärmeübertragung an das Gut zu gewährleisten. Derartige Öfen besitzen in der Schwelzone an Stelle der Glockenein bauten einen geschlossen ausgebildeten Heizzylinder aus feuerfestem Baustoff. Die Beheizung dieses Innenzylinders erfolgt durch Schwelgas, das mit der Verbrennungsluft unten zugeführt wird, während die Verbrennungsgase in der Nähe des oberen Endes des Zylinders durch einen Stutzen in die Feuerzüge der in der üblichen Weise ausgebildeten Außenbeheizung eingeleitet werden. Die in der Zone der doppelseitigen Beheizung entwickelten Teerdämpfe und Schwelgase werden aus dem Schwelschacht durch eine über dem Innenzylinder angeordnete Sammelhaube und von dieser durch einen Stutzen, der durch Schwelraum, kühlere Heizzüge und Ofenwandung hindurchgeführt ist, abgesaugt. Der kühlere Ofenbau und der Obergbau des Ofens sowie die obere Absaugung besitzen im wesentlichen die übliche Ausbildung. Selbstverständlich ist auch dieser Ofen, schon wegen seines großen Schwelraumdurchmessers, oben abgedeckt.

Während bei dem eben beschriebenen Rolle-Ofen die doppelseitige Beheizung in der Schwelzone erfolgt, wurde neuerdings im Hinblick darauf, daß die Wärme bedarf, besonders bei der Naßkohlenschwelung, in der Zone der Trocknung am größten ist, die doppelseitige Beheizung

in den oberen Teil des Ofens verlegt. Hierbei besitzt der untere Teil des Ofens die üblichen Glockeneinbauten, die den Sammelraum für die Teerdämpfe bilden. Auch Öfen dieser Bauart haben sich inzwischen in mehrjährigem Betrieb sowohl hinsichtlich des Durchsatzes als auch der Teerausbeute und der Koksbeschaffenheit bestens bewährt.

Schließlich ist noch zu bemerken, daß die bei Rolle-Öfen älterer Bauart bereits eingeführte Verringerung der Schwelraumbreite von oben nach unten bei den neuen Ofenbauarten eine sinngemäße Neugestaltung durch stufenweise Verminderung des Durchmessers in verschiedener Höhe des Ofens erfahren hat.

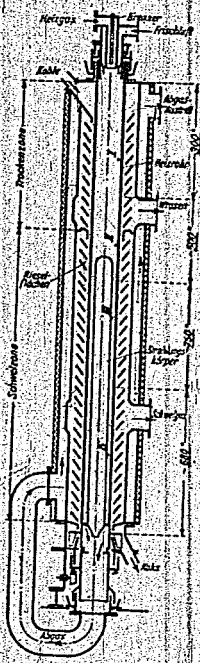


Abb. 6. Schnitt durch einen Borsig-Geissen-Schwelofen.

Die Bedeutung der vorstehend kurz umrissenen Änderungen, die sich an vorhandenen Rolle-Öfen älterer Bauart leicht durchführen ließen, kann man erst würdigen, wenn in Betracht gezogen wird, daß es dadurch gelungen ist, den Durchsatz des Rolle-Ofens, bezogen auf Rohkohle, um etwa das sechs- bis achtfache zu steigern. Desgleichen konnte die Teerausbeute erhöht und die zusätzliche Beheizung bei der Brikettschwelung vollkommen beseitigt werden. Der erzeugte Koks genügt hinsichtlich Stückigkeit und Brand auch den in neuerer Zeit gesteigerten Anforderungen vollkommen, so daß die Verwendung des Rolle-Ofenkokses auch im Hausbrand neuen Auftrieb erhalten hat.

Bei den neuartigen Rolle-Öfen, auch bei den Öfen zum Schwelen von Briketts, wird, worauf schon hingewiesen wurde, bedeutend weniger Luft eingesaugt, als bei den älteren Rolle-Öfen. Infolge davon ist der Heizwert des Schwelgases um etwa 50% erhöht und beträgt rd. 3000 kcal/m³. Ferner sind die Teerdämpfe im Ofen keiner starken Oxydation mehr ausgesetzt. Bei dem geringen Wassergehalt der Briketts ist der Wärmeverbrauch der Öfen stark zurückgegangen, und der auf den Durchsatz bezogene Schwelwasseranfall hat sich beträchtlich verringert. Die Teer- und Leichtölgewinnung aus dem nicht mehr so stark mit Luft verdünnten Schwelgas ist einfacher und wirksamer. Um dem erhöhten Durchsatz Rechnung zu tragen, wurden die Kokshütte auf das Doppelte ihres Inhaltes vergrößert. Diese Zusammenhänge werden angeführt, um anzudeuten, wie weittragend sich die neuerdings am Rolle-Ofen getroffenen Änderungen im Betriebe auswirken.

Borsig-Geissen-Schwelofen.

Der neue Borsig-Geissen-Schwelofen muß als eine ganz wesentliche Vereinfachung gegenüber dem früheren Ofen von Geissen angesprochen werden, insbesondere deshalb, weil an die Stelle des schweren gewellten Gußkörpers ein einfaches Mannesmannrohr aus Sikromal getreten ist, so daß sich der Auf- und Abbau des Ofens in kürzester Zeit durchführen läßt, und gleichzeitig wurden die Anschaffungskosten dadurch herabgesetzt.

Das Verfahren wird von Prof. Heinze[1]) wie folgt beschrieben. Der Borsig-Geissen-Schwelofen verwirklicht den Grundsatz der Schwelung in dünner Schicht durch die mittelbare Wärmeübertragung, d. h. durch Heizflächen hindurch, bei gleichzeitiger Umwälzung des Schwelgutes. Er besteht nach der Abb. 6 aus zwei konzentrisch angeordneten zylindrischen Hohlkörpern mit senkrechter Achse, von denen der innere als glattes, sich langsam drehendes Rohr ($n = 3$) und der äußere als feststehender „Rieselkörper" mit zahlreichen kegelförmigen Rutsch-

[1]) Braunkohle 36 (1937) S. 357.

flächen ausgebildet ist. Die Kohle bewegt sich in dem schmalen Ringraum zwischen Heizrohr (Sikromal) und Rieselkörper (Gußeisen) herab, wobei die in Schraubenlinien verlaufende Abwärtsbewegung des einzelnen Kohlekornes immer wieder unterbrochen wird durch die feststehenden Rieselflächen, auf die es sich kurzzeitig abstützt. Die Kohle wird also auf ihrem Weg durch den Ofen dauernd umgewälzt.

Der Ofen wird von innen durch den am oberen Ende befindlichen Brenner mit Gas beheizt. Die Heizgase durchströmen mithin das Innere des Heizrohres im Gleichstrom mit der Kohle. Am unteren Ende des Ofens werden sie durch eine Umführungsleitung dem doppelwandig ausgeführten Außenmantel zugeführt und am oberen Ende abgesaugt. Die Beheizung der Kohle erfolgt also von zwei Seiten: von innen im Gleichstrom und von außen im Gegenstrom. Die aus der erhitzten Kohle entweichenden Dämpfe und Gase treten zwischen den Rieselflächen auf kürzestem Wege aus der Kohle aus und sammeln sich in dem Ringraum zwischen Rieselsystem und Ofenmantel. Der obere Teil dieses Ringraumes ist gegenüber dem unteren Teil derart abgeschlossen, daß die bei der anfänglichen Erhitzung der Kohle freiwerdenden Wasserdämpfe, die höchstens noch geringe Mengen Kohlensäure enthalten, gesondert abgeführt werden können. Die eigentlichen Schwelgase und -dämpfe werden durch einen Stutzen am unteren Ende des ringförmigen Gassammelraumes abgesaugt.

Der entstehende Koks wird unten aus dem Ofen durch Abstreifer fortlaufend ausgetragen. Die Abstreifschaufeln sind verstellbar eingerichtet, so daß die Menge des ausgetragenen Koks so geregelt werden kann. Da die Kohle dem Ofen oben im gleichen Maße zuläuft, wie der Koks unten ausgetragen wird, ist durch die Verstellung der Schaufeln eine einfache Regelung des Ofendurchsatzes möglich. Außerdem läßt sich der Durchsatz auch durch Veränderung der Umdrehungszahl des Heizrohres beeinflussen.

Infolge der Verwirklichung des Grundsatzes der Schwelung in dünner Schicht bei stetiger Umwälzung des Schwelgutes in Verbindung mit der Gleichstrom-Gegenstrombeheizung ergibt sich eine hohe spezifische Heizflächenleistung und demgemäß auch eine hohe spezifische Ofenleistung, die weit über den bisher bei Retortenöfen üblichen Werten liegt. Trotz der schlechten Wärmeleitfähigkeit der Braunkohle erfolgt der Wärmefluß durch die dünne bewegte Kohlenschicht von nur 30 mm im Mittel infolge des kurzen Weges schnell, und die Wärmedurchdringung ist infolge der fortgesetzten Umlagerung der Kohleteilchen sehr gleichmäßig. Dabei treffen im Gebiete der höchsten Temperaturen infolge des Gleichstromgrundsatzes die heißesten Gase auf die kälteste, noch wasserhaltige Kohle, so daß infolge der Wärmebindung durch Verdampfung von Wasser eine schädliche Überhitzung der Heizfläche sowie der Kohle mit Sicherheit vermieden wird, während im Gebiete der niedrigen Heizgastemperaturen im Mantel der für die Wärmeübertragung vorteilhafte Gegenstromgrundsatz zur Anwendung gelangt.

Die große Zahl der tragenden Rieseleinsätze in Verbindung mit der nachstehend geschilderten eigenartigen Bewegung der verschiedenen Korngrößen ermöglicht die Schwelung feinkörniger, staubhaltiger Kohle, wodurch sich ihre Aufbereitung besonders einfach gestaltet. Da eine Brikettierung der Kohle vor der Verschwelung im allgemeinen unnötig ist, entfallen die Kosten für eine Brikettfabrik und damit auch die Strom- oder Dampfkosten für die notwendigen Brikettpressen. Auf Sonderfälle wird weiter unten eingegangen. Die Korngrenzen bei diesem Schwelverfahren liegen zwischen 0 und 15 mm. Der zulässige Anteil an feinem Korn zwischen 0 und 1 mm ist je nach dem Kohlecharakter verschieden. Er schwankt ungefähr in den Grenzen zwischen 20 und 30%, wovon etwa die Hälfte unter ½ mm sein darf. Haben die Kohlen einen höheren Anteil an mittlerem Korn zwischen 4—0 mm, so kann der Staubgehalt ebenfalls höher sein; ist dieser Anteil jedoch kleiner, so erniedrigt sich der zulässige Staubgehalt. Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, daß das gröbere Korn langsamer durch den Ofen wandert, also gewissermaßen als Traggerüst für die feinere Kohle dient, während diese selbst sich schneller an der glatten Heizrohrwand hinunter bewegt. Dieses Verhalten der verschiedenen Korngrößen hat wieder den Vorteil, daß dem gröbsten Korn eine längere Verweilzeit (etwa 12 Minuten) zum vollständigen Ausschwelen zur Verfügung steht, während das feinste Korn infolge der kürzeren Schwelzeit (etwa 2—3 Minuten) vor einem Überschwelen geschützt ist. Die Folge ist ein in allen Körnungen gleichmäßig ausgeschwelter Schwelkoks. Das sich nur langsam drehende glatte Innenrohr des Ofens übt keine merkliche Schmirgel- oder Zerreibwirkung auf die Schwelkohle aus, so daß der aus ihr gewonnene Schwelkoks, abgesehen von der natürlichen Schwindung, fast die gleiche Korngröße besitzt, wie das Ausgangsgut. Der geringe Kraftbedarf von nur 0,7 PS für das Drehen des Heizrohres, der beim leeren und gefüllten Ofen praktisch gleich ist,

ist ein weiterer Beweis für die mechanisch schonende Behandlung des Schwelgutes. Der geringfügige Kornanteil unter 1 mm, der gelegentlich vor dem Schwelen abgesiebt werden muß, kann in einer Presse zu Kleinbriketts verpreßt und der übrigen Schwelkohle ohne weiteres wieder beigemengt werden.

Durch die getrennte Abführung der Hauptmenge des Wasserdampfes aus dem oberen Teil des Ofens verringert sich der Schwelwasseranfall in der Kondensationsanlage auf etwa ein Drittel, was die Kosten der lästigen Schwelwasserbeseitigung entsprechend herabsetzt. Der abziehende Wrasen kann ohne besondere Entstaubung ins Freie geleitet werden. Die Grenze zwischen Trocken- und Schwelzone bleibt auch bei wechselndem Wassergehalt der Trockenkohle (12—18%; im Mittel 15%) auf derselben Höhenlage des Ofens stehen. Sinkt z. B. der Wassergehalt der Trockenkohle, wodurch die Trockenzone relativ kürzer würde, so steigt gleichzeitig der Durchsatz des Ofens und umgekehrt. Beide Einflüsse gleichen sich annähernd aus. Verluste durch Schwelgase im Wrasen sind somit infolge des schnelleren Durchsatzes ebensowenig zu befürchten wie eine Vermehrung des Schwelwassers bei zu nasser Kohle.

Die Schwelgase selbst können aus den kurzen Kapillaren des einzelnen Kohleeinkorns sowie aus der dünnen Kohleschicht ohne Staubaufwirbelung sehr schnell entweichen; somit gelangen sie, ohne gekrackt zu werden, auf kürzestem Wege vom Heizrohr weg in den kühleren Gassammelraum. Sie verlassen den Ofen mit etwa 450°, wobei Kondensationserscheinungen und Teerabscheidungen im Ofen selbst mit Sicherheit vermieden werden.

Ein Vorzug des Ofens in betrieblicher Hinsicht ist seine einfache Bauart, die ein kurzfristiges Auf- und Abbauen gestattet. Hierbei ist der Ofen gegen plötzliches Abstellen und rasches Anfahren deshalb unempfindlich, weil er keine Ausmauerungen enthält. Da der Ofen bei einem lichten Durchmesser des Heizrohres von 400 mm und einer nutzbaren Höhe von rd. 10 m nur etwa 350 kg Trockenkohle fast, geht seine Füllung mit Koks zum ersten Anfahren sowie sein Aufheizen bis zum Beharrungszustand sehr schnell vor sich. Ebenso schnell kann er ausgeschaltet werden, da sein verhältnismäßig kleiner Inhalt rasch durchgesetzt ist, wobei man dann der Schwelkohle wiederum Koks nachfolgen läßt. Auf diese Weise bleibt der mit Koks gefüllte Ofen jederzeit von neuem betriebsbereit. Soll er gänzlich kaltgestellt werden, so fährt man den nachgefüllten Koks gleichfalls aus.

Die absolute Nennleistung eines Ofens im Dauerbetrieb beträgt rd. 30 t Trockenkohle mit 15% Wassergehalt in 24 Stunden; jedoch sind bei den oben genannten normalen Abmessungen vorübergehend schon Leistungen von 35—37 t/24 h erreicht worden. Da mehrere Ofen zu einer Gruppe zusammengefaßt sind, tritt selbst bei Ausfall eines einzelnen Schwelaggregates nur ein geringfügiger, kurzfristiger Produktionsrückgang deshalb ein, weil während der Stillstandzeit die übrigen in Betrieb befindlichen Ofeneinheiten entsprechend höher belastet werden können.

Der Platzbedarf des einzelnen Ofens ist mit 1,5×1,5 m gering; auch die Zusammenfassung mehrerer Ofen zu einer Gruppe ist, wie die Abb. 7—9 erkennen lassen, sehr übersichtlich trotz kleiner Grundfläche, die ein billiges Schwelhaus bedingt.

Der allgemeine Aufbau einer Borsig-Grissen-Schwelanlage mit Teer- und Leichtölgewinnungsanlage geht aus den Abb. 7—9 hervor, die 32 Ofeneinheiten für eine Erzeugung von rd. 40 000 t Teer/Jahr bei einem Teergehalt der Rohkohle (53% Wasser) von 7% zeigen.

Von dem in der Mitte des Ofenhauses oben angeordneten Schwelkohlenbunker gelangt die auf etwa 15% Wassergehalt vorgetrocknete Kohle in die Schwelöfen, die in zwei Doppelreihen von je 16 Öfen an den Längswänden des Schwelhauses aufgestellt sind. Der unten aus dem Ofen ausgetragene Schwelkoks wird von mechanisch betriebenen Förderern nach der Kokskühlanlage geschafft.

Das aus dem Ofen abgesaugte Schwelgas gelangt über eine beheizbare Sammelleitung in den gleichfalls beheizbaren Staubabscheidern, wodurch eine vollkommen trockene Staubabscheidung sichergestellt ist. Für je acht Öfen sind zwei parallel geschaltete Staubabscheider angeordnet, für die Gesamtanlage von 32 Öfen also acht Staubabscheider, die normalerweise sämtlich in Betrieb sind.

Nachdem in den Staubabscheidern der Hauptanteil des Staubes trocken aus dem heißen Gas ausgeschieden ist, gelangt es in die Teerkondensationsanlage, die im vorliegenden Fall außerhalb des Schwelhauses an der einen Querwand des Gebäudes aufgestellt ist. Die drei übereinanderliegenden, mit Einbauten versehenen Dickteer- und Dünnteerwäscher werden dann in bekannter Weise mit Spülteer berieselt und die ausfallenden Teerfraktionen gesondert aufgefangen. Die Teerkondensationsanlage, zu der noch drei Teerkühler sowie die üblichen Teer-

ablauf- und Sammelbehälter nebst Teerpumpen gehören, ist besonders einfach und nimmt wenig Platz in Anspruch, denn es ist nur die unverdünnte Schwelgasmenge von Teer und Öl zu befreien.

Die Mittelölkondensation mit je drei Nach- und Schlußkühlern, die das Gas bis auf etwa 20° C herabkühlen, nebst den zugehörigen Pumpen und Behältern sind nicht in den Abb. 7—9 wiedergegeben.

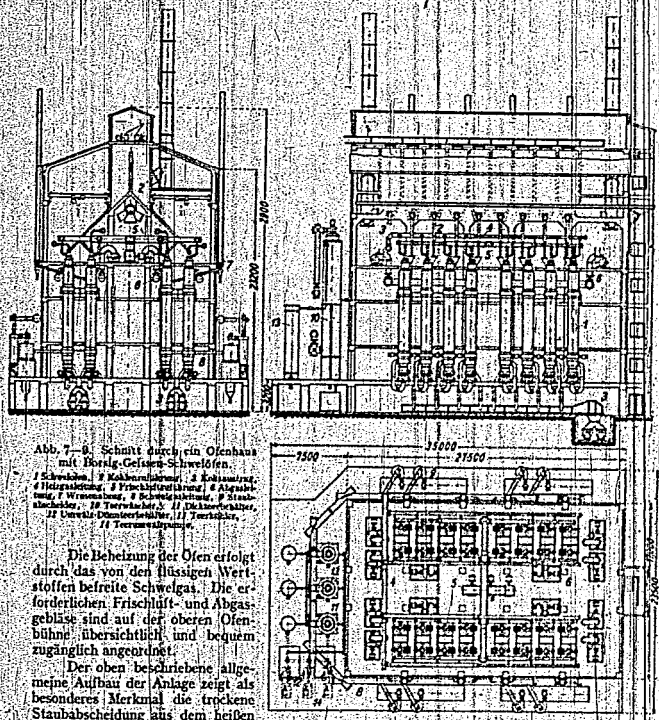


Abb. 7—9. Schnitt durch ein Ofenhaus mit Borsig-Geisen-Schwelöfen.

1 Schwelofen, 2 Koksverlader, 3 Koksaustrag, 4 Heizgasleitung, 5 Frischluftzuführung, 6 Abgasleitung, 7 Wasserleitung, 8 Schwelgasleitung, 9 Staubabscheider, 10 Teervorlage, 11 Dickteerbehälter, 12 Dowtherm-Dämpferbehälter, 13 Teerpumpe, 14 Teerwasserpumpe.

Die Beheizung der Öfen erfolgt durch das von den flüssigen Wertstoffen befreite Schwelgas. Die erforderlichen Frischluft- und Abgasgebläse sind auf der oberen Ofenbühne übersichtlich und bequem zugänglich angeordnet.

Der oben beschriebene allgemeine Aufbau der Anlage zeigt als besonderes Merkmal die trockene Staubabscheidung aus dem heißen Gas, wobei die üblichen Vorlagen mit ihrem lästigen Anfall an stark wasser- und staubhaltigem Dickteer in Fortfall kommen. Bei Betriebsversuchen wurde beispielsweise durch Messungen festgestellt, daß durch einen Staubabscheider der Maschinenfabrik Hartmann AG. in Offenbach a. M. der Staub weitgehend aus dem Schwelgas ausgeschieden wurde. Der im Staubabscheider angefallene Staub war äußerst fein und völlig trocken.

Den verhältnismäßig geringen unverdünnten Gasmengen entsprechend ist der Aufwand an Einrichtungen für die Kondensation klein, der Platzbedarf hierfür sowie der Energieaufwand für die Schwelgasgebläse gering.

Die Abb. 10 zeigt eine aus zwei Borsig-Geissen-Schwelöfen bestehende im mitteldeutschen Braunkohlenrevier erbaute Anlage im Betrieb, wobei oben links die Kohlenzuführ und unten rechts der Koksaustrag erkenntlich sind. Das Bild vermittelt einen guten Gesamteindruck von der Geschlossenheit und dem geringen Platzbedarf einer solchen Anlage.

Kennzeichnung der Schwelerzeugnisse.

Teerausbeuten von 100% u. m., bezogen auf die Analyse nach Fischer, sind wiederholt beim Borsig-Geissen-Verfahren ermittelt worden, wobei das Gaseichtöl nicht mit eingerechnet ist.

Hervorzuheben ist, daß die Borsig-Geissen-Teere infolge ihrer schonenden Behandlung im Schwelofen dem ursprünglichen Charakter der bitumischen Inhaltsstoffe von Schwelkohlen am nächsten kommen. Aus der feinkörnigen, lockeren Trockenkohle können Schweldämpfe und Schwelgase leicht und schnell entweichen, da die Kapillarwege des einzelnen kleinen Kohlenkorns nur kurz sind, wodurch eine Krackung durch Überhitzung vermieden wird.

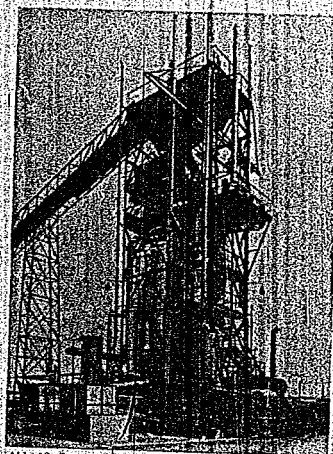


Abb. 10. Gesamtansicht einer Borsig-Geissen-Schwelanlage mit zwei Ofeneinheiten.

Die gewonnenen Teere sollen sich für Hydrierzwecke sehr gut eignen und angeblich eine hohe Schmierölausbeute erwarten lassen. Eingehende Untersuchungen hierüber sind zur Zeit im Gange. Sobald diese abgeschlossen sind, dürfte auch die Frage des sog. Asphaltgehaltes des Teeres bzw. die diesbezügliche Abnahmevorschrift neu geregelt werden.

Der durch das neue Verfahren gewonnene Schwelkoks zeichnet sich durch eine besonders gute Reaktionsfähigkeit aus, die durch einen niedrigen Zündpunkt gekennzeichnet ist. Dieser liegt zwischen 155 und 180° C, während die Zündpunkte von Schwelkoksen nach anderen Verfahren zwischen 200 und 275° C liegen, bei Rollofenkoks aber Werte bis 342° C erreichen.

Die Ursache für dies vorzügliche zündtechnische Verhalten ist in dem Schwelverfahren selbst sowie in der kurzen schonenden Behandlung der Schwelkohle zu suchen, wodurch ein rasches, williges Entweichen der Teerdämpfe aus der Kohle ohne Überhitzung gewährleistet ist. Die feinbauliche Struktur des Schwelkokses kann durch abgeschiedenen graphitischen Teer-Spaltkoks nicht gestört werden. Hierdurch ergibt sich ein hochporöser Schwelkoks mit großer innerer Oberfläche.

Hinsichtlich der besonderen Vorzüge des Borsig-Geissen-Schwelofens sind noch einige Angaben von Hopple[1]) bemerkenswert, der hervorhebt, daß, sobald die Temperatur der Kohle im Oberteil des Ofens 200—250° C erreicht hat, fast das gesamte hygroskopisch gebundene Wasser in Höhe von etwa 15% als Dampf abgegeben wird, wodurch die Kühlanlage entlastet und die Schwelwassermenge verringert wird. Weiter wird darauf hingewiesen, daß der Ofen sich insbesondere zur Schwelung feinkörniger Kohle eignet.

Über die Körnung der durchgesetzten Kohle gibt die folgende Zusammenstellung Auf-

[1]) Niederschrift Sitzung des Ausschusses für Verschwelung und Vergasung Halle (Saale) 28. August 1936.

schub. Der Kohlenanteil mit einer Korngröße über 10 mm wird ausgesiebt, da dieses Korn im Ofen ohnehin zermahlen wird. Der Ofen ist also, wie bereits erwähnt, besonders für die Schwelung von Feinkohle geeignet. Bei Versuchen wurde mit einer gut entstaubten Kohle mit 33,8% Korn von 0—2 mm gefahren, wie dies aus der folgenden Zahlentafel hervorgeht. Dabei wurde aber auch die einwandfreie Betriebsbrauchbarkeit des Ofens mit nur teilweise oder gar nicht entstaubter Kohle in mehrtägigen Dauerversuchen belegt, und von einer Durchschnittskohle mit der Siebanalyse III ausgegangen, wobei die Proben sofort hinter den Trocknern entnommen wurden. Durch die in den Vorratsbehältern des Ofens eintretende Entmischung wurde jedoch eine Kohle zugeführt, die hinsichtlich ihrer Korngröße stark schwankender Zusammensetzung unterworfen war, entsprechend den Analysen II und IV, so daß der Kohlenanteil von 0,0—2,0 mm 71,3% erreichte, ohne daß dabei der Ofenbetrieb beeinflußt worden wäre.

Siebanalysen der Trockenkohle.

		I	II		III		IV	
über	10 mm							
4—	10 mm	11,4	14,0		18,8		8,8	
2—	4 mm	54,8	36,0		28,3		19,9	
1—	2 mm	26,6	27,7		18,9		18,9	
0,5—	1 mm	3,6 33,8	9,0 50,0		10,7 53,1		11,4 71,3	
unter	0,5 mm	3,6	13,3		23,5		41,0	

Bei der Verschwelung macht sich der Kohlenschwund dadurch bemerkbar, daß das Kohlenkorn von 6—10 mm als Kokskorn von 4—6 mm und Kohle von 4—6 mm als Koks von 2—4 mm wiedergefunden wird. Der Abrieb der Kohle ist bei schonendem Durchgang sehr niedrig, so daß kein zusätzlicher Koksstaub gebildet und nur der in der Kohle bereits vorhandene Staub ausgetragen wird. Der ausgebreitete heiße Koks zeichnet sich durch ein vollkommen gleichmäßiges Abbrennen aus, wobei zwischen groben und feinem Korn kein Unterschied erkennbar ist. Nester unausgeschwelten Kokses zwischen ausgegarten Koks wurden nicht beobachtet.

Bei der Schwelgaszusammensetzung ist für den Borsig-Geissen-Ofen der hohe Kohlensäuregehalt bemerkenswert. Da die je Tonne Trockenkohle anfallende Kohlensäuremenge konstant und vom Schwelverfahren unabhängig ist, muß die Gesamtschwelgasausbeute des neuen Borsig-Geissen-Schwelverfahrens gegenüber dem alten Schwelverfahren zurückstehen; bezogen auf die Schwelanalyse nach Fischer beträgt die Gasausbeute 80—81%, wie aus der folgenden Zahlentafel hervorgeht.

Gaszusammensetzung und Ausbeute.

	Kohle I		Kohle II	
	Borsig-Geissen	altes Schwelverfahren	Borsig-Geissen	altes Schwelverfahren
CO_2	48,0	33,4	44,5	22,0
H_2S	0,0	3,5	10,5	19,6
CnHm	6,1	4,5	3,8	1,5
O_2	0,8	0,9	0,5	2,0
CO	13,0	12,2	8,7	6,0
H_2	16,5	16,6	11,4	11,0
CH_4	11,9	17,6	6,5	18,0
C_2H_6	5,2	2,0	1,6	2,0
N_2	2,0	4,4	2,5	19,0
Schwelgasanfall m³/t Trockenkohle	100—120	185	80—100	135
Schwelgasausbeute % (bez. a. d. Schwelanalyse)	81		80	

Die geringere Gasbildung ist auf die schonende Schwelung zurückzuführen, wobei das Vermischen von heißen Kohlestückchen mit kalten vermieden ist; der gebildete Teer wird nach seiner Entstehung im Ofen nicht mehr kondensiert, so daß weitere Zersetzungsmöglichkeiten nicht bestehen und die Teerausbeute auf Kosten der Gasausbeute höher ist als bei bisherigen Verfahren. Der Gehalt des Schwelgases an ungesättigten Bestandteilen (CnHm) ist etwas höher, da die Gasproben noch vor der Benzinwäsche abgezogen wurden. Der Gehalt an Wasserstoff H_2

und Methan CH_4 ist auffallend niedrig und als chemische Kennzeichnung für eine geringe thermische Zersetzung des Teerbitumens in der Kohle zu werten.

Der gelegentlich beobachtete höhere Gehalt an Stickstoff und Sauerstoff muß auf Undichtigkeiten der Kondensationseinrichtungen zurückgeführt werden. Durch Einbau einer Coriolis-Teerschleuder trat eine starke Drosselung in der Schwelgasleitung zwischen dem Ofen und dem Schwelgasgebläse auf, weshalb am Gebläse eine Saugung von 100—200 mm WS angesetzt werden mußte. Es gelangte dadurch zusätzlich Luft in das Schwelgas, das Schwelgas im Ofen enthält dagegen weniger als 0,5% Sauerstoff, da der Ofen vollkommen dicht ist.

Teerausbeute.

Paraffinhaltiger Teil	7,7%
Paraffinfreier Teil	2,3%
Gasbenzin	4,0%

Schwelprodukte (Kohle II).

	Borsig-Geissen	altes Schwelverfahren
Spez. Gewicht des paraffinhaltigen Teils bei 44°	0,965	0,945
Spez. Gewicht des Leichtöles bei 20°	0,915	0,89
Staubgehalt des Teeres nach Absetzen in den Behältern bei 80°	0,1—0,4%	
Wassergehalt des Teeres	Sp. 0,2%	
Wassergehalt des Leichtöles	9,5%	
Schmelzpunkt des Teeres	44—46°	
Stockpunkt des Leichtöles	—25°	

Durch Einbau eines Heißteerwäschers mit einer Umlaufteertemperatur von 120—130°C konnte ein wasserfreier Teer erhalten werden; der im Teer noch enthaltene Staub nahm durch zweistündiges Absetzen in Behältern auf 0,1—0,4% ab. Durch Einbau des bereits obengenannten Coriolis-Teerabscheiders wurde eine scharfe Trennung zwischen dem paraffinhaltigen Teer und dem paraffinarmen Teeranteil (Leichtöl) mit einem Stockpunkt von —25° erzielt. Nach einer betrieblichen Änderung wird der Teerabscheider in Zukunft auch bei höheren als den bisher zulässigen Temperaturen betrieben werden können, so daß mit einem höheren Leichtölanfall von 40—50% der Gesamtteerausbeute und einem Stockpunkt von —10° gerechnet werden kann. Dieses paraffinfreie Leichtöl wird gegenüber dem paraffinhaltigen Teer bei der Weiterverarbeitung stark bevorzugt. Unabhängig von einer relativen Verschiebung des Anteiles an Leichtöl und paraffinhaltigem Teer beträgt die Gesamtteerausbeute einschließlich Gasbenzin und bezogen auf die Fischer-Schwelanalyse 102—104,5%.

Andere Braunkohlenschwelöfen mit Außenbeheizung, die entwickelt worden sind, haben sich nicht durchzusetzen vermocht und sind weiter hinten kurz gekennzeichnet.

Schrifttum: Braunkohlenschwelöfen mit Außenbeheizung.

K. Theiler, Tieftemperaturverkohlung geringwertiger Brennstoffe, insbesondere der Braunkohle, Braunkohle 18 (1919) S. 491. — H. Holzwarth, Teer- u. Gasgewinnung bei den verschiedenen Verwertungsverfahren von Braunkohle; Braunkohle 19 (1920) S. 180. — A. Thau, Die geschichtliche Entwicklung des Rolle-Ofens bis zur Neuzeit; Braunkohle 23 (1924) S. 17. — K. Loebinger, Schwelverfahren der Kohleveredlung G. m. b. H.; Braunkohle 24 (1925) S. 993 u. 1019. — A. Thau, Senkrechter Schwelofen von Geissen; Glückauf 62 (1926) S. 408. — M. Dolch, Schwelverfahren der Kohlenveredlung G. m. b. H.; Braunkohle 25 (1926) S. 606 u. 627. — A. Sander, Der Schwelofen der Kohlenveredlung G. m. b. H.; Gas- u. Wasserfach 69 (1926) S. 363. — A. Sander, Herstellung von Leuchtgas aus Braunkohle; Gas- u. Wasserfach 71 (1928) S. 1181. — P. Rosin u. H. Just, Die Schwelung völlig getrockneter Braunkohle; Braunkohle 28 (1929) S. 893 u. 915. — E. Mittelsteiner, Mehrstufige Tief- und Hochtemperaturentgasung von Braunkohlenbriketts; Dissert. Freiberg 1934. — A. Peterfit, Kupplung von Braunkohlenschwelung und Stromerzeugung; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 206. — R. Heinze, Das Borsig-Geissen-Schwelverfahren; Braunkohle 36 (1937) S. 387.

b) Die Spülgasschwelung der Braunkohle.

Die Schwelung der Braunkohle in Schachtöfen, die von Spülgasen als Wärmeträger durchströmt werden, war ursprünglich auf zwei Anlagen beschränkt geblieben, und zwar auf den Lurgi-Schwelofen[1]) der Grube Archibald auf dem Kaliwerk Westeregeln, wo man ausgesiebte

[1]) I, S. 105.

Knorpelbraunkohle durchsetzte, sowie auf die Seidenschnur-Anlage der Grube Harbke bei Helmstedt. Auf dieser letzteren Anlage[1]) wurde die Kohle zunächst vorgetrocknet und mit Hilfe einer Walzenpresse in Preßlinge überführt, die dann auf einem Band langsam getrocknet und anschließend im Schachtofen geschwelt wurden. Beide Anlagen sind heute nicht mehr im Betrieb.

1. Lurgi-Schwelverfahren.

Im letzten Jahrzehnt hat sich die Spülgasschwelung der Braunkohle in überraschendem Maße eingeführt, und das Lurgi-Verfahren ist allein durchgedrungen, nach dem inzwischen die größten Anlagen der Welt im mitteldeutschen Braunkohlengebiet entstanden sind. Da die mitteldeutsche schwelwürdige Braunkohle ganz überwiegend eine mulmige Beschaffenheit hat, wird, um sie im Spülgasofen verarbeiten zu können, eine Brikettfabrik mit Strangpressen vor die Schwelanlage geschaltet, die zwar den Betrieb zusätzlich belastet, was jedoch durch die großen Leistungen der Schachtschwelöfen wieder aufgehoben wird.

Bei der neueren Entwicklung des Lurgi-Verfahrens für die Schwelung von brikettierter Braunkohle wurden besondere bauliche Maßnahmen ergriffen, um die Schwelung mit einer weitgehenden Schonung zu verbinden, so daß durch Vermeidung eines Zerfalls ein sehr grobkörniger Schwelkoks erzeugt und der Schwelteer in möglichst unzersetzter Form gewonnen wird. Zur Erhaltung des Brennstoffs beim Durchgang durch den Schwelschacht trägt eine langsame Trocknung bei niedrigen Temperaturen wesentlich bei. Anschließend wird der auf 0% Wasser getrocknete Brennstoff langsam auf die zur Entbindung der Teererzeugnisse erforderliche Temperatur erhitzt. In einer der Schwelzone nachgeschalteten Kühlstufe wird der Rückstand langsam bis möglichst nahe an die Außentemperatur abgekühlt. Die Erwärmungs- und Abkühlungsvorgänge werden lediglich durch unmittelbare Bespülung mit inerten Gasen bewirkt, so daß Temperatursprünge in jedem Temperaturbereich vermieden werden.

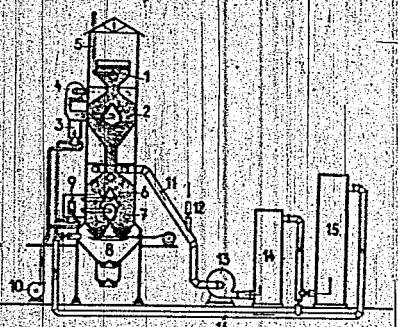


Abb. 11. Arbeitsschema des Lurgi-Schwelverfahrens.

1 Kohlebehälter, 2 Trockenrost, 3 Brenner, 4 Gasgas, 5 Wärmeleitung, 6 Schwelzone, 7 Kühlschacht, 8 Kühlleitung, 9 Brennst. 10 Löschstelle, 11 Schwelgasleitung, 12 Teervorlage, 13 Gasvorlage, 14 Kühler, 15 Leichtbenzin, 16 Kokspreßling.

Die Schwelung wird in einem senkrechten Schachtofen durchgeführt, den das Gut von oben nach unten durchwandert. Relativbewegungen des Schwelgutes sind auf das für einen stetigen Betrieb Geringstmaß beschränkt. Zur Schonung des Schwelgutes wird die Schüttung in den verschiedenen Zonen durch Roste, die in den Schacht eingebaut sind, von dem darauf lastenden Druck befreit. Der Austrag des Schwelkokses aus den Öfen erfolgt ohne wesentliche Beanspruchung. Durch die Anwendung des Gegenstroms zwischen Schwelgut und den die Wärme zuführenden Inertgasen werden die Destillationserzeugnisse bei niedrigen Temperaturen ausgetrieben und sofort durch die Spülgase nach Zonen niedrigerer Temperatur abgeführt. Durch diese Betriebsart kann auch eine Nachentgasung des Rückstandes durchgeführt werden, ohne dadurch die Ausbeute und die Beschaffenheit des Schwelteers zu beeinträchtigen. Durch die Anordnung eines besonderen Vortrockners ermöglicht das Lurgi-Verfahren die Verarbeitung von Brennstoffen mit einem in weiten Grenzen schwankenden Feuchtigkeitsgehalt, der etwa zwischen 0 und 50% liegen kann. Daneben besteht die bereits erwähnte weitgehende Regelmöglichkeit bei der Entgasung des Rückstandes.

[1]) I, S. 651.

Das Arbeitsschema des Lurgi-Schwelverfahrens in seiner einfachsten Form ist aus der Abb. 11 ersichtlich.

Der Brennstoff durchwandert in dem oben offenen und unten durch die Koksaustragvorrichtung abgeschlossenen Schacht drei Zonen, die Trocken-, Schwel- und Kokskühlzone. In diesen drei Zonen wird dem Brennstoff durch kreisende Spülgase für die Trocknung und Schwelung Wärme zugeführt, für die Kühlung Wärme entzogen. Die dem Schwelkoks entzogene Wärme wird durch die Verbindung der Gasströme für die Schwelung nutzbar gemacht.

Da der Brennstoff vor der Schwelung weitgehend getrocknet wird, so brauchen der Schwelzone selbst nur ganz geringe Wärmemengen zugeführt werden. Dazu werden den kreisenden Spülgasen Verbrennungsgase zugemischt, die in einer besonderen Brennkammer erzeugt werden. Die Menge der Verbrennungsgase ist so gering, daß das Gemisch mit den in der Schwelzone frei werdenden Schwelgasen stets gut brennbar bleibt; sein Heizwert schwankt zwischen 1300 und 2000 kcal/m³.

Die Trocknung der Brennstoffe erfolgt gleichfalls durch Spülgase, die von einem Gebläse umgewälzt und vor ihrem jedesmaligen Eintritt in den Brennstoff durch Beimischen von heißen Verbrennungsgasen auf etwa 200—250° C gebracht werden. Diese Spülgase bestehen demnach aus Verbrennungsgasen und Wasserdampf ohne wesentlichen Gehalt an freiem Sauerstoff.

Die Bauweise des Lurgi-Spülgasofens weicht von dem in Abb. 11 gezeigten Arbeitsschema in verschiedener Hinsicht ab. Zur Erzielung hoher Ofenleistungen sind große Ofenschächte erforderlich, für welche die in dem Arbeitsschema angegebene Verteilung des Schwelgutes und des Spülgases nicht ausreicht. Für die im praktischen Betrieb erprobten Schwelöfen mit einer Tagesleistung bis zu 300 t Brennstoff wurde eine Unterteilung des Schachtquerschnittes erforderlich, um eine gleichmäßige Durchführung des Schwelvorganges zu gewährleisten.

Die Ausführung eines solchen Großofens zeigt Abb. 12, dessen Einzelheiten aus den unter dem Bilde gegebenen Erklärungen ohne weiteres verständlich sind.

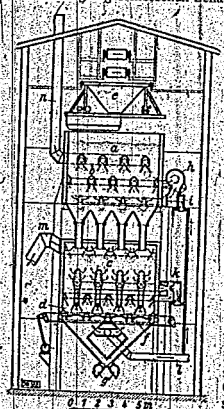


Abb. 12. Schnitt durch den Lurgi-Spülgasschwelofen.

a Kohlenbunker, *b* Trockenzone, *c* Schwelzone, *d* Schwelkokskühlzone, *e* Beschickmaschine für Kohle, *f* Austragvorrichtung für Schwelkoks, *g* Schwelkokskasten, *h* Umlaufgebläse der Trockenzone, *i* Heizgasdüsen der Trockenzone, *k* Heizgasdüsen der Schwelzone, *l* Zufuhr von gereinigtem Spülgas, *m* Abzug von Spülgas-Schwelgasgemisch, *n* Abzug des Abgases der Trockenzone.

Wesentlich für die Beherrschung des Wärmeaustauschs zwischen Schwelgut und Heizmittel bei einem solchen Großofen ist eine gleichmäßige Verteilung der Gase, die in erster Linie durch eine gleichmäßige Verteilung der Kornklassen des zu schwelenden Brennstoffs über den ganzen Schachtquerschnitt bedingt ist. Es findet daher eine besondere Beschickmaschine Anwendung, durch die eine Entmischung des Brennstoffs bei der Füllung des Ofens vermieden wird. Die Anwendung dieser Beschickmaschine, die ganz selbsttätig arbeitet, bringt eine erhebliche Bedienungsersparnis mit sich, so daß die Beschickung von 10—12 Großöfen mit einem täglichen Brennstoffdurchsatz von je 300 t von zwei Mann überwacht werden kann.

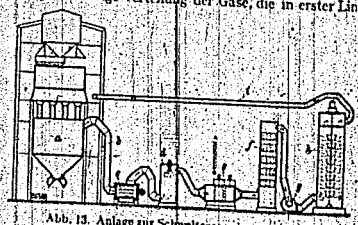


Abb. 13. Anlage zur Schwelteergewinnung bei der Spülgasschwelung.

a Schwelofen, *b* Heizgasleitung, *c* Staubabscheider, *d* Vorkühler, *e* Elektrofilter, *f* Röhrenkühler, *g* Gasgebläse, *h* Anlage zur Gewinnung des Gasbenzins, *i* Kalkgasleitung zur Rückführung des Spülgases.

Für die Gleichmäßigkeit des Kohlendurchganges durch den Ofen ist weiterhin wichtig die regelmäßige Austragung des Schwelkokses, die durch mechanisch angetriebene Verdränger bewirkt wird. Diese befördern den Schwelkoks in den Ofenrumpf, von wo er durch selbsttätig arbeitende Austragsschleusen in die unterhalb der Ofenanlage befindlichen Förderanlagen gelangt. Da der Schwelkoks ganz selbsttätig ausgetragen wird, so genügen dafür 2—3 Mann auf einer aus 30—32 Großöfen bestehenden Anlage.

Die Verdünnung der Schwelgase, die beim Schwelen mit Spülgasen oft so stark vermieden ist, konnte beim Lurgi-Ofen durch eine weitgehende Verringerung des Wärmebedarfs für diejenige Schwelung und durch die Wiedergewinnung der im Schwelkoksstand enthaltenen Wärme erheblich eingeschränkt werden. Die Abmessungen der Kondensationsanlagen können infolgedessen in mäßigen Grenzen gehalten werden, so daß nicht nur die Kondensation von Teer und Ölen, sondern auch die Gewinnung der dampfförmigen Benzine beim Betrieb von Lurgi-Öfen ohne Schwierigkeit möglich ist. Durch die gleichmäßige Brennstoffführung, durch die Entlastung der Schwelzone und die reichliche Bemessung der Gasaustrittsquerschnitte ist eine Staubentwicklung praktisch unterbunden, so daß keine Schwierigkeiten bereitet, auch bei Brennstoffen, die zur Staubbildung neigen, den Schwelteer mit weniger als 0,1% an Benzollöslichem zu gewinnen, wie aus den weiter hinten angeführten Untersuchungsergebnissen hervorgeht. Der Aufbau der Kondensationsanlage einer Lurgi-Schwelanlage zur Verarbeitung mitteldeutscher Braunkohlenbriketts ist aus Abb. 13 zu erkennen. Für die Teerabscheidung finden Elektrofilter, für die Benzinwaschung Füllwäscher Verwendung.

Abb. 34. Die größte Schwelanlage der Welt in Mitteldeutschland mit Lurgi-Spülgasschwelöfen zum Durchsatz von täglich 3000 t Braunkohlenbriketts.

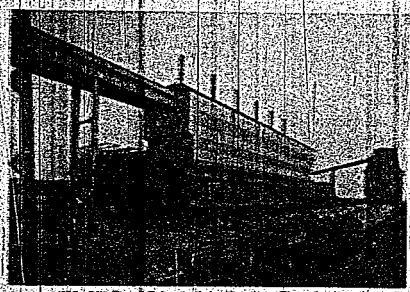


Abb. 35. Lurgi-Schwelanlage für einen Tagesdurchsatz von 1500 t Braunkohlenbriketts.

Im Lurgi-Spülgasofen können alle gekörnten, nichtbackenden Brennstoffe verarbeitet werden, jedoch ist bei einem größeren Anteil an Staub mit einer verringerten Durchsatzleistung zu rechnen. Bei den erdigen Braunkohlen Mitteldeutschlands hat sich daher eine vorherige Brikettierung als zweckmäßig erwiesen. Durch die Brikettierung wird dabei der Trockner des Ofens entlastet, und es lassen sich infolgedessen größere Durchsatzleistungen erzielen, die in den Großöfen 300 t Braunkohlenbriketts, entsprechend etwa 600 t Rohbraunkohle je 24 Stunden betragen.

Die Herstellung der, bei der Schwelung von mitteldeutscher Braunkohle eingesetzten Briketts erfolgt nach dem in Mitteldeutschland erprobten Verfahren der Trocknung der Rohkohle in Dampfröhrentrocknern und der Brikettierung mit Strangpressen. Neuerdings gelangt ein neues Brikettierungsverfahren mehr und mehr zur Anwendung, das unter dem Gesichtspunkt der Erzeugung eines hochwertigen, abriebfesten Kokses von hohem Schüttgewicht entwickelt

Die Herstellung der bei der Schwelung von mitteldeutscher Braunkohle eingesetzten Briketts erfolgt nach dem in Mitteldeutschland erprobten Verfahren der Trocknung der Rohkohle in Dampfröhrentrocknern und der Brikettierung mit Strangpressen. Neuerdings gelangt ein neues Brikettierungsverfahren mehr und mehr zur Anwendung, das unter dem Gesichtspunkt der Erzeugung eines hochwertigen, abriebfesten Kokses von hohem Schüttgewicht entwickelt wurde, worauf anschließend noch besonders eingegangen wird.

In den gegenwärtig in Betrieb befindlichen Lurgi-Schwelanlagen werden jährlich rd. 550 000 t Schwelteer erzeugt und nach Inbetriebnahme der im Bau befindlichen Anlagen wird diese Zahl im Jahre 1939 700 000 t übersteigen. Der Schwelteer wird durch Destillation, Hydrierung oder Druckspaltung auf Mineralöle, Paraffin und Kraftstoffe weiter verarbeitet.

In der Abb. 14 ist die größte Schwelanlage der Welt im Lichtbild wiedergegeben, die, von der Lurgi-Gesellschaft in Mitteldeutschland erbaut, einen Tagesdurchsatz von 5000 t Briketts hat, aus denen jährlich rd. 200 000 t Schwelteer erzeugt werden. Der gesamte Schwelteer, einschließlich des aus dem Gase gewonnenen, wird hydriert und auf Benzin verarbeitet. Der Schwelkoks wird vermahlen und in den Staubbrennern der Kessel eines anliegenden Kraftwerkes verfeuert. Ein Teil dient zur Wasserstoffherstellung für die Hydrierung des Teers auf dem Wege der Wassergaserzeugung.

Eine weitere Lurgi-Schwelanlage mit einem Tagesdurchsatz von 1500 t Briketts ist in der Abb. 15 im Lichtbild wiedergegeben, auf der jährlich etwa 60 000 t Schwelteer erzeugt werden, während der Koks für Hausbrand- und Vergasungszwecke abgegeben wird. Auf beiden Bildern erkennt man die reihenweise angeordneten Schwelöfen, deren Oberteil von einem gemeinsamen, auf Trägern ruhenden Haus umgeben ist. Im unteren Stockwerk dieses Hauses befinden sich die Bedienungsbühnen für die Einstellschieber, die Vorlagen, Druckmesser usw. Oben unter dem Dach sind die Förderbänder für die Bekohlung der Öfen verlegt. Die durch das Dach hindurchreichenden Blechschornsteine dienen zur Abführung der den Trockenzonen der Schwelöfen entweichenden Brüden, wodurch sich der Schwelwasseranfall beträchtlich verringert und auf das beim Schwelvorgang chemisch gebildete Wasser beschränkt bleibt.

Insgesamt sind nach dem Lurgi-Spülgasverfahren zur Verarbeitung von Braunkohle bisher folgende Anlagen errichtet bzw. in Bau genommen worden:

	Anzahl der Anlagen	Anzahl der Öfen insgesamt	verarbeitete Rohkohlenmenge t/24 h	Teererzeugung t/Jahr
Deutschland	9	62	32 000	650 000
Ausland	7	18	2 500	60 000

Auf den in Deutschland erbauten Anlagen wird mitteldeutsche Braunkohle in Brikettform durchgesetzt, im Ausland vorwiegend Glanzkohle, Lignit und Xylit.

2. Stückkoksherstellung aus Braunkohle.

Bei der Schwelung geologisch junger Brennstoffe tritt in den meisten Fällen ein weitgehender Zerfall des Kohlenkorns ein, so daß der Schwelkoks eine feinkörnige oder staubförmige Beschaffenheit hat. Diesen Zerfall hat man durch eine schonende Trocknung, beispielsweise nach dem Fleißner-Verfahren[1]) zu verhindern versucht. Ein anderer Weg, um zu einem grobkörnigen und teilweise auch stückigen Schwelkoks zu gelangen, ist die bereits weiter oben erwähnte, der Schwelung vorgeschaltete Brikettierung der Braunkohle, durch die zwar der Formwert des Schwelkokses wesentlich verbessert wird, doch kann dieses Erzeugnis nicht als druckfester Stückkoks gelten. Die einzige Möglichkeit, um stückigen Schwelkoks zu erzeugen, bestand darin, ihn unter Zusatz von Bindemitteln nachträglich zu brikettieren.

Lurgi-Krupp-Verfahren.

Für die Herstellung von stückigem Schwelkoks aus junger Kohle ist nun zunächst für deutsche Braunkohle durch Einführung des Lurgi-Krupp-Stückkoks-Verfahrens ein Abschluß erreicht worden. Bei diesem Verfahren wird die Braunkohle zunächst mit Hilfe eines Mahltrocknets weitgehend getrocknet und gleichzeitig zu Staub zerkleinert. Das Trockengut wird

[1]) R. Heinze, Trocknung und Schwelung von Braunkohlen in Rodlich, Entstehung, Veredlung und Verwertung der Kohle", S. 80 (Fußnote) und S. 102. Verlag Borntraeger, Berlin 1931.

gekühlt und auf einer Ringwalzenpresse besonderer Bauart mit einem Preßdruck von 2000 bis 3000 kg/cm² brikettiert. Die so erzeugten Briketts werden im Spülgasofen geschwelt und behalten dabei praktisch ihre Form bei; es tritt lediglich eine entsprechende Schrumpfung ein.

Die Arbeitsweise des Trocknungs- und Brikettierverfahrens ist aus dem Arbeitsschema, Abb. 16 ersichtlich.

Zur Trocknung der Braunkohle findet ein Mahltrockner Verwendung. Die in einem Naßdienst zerkleinerte Kohle wird in einem Strom von sauerstoffreien heißen Verbrennungsgasen eingeführt und hier einer Temperatur von 800—1000° C ausgesetzt. Es erfolgt eine außerordentlich schnelle Trocknung, verbunden mit einer explosionsartigen Verdampfung. Unter der Einwirkung des mit großer Geschwindigkeit entweichenden Wasserdampfes tritt eine weitgehende Zerkleinerung der Kohle ein. Beim Durchgang des aus Trocknungsgas und Trockenkohle bestehenden Gemisches durch einen Mahlventilator ist daher nur noch eine geringe Nachzerkleinerungsarbeit zu leisten. Die Mahltrocknungsanlage ermöglicht hiernach eine sehr vorteilhafte Kombination von Trocknung und Zerkleinerung. Die Arbeitsweise im einzelnen geht aus dem in Abb. 16 gezeigten Schema hervor. Die zu trocknende Braunkohle in einer Körnung von 0—6 mm wird aus dem Naßdienst nach dem Rohkohlenbunker *a* gefördert. Durch eine in weiten Grenzen einstellbare Zuteilvorrichtung *b* gelangt der zu trocknende Brennstoff in den eigentlichen Trockner *c*. Der Trockner besteht aus einem senkrechten Rohr, an dessen oberem Ende der Brennstoff mit den 800—1000° heißen Verbrennungsgasen zusammentrifft. Die Temperatur der Trocknungsgase kann genau geregelt werden, was in folgender Weise geschieht:

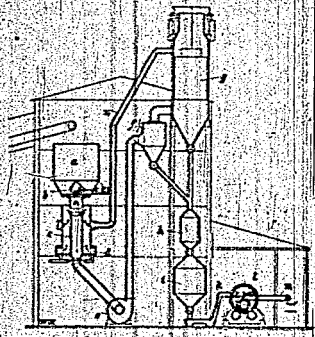


Abb. 16. Braunkohlentrocken- und -brikettieranlage zur Herstellung von Schalkkohle.

a Rohkohlenbunker, *b* Kohlenzuteilvorrichtung, *c* Kohlentrockner, *d* Gasleitung des Trockners, *e* Mahlventilator, *f* Gebläse zum Abscheider, *g* Elektrofilter zur Staubabscheidung, *h* Staubkohlenbunker, *i* Staubverteilungsbunker, *k* Staubförderung zum Ofen, *l* Ringwalzenpresse, *m* Briketttransportvorrichtung.

Um das eigentliche Trocknungsrohr herum befindet sich ein ringförmiger Verbrennungsraum, in welchem das für die Beheizung des Trockners dienende Gas verbrannt wird. Als Heizgas dient entweder Überschußgas der zugehörigen Schwelanlage oder zusätzlich erzeugtes Generatorgas. Da die Verbrennungstemperatur für die Trocknung der Kohle zu hoch ist, wird durch eine Rückgasleitung *n* eine bestimmte Menge von Kaltgas in den Verbrennungsofen eingeführt, so daß die gewünschte Temperatur von 800—1000° C eingehalten wird.

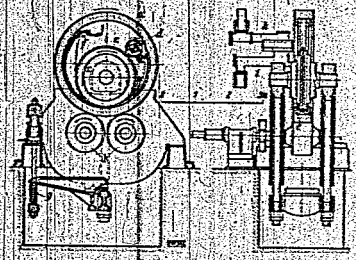


Abb. 17. Ringwalzenpresse Bauart Krupp.

a Tischformer Preßring, *b* Andrehwange, *c* Unterbrochene Preßschale, *d* Schlitzabstreifvorrichtung für Preßschale, *e* Preßformring, *f* Zuteilvorrichtung für Brikette, *g* Spannvorrichtung der Preßschale, *h* Lager der Preßschale, *i* Fördervorrichtung für Querschlitzbrikette.

Infolge der in dem Trocknungsrohr stattfindenden plötzlichen Wasserverdampfung wird der Brennstoff stark zerkleinert und die für den Trocknungsvorgang wichtige Oberfläche ver-

größert. Dadurch wird es vermieden, daß eine Überhitzung eines Teils des Brennstoffs eintreten kann, wie dies bei der Trocknung von grobstückigem Gut, bei welchem die Wärme von der Oberfläche zum feuchten Kern vordringen muß, möglich ist.

Die Trocknungszeit beträgt nur etwa eine Sekunde. Infolge der plötzlichen Trocknungswirkung und dem hohen zur Anwendung gelangenden Temperaturgefälle kann ein derartiger Trockner mit großem Durchsatz betrieben werden. Am unteren Austritt des Trocknungsrohres ist der Trocknungsvorgang im wesentlichen beendet. Ein Ausgleich der restlichen Kohlenfeuchtigkeit und eine mäßige Nachzerkleinerung findet in dem Mahlventilator *e* statt, den das Trocknungsgas mit einer Temperatur von etwa 200—250°C durchströmt. Der Mahlventilator fördert das Gemisch von Trocknungsgas und Trockengut in eine Entstaubungsanlage, bestehend aus dem Grobstaubabscheider *f* und dem Feinreiniger *g*. Als Feinreinigung wird eine Elektro-

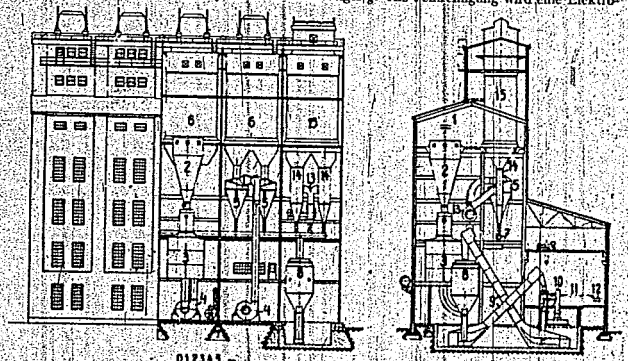


Abb. 18. Anlage zur Herstellung von Braunkohlenstückkoks nach dem Lurgi-Krupp-Verfahren für eine Erzeugung von etwa 100000 t Stückkoks jährlich.

1 Rohkohlenförderband, *2* Rohkohlenbunker, *3* Trocknungsrohr, *4* Mahlventilator, *5* Grobstaubabscheider, *6* Feinstaubabscheider, *7* Trockenkohlenförderung, *8* Trockenkohlenbunker, *9* Brikettierpreßanlagen für Trockenkohle, *10* Ringwalzenpresse, *11* und *12* Förderbänder für Briketts, *13* Preßrestestaubung, *14* und *15* Staubabscheider.

filteranlage verwendet. Aus dem Trocknungsgas wird hinter dem Elektrofilter die für den Betrieb des Heizofens erforderliche Menge von Rückgas entnommen. Das aus der Grob- und Feinreinigung stammende Trockengut wird in einem Staubkohlenkühler auf die für den Brikettiervorgang erforderliche Temperatur mit Hilfe von inerten Gasen, die im Kreislauf über den Kohlenkühler und einen Gaskühler geführt werden, herabgesetzt. Zwischen Kohlenkühler und Preßanlage befindet sich ein Bunker für das Brikettiergut, von welchem die für die Brikettierung erforderliche Kohlenmenge dauernd der Preßanlage zugeführt wird.

Die bei dem Stückkoks-Verfahren zur Anwendung gelangende Kruppsche Ringwalzenpresse ist in der Abb. 17 dargestellt. Sie besteht aus einem großen äußeren Ring *a* und einer Preßscheibe *c*. Die Innenseite des Preßringes enthält zwei Preßformen *e*, welche durch Ineinandergreifen von Preßscheibe und Preßringe gebildet werden. Der Antrieb der Presse erfolgt durch die Antriebwalzen *b*, die über ein Zwischengetriebe von einem Elektromotor beeinflußt werden. Die Anpressung der Preßscheibe gegen den Preßring kann vermittels einer Spannvorrichtung *g* auf das gewünschte Maß eingestellt werden. Der Brikettiervorgang ist folgender:

Das aus der Mahltrocknungsanlage kommende Brikettiergut wird vermittels einer Schleudervorrichtung in den Zufuhrkanal der Presse eingeführt und von dem sich mit geringer Geschwindigkeit drehenden Preßring mitgenommen. Unter der Einwirkung der Preßscheibe wird

das im Überschuß zugeführte Bindemittel an einem Strang gepreßter Kohle Kokerien, der feinzellige Einkerbungen enthält, die durch die besondere Formgebung des Preßrohres gebildet werden. Vermittels einer Zerteilungsvorrichtung für den zunächst zusammenhängenden Strang von Briketthöhe wird der Strang in Einzelbriketts aufgeteilt. Es gelingt auf diese Weise ein Brikett von außerordentlicher Dichte und Festigkeit mit einem Volumengewicht von etwa 1,3 kg/dm³ zu erzeugen.

In Abb. 18 ist eine Trocknungs- und Brikettieranlage mit vier Einheiten, aus je einem Wälztrockner und einer Ringwalzenpresse samt dem zugehörigen Stromdienst bestehend, dargestellt. Aus der Abb. 18 ist die Anordnung der einzelnen Apparate, insbesondere des Kohlenbehälters, des eigentlichen Trockners, des Mahlwerkes und der Schrot- und Feinmahlung ersichtlich. Ferner ist ein Teil des Staubabsaugesystems schematisch so weit, daß die Bunker für das Brikettieren und die Zuführung des Brikettiergutes an den Ringwalzenpressen, die Ringwalzenpressen selbst sowie ein Teil der Kühlung angedeutet sind.

Abb. 18. Trocknungs-, Ringwalzenpressen- und Spülgaswechselanlage zur Braunkohlenbrikettherstellung aus 10000 Briketts täglich, von der Lurgi-Gesellschaft für Wärmetechnik erbaut.

Die von den Ringwalzenpressen kommenden Briketts werden einem Lurgi-Spülgasofen zugeführt. In diesem Ofen finden bei möglichst niedriger Temperatur (180—280° C) eine schonende Trocknung der Briketts statt, die dem Schwelofen mit einer Restfeuchtigkeit von etwa 6—8% zugeführt werden. Während sonst vermittels anderer Trocknungs- und Brikettierverfahren hergestellte Briketts, wie z. B. die aus deutscher Braunkohle in umfangreichem Maße hergestellte Strangpreßbriketts selbst bei schonender Trocknung Risse bilden und mehr oder weniger zerfallen, behält das nach dem Lurgi-Krupp-Verfahren hergestellte Ringwalzenbrikett seine äußere Form bei und gelangt in praktisch unveränderter Form in die Schwelkammer des Lurgi-Ofens. Hier findet die Schwelung nach Entgasung statt, wenn das dichteste Gefüge der Ringwalzenbriketts trotz einer Verminderung der Festigkeit im Vergleich zur Schwelung von Strangpreßbriketts nicht ein.

Abb. 19. Ringwalzenpresse System Krupp mit einer stündlichen Leistung von 2500 Briketts.

In der Schwelkammer schrumpft das getrocknete Brikett zusammen. Ein Zerfall der Briketts tritt auch hier nicht oder nur in sehr geringem Maße ein. Die Entgasung wird so weit getrieben, wie es für die Verwendung des Kokses erforderlich ist. Anschließend an die Schwelung wird der Koks auf eine Endtemperatur von 200—250° C mit Hilfe des aus der Trockenanlage kommenden, im Ofen zurückgeführten kalten Spülgases abgekühlt. Der Koks wird nach Trennung

aus dem Ofen abgelöscht, wobei er etwa 6—8% Wasser aufnimmt. In diesem Zustand kann er unmittelbar dem Verbrauch zugeführt oder im Freien gelagert werden.

Das Lurgi-Krupp-Stückkoksverfahren hat zunächst Anwendung für die Schwelung von mitteldeutscher Braunkohle gefunden. Die Anwendung auf andere Braunkohlen sowie auf Lignite und Glanzkohlen ist nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen möglich. Vergleich hier auch eine sehr sorgfältige Prüfung von Fall zu Fall notwendig erscheint. Für die Herstellung von Stückkoks aus deutscher Braunkohle befinden sich zur Zeit zehn Einheiten, bestehend aus je einer Mahltrocknung, einer Ringwalzenpresse und einem Lurgi-Spülgasofen im Betrieb, von denen jede für eine Leistung von etwa 500 t Rohbraunkohle je Tag gebaut ist. Eine Ansicht einer Anlage zur Erzeugung von Stückkoks aus deutscher Braunkohle zeigt Abb. 19. In Ausführung befinden sich weitere 15 Einheiten, so daß in nicht allzuferner Zeit mit einer Verarbeitung von etwa 4—5 Mill. t jährlich gerechnet werden kann, entsprechend einer Jahreserzeugung an Braunkohlenstückkoks von 1,3—1,6 Mill. t. Damit wird das Lurgi-Krupp-Stückkoksverfahren zu einem der Hauptträger für die weitere Entwicklung der Schwelung von jüngeren Kohlen, insbesondere von Braunkohle.

Abb. 20 stellt eine der ersten Ringwalzenpressen (Bauart Krupp) dar, mit einer Tagesleistung von 250 t Briketts.

3. Betriebsergebnisse des Lurgi-Spülgas-Schwelverfahrens.

Bei der Schwelung von mitteldeutschen Strangpreßbriketts im Lurgi-Spülgas-Schwelofen wurden auf Grund eines siebentägigen Leistungsversuches die folgenden Ergebnisse ermittelt:

Zusammensetzung der Briketts.

Schwelanalyse:		Kurzanalyse:	
Teer	14,50%	Feuchtigkeit	10,07%
Koks	47,12%	Asche	7,98%
Feuchtigkeit	10,07%	flüchtige Bestandteile	47,12%
Zersetzungswasser	0,01%	fixer Kohlenstoff	34,83%
Gas + Verlust	18,24%	insgesamt	100,00%
insgesamt	100,00%	Oberer Heizwert	5487 kcal/kg

Der anfallende Koks hatte folgende Zusammensetzung:

Schwelanalyse:		Kurzanalyse:	
Teer	0,00%	Feuchtigkeit	0,00%
Koks	97,76%	Asche	17,93%
Feuchtigkeit	0,00%	flüchtige Bestandteile	12,56%
Zersetzungswasser	1,08%	fixer Kohlenstoff	69,51%
Gas + Verlust	1,16%	insgesamt	100,00%
insgesamt	100,00%	Oberer Heizwert	6904 kcal/kg

Die Analyse des Schwelgases entsprach den folgenden Werten:

H_2S	1,72%
CO_2	17,20%
C_nH_n	0,79%
O_2	0,50%
CO	11,00%
CH_4	11,50%
H_2	10,99%
N_2	45,58%
	100,00%

Ergebnisse des Betriebsversuches.

Durchsatz eines Ofens an Briketts	327,7 t/Tag
Ausbeute an Koks	145,8 „
„ „ Teer (staub- und wasserfrei)	37,01 „
„ „ Leichtöl	7,45 „
„ „ Teer + Leichtöl	45,56 „

Ausbeute in Prozent der Fischeranalyse		95,48%
Heizwert des Überschußgases H$_u$		1700 kcal/m³
Überschußgasmenge		195 m³/t
Kraftbedarf, einschl. Kondensation und Leichtöldestillation, jedoch ohne Förderanlage		140 kW

Stoffbilanz je Kilogramm Briketts.

Eingebracht:		
Briketts	1000 kg	70,18%
Luft für Schweler und Trockner	0,425 „	29,82%
Ausgebracht:		
Koks	0,445 kg	31,23%
Überschußgas	0,253 „	17,74%
Teer	0,116 „	8,11%
Leichtöl	0,023 „	1,64%
Schwelwasser	0,081 „	5,71%
Abschwaden	0,487 „	34,18%
Verluste	0,020 „	1,39%

Wärmebilanz des Schwelofens je Kilogramm Briketts.

Eingebracht:		
Briketts	5487,00 kcal	99,92%
Brennerluft	4,52 „	0,08%
Insgesamt	5491,52 kcal	100,00%
Ausgebracht:		
Koks	3126,39 kcal	56,96%
Überschußgas	375,96 „	6,84%
Teer	1159,38 „	21,10%
Leichtöl	241,11 „	4,39%
Schwelwasser	1,62 „	0,03%
Rückstände	67,68 „	1,23%
Gasverlust	6,93 „	0,13%
im Kühlwasser abgef.	125,50 „	2,28%
Abschwaden	102,93 „	1,88%
Verluste	283,82 „	5,16%
	5491,52 kcal	100,00%

Schrifttum: Braunkohlen-Spülgasschwelöfen.

F. Seidenschnur, Beitrag zur Frage der wirtschaftlichen Verwertung bituminöser Braunkohle; Braunkohle 20 (1921) S. 165 u. 165. — Ders., Der Einfluß des Trocknens der Rohbraunkohle auf das Ausbringen an Urteer bei ihrer späteren Entgasung; Brennstoff-Chem. 2 (1921) S. 241. — C. Arnemann, Verschwelung und Vergasung von Braunkohle; Braunkohle 21 (1922) S. 124. — F. Seidenschnur, Wärmebedarf und Wärmefluß bei der Spülgasschwelung; Braunkohlenarch. 1931, Nr. 33, S. 1. Verl. W. Knapp, Halle. — O. Hubmann, Trocknung und Schwelung durch Innenbeheizung; Braunkohle 23 (1924) S. 527 u. 542. — Ders., Über die Verschwelung mit Spülgasen; Brennstoff-Chem. 5 (1924) S. 333 u. 351. — K. Raithel, Grundlagen der Braunkohlenentteerung mit Spülgasen; Dissert. Freiberg, Verl. W. Knapp, Halle 1926. — Ders., Grundlagen der Braunkohlenentteerung mit Spülgasen; Braunkohlenarch. 1927, Nr. 15/16, S. 1. — Oetken u. Hubmann, Das Lurgi-Schwelverfahren in seiner Anwendung auf Braunkohle; Braunkohle 27 (1928) S. 1097. — F. Oetken, Spülgasschwelung; Z. VDI 73 (1929) S. 229. — F. Seidenschnur, Welche Vorsichtsmaßregeln müssen bei der Tieftemperaturschwelung wasserreicher Kohlen beobachtet werden? Braunkohlenarch. 1929, Nr. 23, S. 1. — O. Hubmann, Die Herstellung hochwertiger Brennstoffe aus Braunkohlen in Lurgi-Anlagen; Brennstoff-Chem. 11 (1930) S. 219. — F. Seidenschnur, Wärmebedarf und Wärmefluß bei der Spülgasschwelung; Braunkohlenarch. 1931, Nr. 33, S. 1. — Ders., Gleichzeitige Gewinnung von Benzin und Stadtgas aus Braunkohlenteer; Braunkohlenarch. 1932, Nr. 38, S. 29. — Jäppelt u. Steinmann, Schwelung und Vergasung von Heckel-Briketts aus Braunkohlen-Feinkorn; Braunkohle 37 (1938) S. 215.

III. Steinkohlenschwelung.

Hinsichtlich der Schwelung der Steinkohle ist das letzte Jahrzehnt insofern bemerkenswert, als die Mehrzahl der früher entwickelten Verfahren ganz aufgegeben wurde, weil sie sich in wirtschaftlicher Beziehung nicht durchzusetzen vermochten. Das gilt sowohl für die in Deutschland eingeführten Bauarten, insbesondere die Drehöfen, wie auch für die in anderen Ländern eingeführten Verfahren. Eine Ausnahme macht nur das erste überhaupt angegebene Coalite-Verfahren von Thomas Parker, das in England als einziges in mehreren Großanlagen vertreten ist, sich aber in andern Ländern nicht einzuführen vermochte, wahrscheinlich, weil dort die in England dafür gegebenen wirtschaftlichen Voraussetzungen fehlen. Die in neuerer Zeit stärker in den Vordergrund getretene Schwelung von Pasten, die aus einer Mischung von Feinkohle und Öl bestehen, ist in einem besonderen Abschnitt berücksichtigt. Auch in Deutschland hat man erkannt, daß die Schwelung der Steinkohle in der Ruhe erfolgen muß, was in den meisten Fällen einen Verzicht auf die stetige Betriebsweise mit sich brachte, gleichzeitig aber unter Fortfall verwickelter mechanischer Einrichtungen die Ausgestaltung der Öfen wesentlich vereinfachte. In neuester Zeit ist in Deutschland noch die Spülgasschwelung der Steinkohle zu hoher Vollkommenheit entwickelt worden und hat aus zwei Gründen an Bedeutung gewonnen, und zwar 1. wegen der Knappheit an backender Feinkohle und 2. weil der aus Nußkohle erzeugte Schwelkoks wegen seiner gleichmäßigen Stückgröße leicht abzusetzen ist und er sich zu einer Verwendung im Fahrzeuggaserzeuger besonders eignet. Die inzwischen entwickelten Verfahren der Steinkohlenschwelung sind im folgenden unter Kennzeichnung ihrer besonderen Merkmale kurz beschrieben.

a) Steinkohlenschwelöfen mit Außenbeheizung.

Weitaus die Mehrzahl der Steinkohlenschwelöfen und insbesondere auch der neu entwickelten Bauarten gehört zu dieser Gruppe. Der Hauptzweck der Steinkohlenschwelung ist ja die Brennstoffveredlung, worunter hier die Überführung feinkörniger, dann schlecht backender Kohle in einen stückfesten Schwelkoks zu verstehen ist. Das läßt sich nur in Kammern durchführen, deren Eisenwände von außen beheizt werden und in denen die Kohle in ruhender Beschickung geschwelt wird.

1. Coalite-Verfahren.

Als das erste Steinkohlenschwelverfahren überhaupt hat sich das Coalite-Verfahren durchzusetzen vermocht, nachdem man auf dem Wege über eine Reihe anderer Bauarten[1]) zu der von Thomas Parker ursprünglich angegebenen Ofenbauart grundsätzlich zurückgekehrt ist. Das Coalite-Verfahren ist das für die Steinkohlenschwelung am meisten verbreitete. Es ist jedoch auf das englische Inselreich beschränkt geblieben, wo mehrere Großanlagen in Betrieb sind. Durch den verhältnismäßig hohen Preis, zu dem der Schwelkoks (Coalite) im Kleinhandel als ein begehrter Brennstoff für die Kaminfeuerungen abgesetzt werden kann, ist die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen gesichert trotz des durch die Unterteilung auf viele kleine Einheiten bedingten hohen Aufwandes an Lohnkosten. Das Verfahren in seiner heutigen Ausgestaltung wird an Hand der mehrere Schnitte durch den Ofen darstellenden Abb. 21 nach den Angaben von Bristow[2]) im folgenden kurz beschrieben.

In der Abb. 21 ist der Coalite-Schwelofen in zwei zueinander gelegten Schnitten wiedergegeben, in der Mitte wird ein Querschnitt durch die eigentliche Retorte gezeigt. Diese besteht aus einem zwei Reihen von je sechs Rohren bildenden Gußstück, bei dem die Rohre oben und

[1]) 1. S. 262.
[2]) Brennstoff-Chem. 16 (1935) S. 281.

unten in ein gemeinsames Mundstück auslaufen. Die Anordnung der sich nach unten allmählich erweiternden Rohre zueinander ist, wie der Querschnitt der Abb. 21 erkennen läßt, so getroffen, daß die Rohre einer Reihe in die Luken der daneben stehenden greifen, wodurch der Wärmeübergang begünstigt und der ganze Retortenbau zusammengedrängt wird. Unten im Retortenmundstück ist unmittelbar unter den Enden der Rohre eine die ganze Retorte abdeckende Tür angebracht, die, wie bei den Vertikalkammeröfen der Gaswerke, mit einer seitlich waagerecht

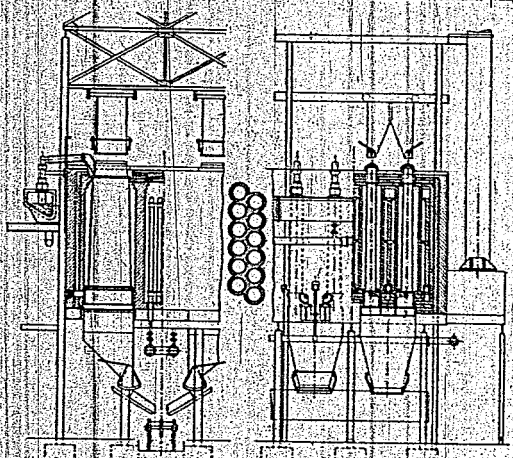


Abb. 21. Quer- und Längsschnitt durch den Coalite-Schwelofen.

verlagerten Welle starr verbunden, durch deren Drehung geöffnet und geschlossen werden kann. Die Retorten sind immer paarweise angeordnet und jedes Paar mündet unten in eine gemeinschaftliche Kokskühlkammer, deren Bodenende verjüngt und mit einer in Wasserverschluß abdichtenden Austragschleuse versehen ist. Der hier abgezogene kalte Schwelkoks, das Coalite, fällt auf ein Förderband zur Überführung in die Siebanlage. Die Füllung der Retortenpaare erfolgt gemeinschaftlich mittels eines als Hängebahn ausgebildeten Füllwagens, der aus zwei der Länge nach getrennten Abteilen besteht, deren Kohleninhalt genau einer Retortenfüllung entspricht. Die oberen Verschlüsse der Retorten dichten in einer Wassertauchung ab. Die Schwelgase werden durch je ein zu einer gemeinschaftlichen Tauchvorlage führendes, mit Kühlwassermantel umgebenes Liegerohr abgeführt, in das ein Absperrventil eingebaut ist.

Auf die Beheizung der Retorten wurde besonderer Wert gelegt, in ihrer Ausbildung ist eine Summe langjähriger Erfahrungen und wertvoller Beobachtungen nutzbar gemacht worden. An den beiden Längsseiten jeder Retorte ist je eine Verbrennungskammer eingebaut, die jedoch durch eine geschlossene Wand gegen die Retorten abgeschirmt ist, so daß die Wärmeübertragung auf die Eisenflächen der Retorten mittelbar, lediglich durch Strahlung erfolgt und Gasflammen oder Verbrennungsgase mit dem Metall der Retorten überhaupt nicht in Berührung kommen. Dieser Anordnung sowie der besonderen Sorgfalt, die man der Herstellung und der Legierung beim Guß der Retorten zuwendet, werden die günstigen Ergebnisse hinsichtlich der Haltbarkeit

und Lebensdauer der Retorten zugeschrieben, von denen einige Gruppen seit über drei Jahren in ununterbrochenem Betrieb sind, ohne die geringsten Anzeichen eines Verschleißes oder einer Beschädigung.

Die Herstellung der Retorten, deren Haltbarkeit eine Lebensfrage für die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen ist, erforderte ganz besondere Maßnahmen; es war nicht leicht, die zum Guß geeignetste Legierung zu finden, mit der man schließlich Erfolg hatte. Auch die Herstellung der Gußform für die Retorte zwang zu besonderer Aufmerksamkeit und sie muß auf eine gleichmäßige festgesetzte Temperatur innerhalb einer bestimmten Zeit gebracht werden. Besondere Stellen der Form, in die Flanschen fallen, müssen so weit nachgiebig sein, daß bei der Abkühlung in dem fertigen Gußstück keinerlei Spannungen auftreten. Der Winkel, in welchem die Form während des Gusses stehen muß, konnte auch nur durch zahlreiche Versuche festgestellt werden, während eine bestimmte Temperatur der Eisenlegierung genau eingehalten werden muß. Nach dem Guß muß die Retorte noch mehrere Tage in der Form verbleiben, und die Abkühlungsgeschwindigkeit wird nach Erfahrungen genau beeinflußt. Die Herstellung der Retorten nach diesen hier nur kurz angedeuteten vielseitigen Gesichtspunkten und Beobachtungen wird nicht der ausführenden Gießerei überlassen, sondern der ganze Hergang wird von erfahrenen Ingenieuren der Coalite-Gesellschaft überwacht, so daß man vor unangenehmen Überraschungen hinsichtlich der Haltbarkeit der Retorten vollkommen sicher ist.

Der Entwurf der lediglich durch Strahlung wirkenden Verbrennungskammern erforderte besondere Maßnahmen, um einen einigermaßen günstigen feuerungstechnischen Wirkungsgrad zu erreichen. Die Wände, von denen aus die Abstrahlung der Wärme erfolgt, müssen in baulicher Hinsicht stark genug sein und dazu die auftretenden Temperaturschwankungen aufnehmen können. Andererseits dürfen sie nicht zu dick sein, da bei größerer Aufspeicherung von Wärmemengen die Temperatur nicht schnell genug beeinflußt werden kann. Diese Aufgabe wurde gelöst dadurch, daß man die Strahlungswände als Zellengefüge ausbildete, wodurch 70% der Wandfläche nicht mehr als 12,5 mm dick sind. An der Verbrennungsseite der Abstrahlungswände werden Gas und Luft in bekannter Weise durch Brenner zugeführt und durch eine stufenweise Verbrennung wird erreicht, daß die Wände von unten bis oben ganz gleichmäßig beheizt werden. Die Verbrennungsluft wird in Gleichzugwärmeaustauschern, die in der Längsrichtung der Retorten, durch eine Mauer von diesen getrennt, eingebaut sind, vorgewärmt. In diese von den Verbrennungsgasen durchströmten Kammern, von denen der Schnitt links in der Abb. 21 einen Teil erkennen läßt, sind senkrecht stehende Eisenrohre eingebaut, die durch Doppelkrümmer an den Enden zu einer Schlange vereinigt sind und durch die die Verbrennungsluft mittels eines Gebläses eingeführt wird, so daß sie vorgewärmt zu den einzelnen Brennstellen gelangt. Diese der Luftvorwärmung dienenden Rohre sind von außen leicht zugänglich, so daß sie ohne betriebliche Schwierigkeiten ausgewechselt werden können. Diese Einrichtung trägt dazu bei, die Wärmewirtschaftlichkeit des Verfahrens günstig zu beeinflussen.

Betriebsweise.

Jedes Retortenpaar wird durch den Hängebahnwagen gleichzeitig gefüllt und danach werden die oberen Deckel geschlossen und das Ventil im Liegerohr geöffnet. Die Wassertassen der oberen Retortenverschlüsse werden mit dem aus den Wasserrinnen der Liegerohre austretenden Kühlwasser selbsttätig gespeist, so daß die Tauchung unter allen Umständen aufrechterhalten wird und durch Verdampfung des Wassers nicht aufgehoben werden kann, was deshalb besonders wichtig ist, weil in den Retorten mit Unterdruck gearbeitet wird. Die Garungszeit beträgt vier Stunden, so daß jede Retorte täglich sechsmal entladen und beschickt wird. Zuerst wird die Kühlkammer auf das darunter verlegte Förderband entleert, dann werden die Bodentüren der beiden Retorten aufgeklappt, wodurch der Schwelkoks aus beiden Retorten in die gemeinschaftliche Kühlkammer gleitet. Die Bodentüren werden wieder geschlossen und die Retorte beschickt. Der Schwelkoks der vorhergehenden Beschickung bleibt während der ganzen Garungsdauer in der Kühlkammer, und die nach oben an das Metall der Retorte abgeleitete Wärme übt eine günstige Wirkung auf die Schwelung der Beschickung aus.

Die Kühlung der Schwelgase unmittelbar nach Austritt aus den Kammern in den Liegerohren durch den Einfluß des sie umgebenden Wassermantels bewirkt den Ausfall geringer Mengen von Leichtöl, das als Lösungsmittel für höher siedende Teerbestandteile dient, deren Ansätze dadurch vermieden werden. Etwa 80% der kondensierbaren Bestandteile des Schwelgases werden in der Vorlage niedergeschlagen. Jede Ofengruppe besteht gewöhnlich aus 36 Re-

torten in zwei Reihen von je 18 Öfen angeordnet, und jede Ofenreihe ist an eine gemeinschaftliche Vorlage angeschlossen. Das Gas durchströmt dann einen Luftkühler und gelangt in einen elektrostatischen Teerscheider, dessen verbleite Elektroden unter einer Spannung von 90 000 Volt Gleichstrom stehen. Das darin von Teer- und Ölbestandteilen befreite Gas wird durch einen mit

Abb. 32. Gesamtansicht der Ofenanlage auf dem Coalite-Schwelwerk Askern.

verdünnter Schwefelsäure berieselten Waschen geleitet, um das Ammoniak zu binden, und anschließend durch einen Wasserröhrenkühler. Der bisher erwähnte Teil der Anlage steht unter Saugzug, und das Gas wird von dem Sauger durch Ölwascher gedrückt, um das Leichtöl zu

Abb. 33. Decke einer Coalite-Schwelofengruppe mit Hängebahnfüllwagen.

absorbieren. Aus diesen tritt das Gas in einen Ausgleichgasbehälter, von dem es den Brennern der Öfen und sonstigen Verbrauchsstellen zugeführt wird.

Zur Verarbeitung wird in den englischen Coalite-Anlagen nur gewaschene Feinkohle verwendet, die mit einem Wassergehalt von etwa 13% in Eisenbahnwagen angeliefert wird. Die

Wagen werden in einem Kreiselwipper entleert, und die Kohle gelangt dann in einen Trockner, in welchem sie unter Ausnutzung der in den Verbrennungsgasen der Schwelöfen enthaltenen fühlbaren Wärme von 13 auf etwa 5% Wasser vorgetrocknet wird. Die vorgetrocknete Kohle wird dann den am Ende jeder Ofengruppe vorgebauten, auf einen Tagesbedarf zugeschnittenen Vorratstürmen zugeführt und aus diesen nach Bedarf in die Hängebahnfüllwagen abgezogen.

Eine Gesamtansicht der aus acht Ofengruppen bestehenden Coalite-Schwelanlage zu Askern zeigt die Abb. 22, während aus der in Abb. 23 wiedergegebenen Aufnahme ersichtlich ist, wie die Öfen von oben mittels eines Hängebahntrichterwagens mit Feinkohle beschickt werden, in fast gleicher Weise wie bei senkrecht stehenden Gaswerksöfen.

Ausbeuten und Erzeugnisse.

Die chemische Beschaffenheit des Schwelkokses, wie er normalerweise aus der Kohle der im Doncaster-Becken liegenden Askern-Zeche hergestellt wird, entspricht, der Ausgangskohle gegenübergestellt, den folgenden Werten:

	Gewaschene Feinkohle	Coalite
Fester Kohlenstoff	55,11%	80,28%
Flüchtige Bestandteile	32,20%	0,01%
Asche	3,82%	5,03%
Schwefel	1,02%	0,96%
Wasser	7,86%	1,72%
	100,00%	100,00%
Heizwert kcal/kg		8057

Ausbeuten des Verfahrens auf 1 t Kohle bezogen.

Schwelkoks	711,2 kg	71,12%
Schwelteer	81,7 l	8,47%
Kohleleichtöl	13,0 l	1,03% (gereinigt)
Schwelgas	112 m³ mit	6075 kcal/m³
Ammoniumsulfat	1,8 kg	
Schwelwasser	90,8 l	

Beschaffenheit des Schwelteers.

Wasser	2,4%
Saure Anteile im Destillat bis zu 315°	28,0%
Saure Anteile im gesamten Destillat bis zu 360°	45,2%
Saure Anteile im Schwelteer	28,4%
In Benzol unlösliche Anteile	0,481%
Asche	0,032%
Fester Kohlenstoffrückstand	5,76%
Heizwert	9432 kcal/kg
Schwefel	0,51%

Destillationsbestimmung des Schwelteers.

bis °C	100	170	180	190	200	210	220	230	240
gehen über in Vol.-%	4,8	6,0	6,0	7,2	9,6	14,8	18,2	23,6	28,0
bis °C	250	260	270	280	290	300	310	320	
gehen über in Vol.-%	32,4	36,0	39,2	42,4	44,8	47,2	50,4	63,2	
bis °C	330	340	350	360	Rückstand				
gehen über in Vol.-%	60,0	58,4	60,8	65,3	34,8				

Ausbeuten bei der Destillation des Schwelteers.

Wasser	2,4%
Leichtöl bis 175° siedend	3,3%
Mittelöl bis 250° siedend	30,3%
Schweröl bis 300° siedend	20,2%
Pech	34,8%

Beschaffenheit des gereinigten Kohlenbenzins.

Spezifisches Gewicht	0,7625
Siedebeginn	44° C
Octanzahl	86—92

bis °C	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	153,3
gehen über in Vol.-%	2	8	21	36	51	65	77	87	93	96,5	97

Rückstand 1% Verlust 2%.

Die erste neuzeitliche, gemäß der obigen Beschreibung erbaute Coalite-Anlage ging im Juli 1929 in Betrieb, die zweite 1929, eine dritte 1933 und eine vierte 1935, eine fünfte ist gegenwärtig in Bau. Mit Ende des Jahres 1938 wird der Durchsatz aller Coalite-Anlagen täglich 2000 t Kohle betragen.

2. Entwicklung in Deutschland.

Nachdem man in Deutschland für die Steinkohlenschwelung zunächst ausschließlich den Drehofen[1]) in verschiedenen Ausführungsformen gewählt und diese Bauart wieder verlassen hatte, entstanden noch die Schwelöfen von Dobbelstein[2]) und das Verfahren von Plassmann[3]), die sich jedoch nicht durchzusetzen vermochten. Als dann mehrere Jahre später ein neuer Entwicklungsabschnitt einsetzte, führte man den senkrechten Kammerofen in verschiedenen Formen ein, um unter Verzicht auf die stetige Betriebsweise die Kohlenbeschickung in der Ruhe zu schwelen, um so für die Bildung stückigen Schwelkokses die günstigsten Bedingungen zu schaffen. Die Verfahren sind im folgenden in der Reihenfolge ihrer zeitlichen Entwicklung angeführt.

3. Verfahren der Brennstoff-Technik.

Die das B-T-Verfahren kennzeichnenden Grundlagen wurden von Pueningⁱ) in Amerika entwickelt und die weitere Ausgestaltung zur Betriebsreife übernahm die Brennstoff-Technik G.m.b.H. in Essen, die inzwischen mehrere Öfen in Bau und Betrieb hat. Der aus stehenden eisernen Kammern zusammengebaute Schwelofen ist in der Abb. 24 im senkrechten Querschnitt und in Abb. 25 senkrecht durch eine Heizwand geschnitten wiedergegeben. Das Verfahren wurde im Schrifttum[4]) bereits eingehend gewürdigt. Die dem B-T-Verfahren eigenen Hauptmerkmale sind durch parallele Kammern und durch bewegliche Kammerwände gekennzeichnet, die das Entleeren der Kammern wesentlich erleichtern, so daß auf die Eigenschaften der Durchsatzkohle keine Rücksicht genommen zu werden braucht.

Gemäß der Abb. 25 wird dem Brenner *1* Gas zugeführt, das in der Brennkammer *2* verbrennt, wonach die Gase in der Mischkammer *3* durch Zumischung von Abgasen auf eine solche Temperatur herabgesetzt werden, daß sich an den Heizwänden eine Temperatur von 550—600° einstellt. Das Umwälzgas tritt in den Verteilungskanal *4*, der mit jeder Heizwand *5* verbunden ist. Diese überträgt ihre Wärme auf die mit Kohle beschickten, in der Abb. 24 sichtbaren Schwelkammern *6*. Jeder Ofen besteht aus sechs bis neun Schwelkammern, die von einem gut isolierten Ofengehäuse *8* umgeben sind. Wie aus der Abb. 25 ersichtlich, durchstreichen die Umwälzgase in jeder Heizwand *5* die senkrechten Heizzüge und treten in den Sammelkanal *9* über, aus dem sie durch den Ventilator *10* abgesaugt und durch den Kanalanschluß *11* in die Mischkammer *3* gedrückt werden, während der durch das in dem Brenner *1* zugeführte Gas entstehende Überschuß durch das Abblasrohr *12* entweicht. Die rohrartigen Anschlüsse *13* und *14*, die die Verbindung zwischen den Kanälen *4* und *9* und den Heizwänden *5* vermitteln, dichten in einfachen Stopfbüchsen ab. Sie ermöglichen eine ausreichende Seitenbewegung der Kammerwände mit Hilfe der in der Abb. 24 unter den Kammern angedeuteten Anschlaghebel, so daß der Schwelkoks die Kammern leicht verlassen und in den unter dem Ofen verfahrbaren Löschwagen fallen kann. Auf der Ofendecke ist der Füllwagen verfahrbar, ferner die Deckelabhebevorrichtung, die den oberen Verschlußdeckel abhebt, so daß sämtliche Kammern des Ofens gleichzeitig freigelegt

[1]) I. S. 311—337.
[2]) I. S. 399.
[3]) I. S. 404.
[4]) Proceedings Third International Conference on Bituminous Coal; Carnegie Inst. Technology, Pittsburg 1931. Bd. I. S. 458.
[5]) Öl u. Kohle 7 (1934) S. 256.

und in kurzer Zeit beschickt werden können. Da der Ofen sich auch zur Schwelung von Kohlen mit geringem Backvermögen eignet, ist mit dem Kohlenfüllwagen eine in den Abb. 24 und 25 nicht dargestellte mechanisch angetriebene Stampfvorrichtung verbunden, durch welche die Kohle in die Kammern eingestampft werden kann, wodurch die Herstellung eines dichten Schwelkokses gewährleistet wird. Die Absaugung der Schwelgase erfolgt durch den in der Abb. 24 am Ofenkopf angedeuteten Rohranschluß *15*.

Sämtliche in einem Ofengehäuse untergebrachten Kammerwände sind während des Verkokungsvorganges durch eine Spannvorrichtung fest mit dem Gehäuse und dem eisernen Tragwerk verspannt, so daß sich Treibdrücke, welche von der Kohle ausgehen, auf die Gehäuseverankerung übertragen. Vor der Entleerung wird die Spannvorrichtung gelöst, so daß dann das Ausschwenken der Heizwände erfolgen kann.

Die Kammerwände werden aus Walzeisen zusammengeschweißt; alle Schweißnähte liegen außen, so daß die Schweißung absolut dicht und fest ausgeführt werden kann. Die fertigen Wände stellen ein Kastengestell von großer Widerstandsfähigkeit dar, so daß sie besonderen Treibdrücken der Kohle standzuhalten vermögen. Die der Kohle zugekehrten Wandflächen können eine glatte, gewellte oder gerippte Ausführungsform erhalten. Der äußere

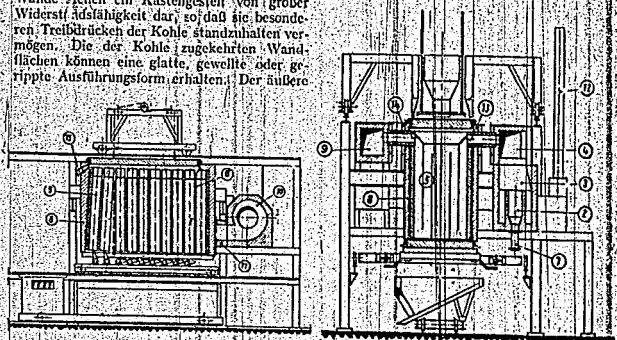


Abb. 24 u. 25. Längs- und Querschnitt der Kammerschwelöfen der Brennstoff-Technik.

Flächenzustand der Kammerwand ist ohne Bedeutung, da in durch das Spreizen bei der Entleerung der Koks die Kammer auf jeden Fall verläßt.

Die B-T-Öfen werden in Ofeneinheiten — also mehrere Verkokungskammern in einem Gehäuse mit dem dazugehörigen Heizofen — gebaut. Je nach Größe einer Schwelanlage wird eine Ofeneinheit für einen täglichen Kohlendurchsatz von 10—40 t und höher bemessen. Dabei werden sechs und mehr Kammern in einer Ofeneinheit vereinigt. Die Kammerabmessungen in Länge und Höhe richten sich nach der gewünschten Durchsatzleistung und entsprechen etwa 1,5—2,5 m Länge bei etwa 3—4 m Höhe. Die Kammerbreite schwankt nach Art der zu verschwelenden Kohle zwischen 60 und 130 mm und dementsprechend die Garungszeit von 2—7 h. Bemerkenswert ist, daß die Kammern parallel sind, ohne Verjüngung nach oben oder Erweiterung nach unten; in allen Höhenlagen sind deshalb die Garungszeiten gleich, so daß eine gleichmäßige Beschaffenheit des Kokses erzielt wird, was bei der Verkokung von wärmeempfindlichen Kohlen besonders wichtig ist. Wegen der parallelen Anordnung der Kammern können die Kammern praktisch beliebig hoch gebaut werden.

Die Möglichkeit, die Kohle in die Kammern einzustampfen, in Verbindung mit den parallelen Kammern, deren Breite den Eigenschaften der Kohle angepaßt werden, erlaubt auch die Umwandlung schlechtbackender Kohlen in einen stückfesten Schwelkoks.

Es ist ein besonderer Vorzug dieses Verfahrens, daß die Steinkohlenschwelung in Großanlagen mit kleiner Bedienungsmannschaft und daher geringen Betriebskosten betrieben werden

kann. Ähnlich wie bei Koks- und Gasöfen werden zweckmäßig so viele Ofeneinheiten in einer Gruppe zusammengefaßt, wie von einem Maschinensatz und von einer Mannschaft bedient werden können, so daß auf diese Weise ein wirtschaftliches Optimum hergestellt werden kann. Es können etwa 20 Ofeneinheiten in einer Gruppe zusammengefaßt werden, so daß Kohlendurchsatzleistungen vom zwanzigfachen der angegebenen Ofenleistungen je Anlage entstehen.

Durchsatzleistung je Einheit des B-T-Ofens.

Größe 40: 9 Kammern, Ofenfüllung 8 t Kohlen, täglicher Kohlendurchsatz etwa 40 t, bei fünfmaliger Beschickung.

Größe 30: 9 Kammern, Ofenfüllung 6 t Kohlen, täglicher Kohlendurchsatz etwa 30 t bei fünfmaliger Beschickung.

Größe 20: 6 Kammern, Ofenfüllung 4 t Kohlen, täglicher Kohlendurchsatz etwa 20 t bei fünfmaliger Beschickung.

Größe 10: 6 Kammern, Ofenfüllung 2 t Kohlen, täglicher Kohlendurchsatz etwa 10 t bei fünfmaliger Beschickung.

Für kleinere auf Gaswerke zugeschnittene Leistungen sind besondere Ofeneinheiten entwickelt worden.

Untersuchungsbericht über Schwelversuche mit Ruhr-Gaskohlen.

In sechs Versuchsreihen wurden durch Mahlung auf bestimmte Feinheitsgrade sowie durch Zumischung von Kleinkoks die günstigsten Bedingungen für die Verkokung ermittelt.

Die Untersuchung der anfallenden Schwelerzeugnisse wurde von dem Hauptlaboratorium der an den Versuchen beteiligten Steinkohlengrube durchgeführt. Die Werte sind im folgenden zusammengestellt.

1. Kohlenanalyse Gew.-%:

C	H	N	O	S	Asche	Flüchtige Bestandteile	H_o
81,07	5,58	1,73	6,06	0,88	4,65	28,04	8150 kcal/kg

2. Ausbeute an Schwelkoks: 76—77%.

3. Beschaffenheit des Schwelkokses:

Versuch		1	2	3	4	5	6
Wasser	%	3,33	3,67	2,02	2,78	3,01	1,72
Asche	%	8,28	8,15	8,78	11,08	10,65	8,01
Zündpunkt		384°	394°	400°	390°	393°	396°
Flüchtige Bestandteile	%	12,50	12,25	12,74	13,29	11,95	12,44
Wahres spez. Gewicht		1,465	1,496	1,516	1,510	1,482	1,505
Scheinbares spez. Gewicht		0,669	0,666	0,694	0,649	0,689	0,691
Porosität	%	53,44	55,81	55,30	55,78	52,77	55,09
Druckfestigkeit	kg/cm²	88,5	113,2	118,5	1000,0	103,0	132,6
Abriebfestigkeit	%	63,3	63,3	70,3	66,6	63,7	77,6

4. Ausbeute an Schwelteer: 9,05% bezogen auf wasserfreien Teer.

5. Analyse des Schwelteers:

—200° = 11,6%		Pech	= 32,0%
—240° = 31,0%		Staub	= 2,5%
—260° = 37,5%		Phenole	= 21,0%
—280° = 40,5%		Pyridin	= 2,5%
—300° = 45,5%			
—350° = 68,0%			

Zündpunkt der Fraktion 220—310° (Dieselmotor) = 378°.

6. Ausbeute an Schwelgas 110 m³/t trockene Kohle (Heizwert nicht bestimmt).

4. Schwelofen von Puening in England.

In einem in der Nähe von Sheffield im Bau befindlichen Ofen sind die von der Brennstofftechnik übernommenen, von Puening entwickelten Grundlagen beibehalten worden; und es werden parallele Kammerwände benutzt, die zum Austrag des Kokses auseinander gespreizt werden.

Jedoch ist eine wichtige Änderung in der Wiederaufheizung der Umwälzgase getroffen. Auf die große, außerhalb des Ofens liegende Aufheizstelle wurde hier verzichtet und statt ihrer sind im Innern einer jeden Heizwand je zehn kleine Gasflammen vorgesehen, die hintereinander angeordnet sind, und an denen die Umwälzgase nacheinander vorbeiströmen, derart, daß die Flammen vollständig umhüllt werden und mit dem Eisen nicht in Berührung kommen können.

Diese Änderung hat nach Puening die folgenden Vorteile: Die Umwälzmengen die bei nur einer außen liegenden Aufheizstelle sehr groß sind, sinken auf ein Zehntel. Die weiten Heizgasleitungen werden durch viel kleinere ersetzt; die wegen der vorher großen Heizgasleitungen recht dicken Wände werden dünner. Dadurch wird das ganze Ofengehäuse kürzer; die oberen und unteren Ofendeckel werden kleiner; alle Bedienungsbühnen, Gleise, Roh- und Heizgasleitungen werden mit der ganzen Ofengruppe kürzer. Die Wiederaufheizung mit Innenflammen ermöglicht es auch, den Heizwänden größere Ausmaße zu geben, z. B. in senkrechter Richtung, was deshalb besonders vorteilhaft ist, weil dadurch die teuren Deckel und Bodenverschlüsse, die Bedienungsbühnen usw. nicht mit vergrößert werden. Eine Verdoppelung der Höhe verringert die Ofenzahl in einer Gruppe auf die Hälfte. Die längenden hohen Wände sind dabei betriebssicherer als die niedrigen, denn die Betriebstemperatur von 600° bewirkt einen ausgeglühten Zustand, so daß die hohen Wände durch die größere Zugwirkung des eigenen Gewichtes gerade bleiben. Die Gesamtersparnisse an Eisengewicht, Platzbedarf und Anlagekapital, die erzielt werden, sind außerordentlich hoch und für die Zukunft der Schwelung sehr wichtig.

Wegen der geringeren äußeren Oberfläche der ganzen Einrichtung, besonders aber der Umwälzleitungen, werden auch die Strahlungsverluste vermindert und ein höherer Gasüberschuß steht zur Verfügung. Die verminderte Umwälzgasmenge hat, wenn man nicht auf ein Zehntel der üblichen Umwälzung herabgeht, auch eine erhebliche Ersparnis an elektrischer Kraft zur Folge.

Durch die Wiederaufheizung mittels Innenflammen werden auch höhere Verkokungsleistungen je Quadratmeter Verkokungsfläche möglich gemacht. So lange nur Hausbrandkoks in dicken Stücken gewünscht wird, wofür Kammerbreiten von 70—120 mm benutzt werden, ist die Verkokungsleistung nur gering und geht über 10 kg/h und m² Verkokungsfläche nicht hinaus. Wenn aber Industriekoks, z. B. für Kessel erzeugt werden soll, für den dünnere Kohlenschichten erlaubt sind, kann die Leistung leicht auf das doppelte gesteigert werden, vorausgesetzt, daß die Verkokungsflächen genügend Wärme erhalten. Unter dieser Voraussetzung würde die Verkokungsleistung einer Heizwand von beispielsweise 3 m Breite und 9 m Höhe auf etwa 27 t pro Tag steigen. Die Bewältigung derartiger Leistungen ist aber mit Innenflammen sehr viel leichter und billiger. Der in England im Bau befindliche Schwelofen von Puening ist noch nicht in Betrieb, so daß zahlenmäßige Betriebsergebnisse hier noch nicht angeführt werden können. Erst diese werden erkennen lassen, ob die deutsche oder die englische Bauart dieses Ofens günstiger abschneidet.

5. Krupp-Lurgi-Verfahren.

Beim Krupp-Lurgi-Schwelverfahren wird die feinkörnige Steinkohle im Ruhezustand in feststehenden schmalen Schwelkammern durch äußere Beheizung bei einer Temperatur zwischen 500 und 600° C geschwelt. Die Erhitzung der Kohle erfolgt also in ähnlicher Weise wie in Koks- oder Gaswerksofen, nur mit dem Unterschied, daß mit wesentlich niedrigeren Temperaturen gearbeitet wird, um auf diese Weise eine schonende Bildung des Teers zu begünstigen. Um den Schwelvorgang mit niedrigen Temperaturen durchführen zu können, werden die Wände der Schwelkammern aus Stahl hergestellt. Die Abmessungen und die Verstellungen der Wände sind so ausgeführt, daß ein Verziehen der Schwelkammern ausgeschlossen ist. Im Vergleich zu den Abmessungen der einzelnen Kammern eines Koksofens sind die Kammern eines solchen Schwelofens schmal, um eine schnelle und gleichmäßige Erhitzung und Entgasung der Beschickung bei einer Schweldauer von 4—4½ Stunden zu erreichen. In ähnlicher Weise wie während der Verkokung der Steinkohle im Koksofen steht die eingesetzte Kohle während der Erhitzung und insbesondere während des Temperaturbereichs, bei welchem eine Erweichung der Kohle eintritt, unter dem äußeren Druck, welcher durch die feststehenden Wände der Schwelkammer ausgeübt wird. Auf diese Weise gelingt es, einen dichten Schwelkoks zu erzeugen.

Um eine möglichst hohe Ausbeute an Schwelteer zu erhalten, ist die Beherrschung der Schweltemperatur, d. h. der zur Anwendung gelangenden Heiztemperatur von wesentlicher Bedeutung. Die Heiztemperatur muß in engen Grenzen einstellbar sein und darf nicht wesentlich

über der eigentlichen Schweltemperatur liegen. Dies wird beim Krupp-Lurgi-Ofen ebenfalls durch Anwendung einer Umlaufheizung erreicht. Die zwischen den Schwelkammern angeordneten Beheizungsräume, die sog. Heizzellen, werden von Verbrennungsgasen durchströmt, deren Temperatur auf 630—640° gehalten wird. Dieser Heizgasstrom gelangt beim Austritt aus den

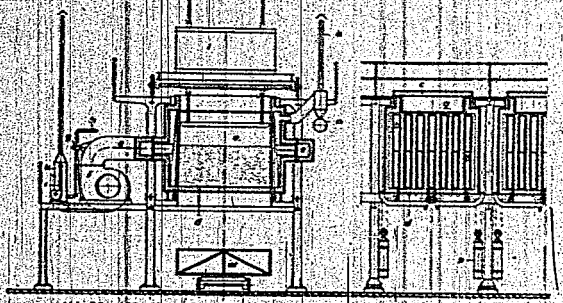


Abb. 26 u. 27. Krupp-Lurgi-Kammerschwelofen in Längs- und Querschnitt.

Heizzellen in einen Umlaufventilator und wird von diesem nach Zumischung einer genau regelbaren Menge von frischem Verbrennungsgas erneut in die Heizzellen eingeführt. Durch Anordnung von Temperaturreglern wird eine Überschreitung der gewünschten Eintrittstemperatur der Heizgase verhindert. Die Wälzgase müssen mit Rücksicht auf eine gute Wärmeübertragung so schnell umlaufen, daß der Temperaturunterschied zwischen Ein- und Austritt der Heizzellen höchstens 50—60° beträgt.

Die Abb. 26 und 27 zeigen den Krupp-Lurgi-Ofen in zwei zueinander gelegten schematischen Schnitten, aus denen auf Grund der Bezeichnungen die Einzelheiten ohne weiteres hervorgehen.

Wie aus der Abb. 27 ersichtlich ist, sind sechs rechteckige Schwelkammern *a* jeweils zu einer Ofeneinheit zusammengefaßt. Die Räume zwischen den Schwelkammern bilden die sog. Heizzellen *b*. Die zu schwelende Kohle wird vermittels einer in der Abb. 26 angedeuteten Beschickmaschine *d* von oben in die einzelnen Schwelkammern eingefüllt. Die Beschickmaschine ist mit einer Einrichtung versehen, die es ermöglicht, die zu schwelende Kohle erforderlichenfalls durch Stampfen zu verdichten. Nach Beendigung des Schwelvorganges wird der erzeugte Koks durch den unteren Verschluß *d* aus den Schwelkammern ausgetragen. Die Beschickmaschine ist gleichzeitig so eingerichtet, daß im Bedarfsfalle ein mäßiger Druck auf die Kammerfüllung ausgeübt werden kann, falls der Koks nicht ohne weiteres beim Öffnen des unteren Ofenverschlusses aus den Schwelzellen herausfällt. Da die Schwelkammern nach oben leicht verjüngt und daher nach unten leicht erweitert sind, bedarf es einer solchen Hilfe im allgemeinen nur bei stärker treibenden Kohlen, während der Schwelkoks in der Mehrzahl der Fälle infolge seines Eigengewichts nach unten aus den Kammern herausfällt.

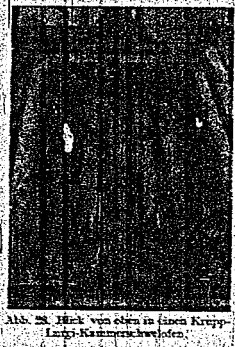


Abb. 28. Blick von oben in einen Krupp-Lurgi-Kammerschwelofen.

Einen guten Begriff von der Bauart und Einrichtung dieses Schwelofens vermittelt die Lichtbild Abb. 28, den liegen gebliebenen Ofen von oben zeigend. Man erkennt die sechs Zellen zur Aufnahme der Kohle mit den dazwischen liegenden geschlossenen Heizzellen. In dem oberen, den Ofen umgebenden Raumen ist der Schwelgasabzug ausgespart, an den sich außen das senkrechte Steigerohr anschließt. Eine den oberen Rand des Ofens umgebende, den Verschlußdeckel aufnehmende Wasserrinne, die einen gasdichten Abschluß bewirkt, ist ebenfalls ersichtlich.

Abb. 28. Gesamtansicht der Krupp-Lurgi-Schwelanlage der Zeche Amalie der Firma Krupp A. G.

Zwecks Vereinfachung der Beheizung der Schwelöfen sind mehrere Ofeneinheiten zu einer Gruppe zusammengefaßt, die von einem gemeinschaftlichen Umlaufventilator mit dazugehöriger Verbrennungskammer für die Aufheizung der Umlaufgase bedient wird. Um eine vollständig gleichmäßige Beheizung der Schwelkammern sicherzustellen, sind in die Heizzellen Führungsbleche eingebaut, die eine etwas stärkere Beheizung des unteren Teiles der Schwelkammern bewirken. Dies ist notwendig, um die Steinkohle im unteren breiteren Teil der Schwelkammer in der gleichen Zeit trotz Wärme zu durchdringen wie in dem etwas schmäleren oberen Teil.

Die von dem Heizgasventilator geförderte Umlaufgasmenge wird so bemessen, daß der Temperaturunterschied zwischen den in die Heizzellen ein- und austretenden Gasen etwa 50° C beträgt. Die Temperaturunterschiede, auf die Gesamtmenge der Heizzellen bezogen, sind infolgedessen außerordentlich gering. Entsprechend der zugesetzten Menge von frischen, Verbrennungsgasen wird eine bestimmte Menge Umlaufgas aus dem Kreislauf abgezweigt und durch einen Schornstein ins Freie geführt. Die fühlbare, in diesem Teil der Gase enthaltene Wärme wird für die Aufheizung der Verbrennungsluft nutzbar gemacht.

Die Zusammenfassung der Ofeneinheiten in größeren Anlagen erfolgt in der Weise, daß eine Beheizungswirtschaft für fünf Ofeneinheiten besteht. Auf größeren Anlagen werden mehrere solcher Ofeneinheiten nebeneinander aufgestellt, so daß sich eine Gesamtanordnung der Öfen ergibt, die grundsätzlich mit derjenigen von Koksöfen übereinstimmt. Am Kopfende einer solchen Ofengruppe befinden sich die Bunkeranlagen zur Aufnahme der Schwelkohle sowie je nach den örtlichen Bedingungen eine Kohlenmahl- und -mischanlage zur Zerkleinerung und Mischung der Kohle. Die Verteilung der Kohle über die Ofengruppe erfolgt mit Hilfe einer oder mehrerer Beschickmaschinen. Der die Öfen unten verlassende Schwelkoks wird mit Hilfe geeigneter Fördereinrichtungen gesammelt, abgesiebt und einer Koksaufbereitungsanlage zugeführt. Hier erfolgt die Zerkleinerung auf die für den Verbrauch gewünschte Korngröße. Durch das Ablöschen nimmt der Koks etwa 6—8% Wasser auf. Eine Gefahr der Selbstentzündung besteht nach dem Ablöschen nicht mehr.

Abb. 30. Obere Beschickungsbühne der Krupp-Lurgi-Schwelanlage im Saargebiet.

Das die Schwelöfen durch Vorlagen verlassende Schwelgas durchströmt eine Entteerungsanlage, in der der Teer durch Oberflächenkühlung ausgeschieden wird. Bei Großanlagen leitet man das Schwelgas vor dem Eintritt in die Kühler durch ein Elektrofilter, in dem die

hochsiedender Teerbestandteile niedergeschlagen werden. An das Elektrofilter schließen sich in diesem Falle die Oberflächenkühler an, in denen das im Teer enthaltene Mittelöl niedergeschlagen wird. Hinter den Oberflächenkühler ist ein Gassauger eingebaut, der das Schwelgas durch einen Ammoniakwäscher drückt und schließlich durch eine Ölwaschanlage zur Gewinnung des Gasbenzins.

Eine der wichtigsten Fragen beim Bau des Krupp-Lurgi-Ofens ist die Bauweise der Schwelkammern, da diese im Dauerbetrieb einer Temperatur von etwa 600° C ständig ausgesetzt sind. Zur Verwendung von Stahl für den Bau der Schwelkammerwände hat man sich erst auf Grund der Durchführung mehrjähriger Versuche der Firma Friedrich Krupp, Essen, entschlossen. Diese Versuche haben gezeigt, daß die Anwendung von Stahl bei Wahl eines den besonderen Beanspruchungen der Schwelkammern angepaßten Herstellungsverfahrens zu Bedenken keinen Anlaß gibt. Beobachtungen an den während einer Zeitdauer von mehr als zwei Jahren in regelmäßigen Abständen untersuchten Betriebsanlagen haben keinerlei Fehler erkennen lassen, die eine langjährige Lebensdauer dieser Ofenbauart in Frage stellen würden. Gegenwärtig sind zwei Anlagen nach dem Krupp-Lurgi-Verfahren in Betrieb. Darunter befindet sich die Erstanlage, die für die Schwelung von Ruhrkohle von der Friedr. Krupp AG.-Bergwerke in Essen für einen täglichen Kohlendurchsatz von rd. 40 t erbaut worden ist. Eine zweite Anlage gleicher Größe ist im Saargebiet in Betrieb und hat die Eignung des Verfahrens für die Schwelung von Saarkohle erwiesen. Abb. 29 zeigt ein Bild der Steinkohlen-Schwelanlage der Friedr. Krupp AG. auf der Zeche Amalie bei Essen.

Abb. 31. Koksaustrag und Blick in die Zellen eines Krupp-Lurgi-Schwelofens auf der Zeche Amalie bei Essen.

Abb. 30 zeigt einen Blick in die Ofenhalle der Krupp-Lurgi-Anlage der Saargrubenverwaltung. Die dort aufgestellten Öfen sind in einem vorhandenen Gebäude untergebracht, während die Krupp-Lurg-Öfen normalerweise im Freien aufgestellt werden.

Abb. 31 zeigt die Austragung des Schwelkokses aus den Schwelkammern und gibt gleichzeitig einen guten Eindruck von der Beschaffenheit des Schwelkokses.

Zur Zeit befinden sich zwei größere Anlagen nach dem Krupp-Lurgi-Verfahren im Bau, und zwar eine für einen Tagesdurchsatz von 400—500 t Ruhrkohle, eine andere für einen Tagesdurchsatz von rd. 200 t Saarkohle. Die jährliche Schwelkokserzeugung dieser Neuanlagen entspricht etwa 100 000 und 50 000 t. Der in diesen Anlagen erzeugte Schwelkoks wird zum Teil für Hausbrandzwecke, ferner in großem Umfange für die Herstellung von Synthesegas für eine Benzingewinnungsanlage nach Fischer-Tropsch Verwendung finden.

Die in Krupp-Lurgi-Öfen verarbeitete Steinkohlenmenge beträgt gegenwärtig rd. 30 000 t jährlich. Sie wird Anfang 1939 auf eine Jahresleistung von rd. 250 000 t gesteigert werden.

Die Ergebnisse der im Betrieb befindlichen Anlagen haben die bei der Entwicklung dieses Verfahrens in Aussicht genommenen Erwartungen erfüllt. Es gelingt mit Hilfe des Krupp-Lurgi-Verfahrens aus Fettkohle, Gaskohle und Gasflammkohle einen gleichmäßig ausgearteten festen Schwelkoks zu erzeugen, der sich sowohl für Hausbrandzwecke, für die Gaserzeugung, sowie auch als Brennstoff für Industriefeuerungen mit Vorteil verwenden läßt. Soweit es sich um die Verarbeitung von Gasflammkohle handelt, hat die bisherige Erfahrung gezeigt, daß es hier oftmals auf eine vorhergehende besondere Aufbereitung der Kohle durch Zerkleinerung auf die günstigste Kornzusammensetzung, sowie teilweise auf die Mischung mit anderen Kohlensorten ankommt. Über die Art und Menge der zuzumischenden Kohle, soweit eine Zugabe notwendig ist, können allgemeine Richtlinien noch nicht aufgestellt werden. Auf die Beschaffenheit des Schwelkokses aus Krupp-Lurgi-Anlagen wird in einem späteren Abschnitt eingegangen.

Die bei der Schwelung in Krupp-Lurgi-Öfen erreichte Teerausbeute einschließlich des Gasbenzins beträgt etwa 70—78%, bezogen auf die Schwelanalyse nach Fischer. Die Teerausbeute bleibt hiernach hinter der theoretisch möglichen zurück. Die Praxis hat indessen ge-

zeigt, daß dies insofern einen Vorteil bietet, als die Aufarbeitung des Schwelteers aus Krupp-Lurgi-Öfen verhältnismäßig leicht ist. Dies ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß die im Schwelteer enthaltenen Harzanteile im Krupp-Lurgi-Ofen einer schonenden Spaltung unterworfen werden, so daß der gewonnene Teer reicher an Ölen ist als der aus manchen anderen Schwelverfahren stammende. Die Teerbeschaffenheit wird weiter unten und in einem späteren Abschnitt berücksichtigt.

Der hohe Prozentsatz an Ölen ist Steinkohlen-Schwelteer aus dem Krupp-Lurgi-Ofen ermöglicht es, in gewissen Fällen den Schwelteer ohne Raffination als Heizöl zu verwenden, was durch eingehende Versuche an einem Schiffskessel bewiesen werden konnte. Es ergibt sich somit bei Anwendung des Krupp-Lurgi-Verfahrens eine große Wertsteigerung der Kohle durch Erzeugung eines stückigen Schwelkokses und eines als Fertigerzeugnis verwertbaren Schwelteeres.

Das Krupp-Lurgi-Verfahren ist das einzige der in Deutschland entwickelten, das bereits in drei größeren Schwelanlagen vertreten ist. Die erste im Ruhrrevier erbaute Anlage umfaßt sechs Schwelöfen mit je sechs Schwelzellen, die 1,8 m hoch und 2 m lang sind, bei einer mittleren Breite von 85 mm. Für eine dieser Ofeneinheiten wurde eine Zellenlänge von 3 m gewählt, deren Nutzinhalt 3 m³ beträgt, gegenüber 2 m³ der übrigen Öfen. Dieser Versuch hat die Überlegenheit des Ofens mit den größeren Abmessungen bewiesen, so daß diese für weitere Bauten als Norm gelten können.

Über die Ergebnisse des Krupp-Lurgi-Schwelverfahrens beim Durchsatz einer Gaskohle für sich allein und dazu im Gemisch mit 25% Fettkohle macht K. Brüggemann[1]) die folgenden Angaben.

Ausbeutezahlen:

		Gaskohle	Gaskohle + 25% Fettkohle
Kurzanalyse:	Wasser	9,00%	8,20%
	Asche	5,82%	6,24%
	fl. Bestandteile	30,24%	28,40%
Siebanalyse:	0— 1 mm	20,50%	29,40%
	— 1— 3 „	33,50%	20,60%
	3— 6 „	30,00%	31,30%
	6—10 „	7,00%	9,70%
Schüttgewicht der feuchten Kohle		781 kg/cm³	770 kg/m³

Über die Ausbeute an Teer und Leichtöl sowie deren Eigenschaften, bezogen auf den Durchsatz der oben erwähnten Kohlenmischung, macht Brüggemann die folgenden Angaben, zu deren Verständnis vorausgeschickt sei, daß 90% des Gesamtteers in einem mittelbar wirkenden Kühler anfallen, während die restlichen 10% als Leichtteer hinter dem Sauger abgeschieden werden.

		Schwelteer:	Leichtteer:
Siedeanalyse	—200°	5,20%	34,00%
	200—230°	4,70%	7,40%
	230—270°	10,70%	9,77%
	270—300°	9,09%	5,82%
	300—360°	32,50%	21,40%
Gesamtölausbringen	360°	64,31%	78,63%
Pecherweichungspunkt	—	57°	70°
D_{20}^{4}		1,055	0,978
		Schwelteer:	Leichtteer:
Viskosität °E bei	20°	14,1	1,92
	50°	2,13	—
Stockpunkt °C		— 10°	unter —25°
Säure Öle		16,1%	15,2%
Basen		1,7%	1,2%
Oberer Heizwert kcal/kg		9280	9490

Ein Gehalt von nur 0,3% an Benzolunlöslichem im Teer kennzeichnet seinen niedrigen Staubgehalt.

[1]) Techn. Mitt. Krupp 6 (1938) S. 50.

Leichtöl.

Das in einem Feldwascher durch Auswaschung mit Waschöl erhaltene Rohbenzin aus dem Gase hat folgende Zusammensetzung.

Siedeanalyse nach Kraemer-Spilker:

Siedebeginn	57°
—100°	51,0%
—120°	73,0%
—150°	90,5%
—180°	96,0%
—200°	98,5%
D_{15}°	0,765

Über die Weiterverarbeitung des Rohbenzins soll hier nur gesagt werden, daß es mit Schwefelsäure von 60—61° Bé unter geringen Verlusten leicht zu reinigen ist, wie die im Großbetrieb vorgenommenen Reinigungsversuche ergeben haben. Nach der Reinigung ist das Schwelbenzin, das ungefähr 40% aromatische Verbindungen enthält, ein vorzüglicher Treibstoff von hoher Klopffestigkeit und guter Lagerbeständigkeit.

Bei dem Ausbringen an Schwelbenzin, das bei der Gaskohle 0,67% beträgt, ist zu berücksichtigen, daß in dem Schwelteer und besonders in dem Leichtteer noch größere Mengen Benzin enthalten sind. Durch Hinzurechnung dieses Benzins zu den Gasbenzin steigt die Benzinausbeute auf über 1% bezogen auf Trockenkohle.

Das Schwelgas hat einen hohen Heizwert und einen niedrigen Wasserstoffgehalt, wie die nachstehenden Werte der Gasanalyse zeigen:

CO_2	4,5 Vol.-%
C_nH_n	2,5 „
C_xH_y	0,8 „
O_2	0,5 „
CO	3,2 „
H_2	23,8 „
C_2H_6	13,0 „
CH_4	46,1 „
N_2	5,0 „
Dichte	0,805
Oberer Heizwert	8137 kcal/Nm³

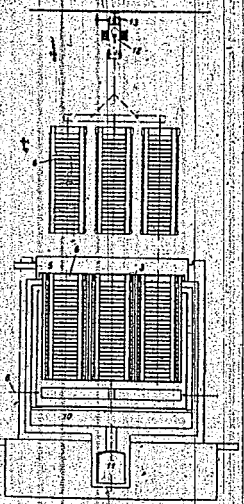


Abb. 32. Kammerschwelofen von Berg im Längsschnitt zur Formkoksherstellung.

6. Verfahren von Berg & Co.

Die Ofenbaugesellschaft Berg & Co. in Köln-Kalk hat für die Steinkohlenschwelung ebenfalls einen Kammerofen mit Außenbeheizung entwickelt, dessen Eigenart darin besteht, daß die Kohle in Einsätze überführt wird, die in die Kammern gestellt werden oder selbst als solche dienen. Die Beschickung und Entleerung der Einsätze erfolgt außerhalb des Ofens an einer entfernten Stelle, so daß die Kammern selbst nur für ganz kurze Zeit geöffnet bleiben. Die Einsätze werden der Art der Schwelkohle angepaßt, so daß in der gleichen Kammer aus backender Feinkohle ein Stückkoks mit gleichmäßigen Abmessungen, sog. Formkoks oder Schwelkoks in Säulen von zylindrischem oder eckigem Querschnitt hergestellt werden kann, der auf die gewünschte Stückgröße gebrochen wird, wobei die Stangen in ihrer Länge der Kammerhöhe des Ofens entsprechen. Die Einsätze sind auch geeignet, nicht backende Nuß- und Stückkohlen oder auch Preßlinge aufzunehmen, so daß bereits aus diesen Angaben die Vielseitigkeit in der Anwendung des Berg-Schwelofens offenbar wird.

In der Abb. 32 ist der Ofen im Längsschnitt dargestellt mit einem aus runden oder kantigen Rohren bestehenden Einsatz; die Abb. 33 zeigt den Ofen mit dreiteiligem Einsatz zur Herstellung von Formkoks, während die Abb. 34 einen senkrechten Querschnitt durch einen aus drei Kammern bestehenden Berg-Schwelofen zeigt, wobei die äußeren Rohreinsätze als Schwelkammer dienen, während die beiden anderen Kammern zur Herstellung von Formkoks eingerichtet und mit ortsfesten Kammern ausgerüstet sind, von denen die Wärme durch Strahlung auf den mit Kohle beschickten Einsatz übertragen wird.

Die gleichzeitig zur Schwelung von backender Feinkohle, Nuß- oder Stückkohle und von Preßlingen dienenden Einsätze *1* haben runden oder eckigen Querschnitt, sie sind unten mit einem abnehmbaren, in einer Sandtasse abdichtenden Verschluß *2* versehen, der ein Entweichen von Schwelgas wirksam verhindert. Die Kammern *3* zur Erzeugung von Formkoks sind fest eingebaut und nur oben offen, wo sie, wie auch die Kammern *1* durch den abhebbaren in einer Sandtasse abdichtenden Deckel geschlossen werden. Zwischen Deckel *4* und Oberteil der Kammern *1* oder *3* ist ein Sammelraum für das Schwelgas, das die Beschickungen oben verläßt. Die Schwelkammern *1* und *3* sind am oberen Ende mit Kragen versehen, die in Sandtassen tauchen

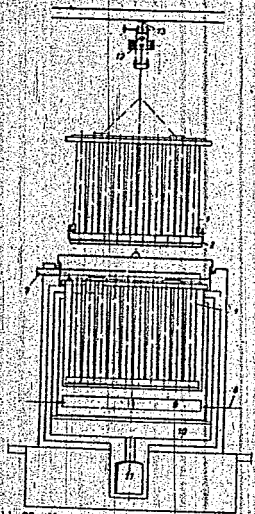


Abb. 33. Kammerschwelofen von Berg im Längsschnitt zur Stückkokserzeugung.

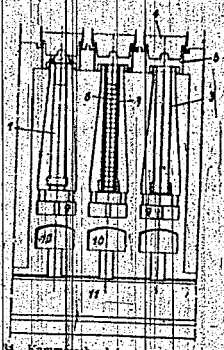


Abb. 34. Kammerschwelofen von Berg im Querschnitt zur Formkoks- und Stückkokserzeugung.

und verhindern, daß Schwelgas in die Heizräume der Öfen übertreten kann. Die dreiteiligen Tragjoche *6* nehmen Blechformen auf, die oben und unten offen und aufeinandergestellt sind, wobei Bleche als Zwischenlagen dienen. Die Schwelgase verlassen die Kammern durch das Abgangsrohr *7*. Zur Beheizung der Öfen werden Gasbrenner von beiden Enden unten an den durch *8* bezeichneten Stellen eingeführt, wobei die Schlitzkanäle *9* als Brennkammern dienen, in die die Verbrennungsluft, in den Rekuperatoren *10* vorgewärmt eintritt, während die Abgase durch den Kanal *11* zum Schornstein entweichen. Durch einen Elektrozug *12*, der auf der Laufschiene *13* fahrbar ist, werden die Ofendeckel *4* abgehoben und aufgelegt und die Einsätze *1* oder *6* herausgenommen und eingelassen.

Die Einsätze werden an geeignetem Ort abgestellt, wo sie erkalten, so daß der Schwelkoks kaum abgelöscht zu werden braucht. Danach werden sie zu einem Be- und Entladeplatz gebracht, wo die Formen mit Hilfe weitgehend mechanisierter Einrichtungen herausgenommen, gleichzeitig entleert, wieder mit Kohle gefüllt und in den Einsatz zurückgestellt werden.

Zur Entleerung und Beschickung der herausnehmbaren Rohrretorten wurde die in den Abb. 35 und 36 in zwei Ansichten wiedergegebene Einrichtung entwickelt, bestehend aus dem Kohlenbehälter *1*, Förderband *2*, fahrbarer Brücke *3*, Abdrückstempel *4* und Füllrichter *5*. Der Schwelzeinsatz *6* wird durch die mechanisch betätigten Holzhämmer *7* während der Beschickung vibriert, so daß die Kohle fest zusammensackt und die feste Lagerung die Bildung

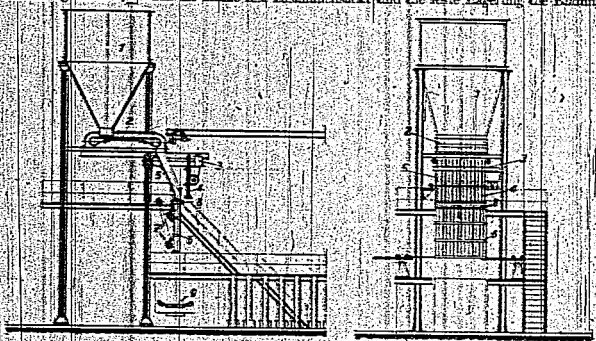


Abb. 35 u. 36. Ansetz- und Füllvorrichtungen für den Kammerschwelofen von Berg zur Stückkokserzeugung.

eines dichten Schwelkokses günstigt. Der Einsatz *6* wird in der Einrichtung *8* festgehalten und nach Öffnung des Bodenverschlusses stürzt der Koks auf das Förderband *9*. Diese Einrichtung ist sehr leistungsfähig und durch die Stempel *4* wird auch Schwelkoks mit geringem Schwund ohne Schwierigkeit ausgedrückt. Eine aus drei Schwelzylindern bestehende Kammer ist in dem Lichtbild Abb. 37 wiedergegeben, aus der nach dem Erkalten die drei aus backender Feinkohle hergestellten Schwelkokszylinder ausgestoßen sind.

Die Gesamtansicht einer Schwelanlage von Berg zur Herstellung von Formkoks, wie sie seit mehr als einem Jahr im Betrieb steht, ist in den Abb. 38 und 39 im Auf- und Grundriß wiedergegeben. Die Abb. 38 zeigt ganz links den Kohlenbehälter mit einem darunter angeordneten Füllisch. Rechts daneben stehen in einer Hub- und Senkeinrichtung die Kammereinsätze und rechts der noch mit Schwelkoks beladene, links der leere, der beschickt werden soll. Der Brüdenungsmantel nimmt die aus Bandeisen rechteckig gebogenen und durch Punktschweißung zusammengehaltenen Einzelformen ab, wobei der Formkoks auf den seitlich angedeuteten Rost fällt und durch ein Band abgefördert wird. Die leere, unten und oben offene Form wird auf den Füllisch gelegt, so daß die Kohle hineinfällt, und die Form wird nun an der Seite des Füllrumpfes mit Hilfe des angedeuteten Handrades gegen eine Platte nach oben bewegt, wobei sich die angehäufte Kohle in die Form hineindrückt. Die letztere wird dann in den leeren Einsatz hineingelegt und mit einer Platte zugedeckt und darauf eine zweitere Form gelegt, bis der ganze Einsatz gefüllt ist. Durch entsprechende Verstellung der Heb- und Senkeinrichtung sind die jeweils entleerten

Abb. 37. Zylindrischer Schwelkokseinsatz zum Schwelofen von Berg neben ausgestoßenem Schwelkoks.

und beschickten Formschagen der beiden Einsätze stets in gleicher, für die Bedienung bequemer Höhe. Zwischen dem Förderband und der Ofengruppe ist eine Abstellgelegenheit für die Kammern vorgesehen, um dem Schwelkoks Gelegenheit zur Abkühlung zu geben. Da die Formen vollständig abgedeckt sind, kann eine Selbstentzündung des Schwelkokses nicht eintreten. In den Abb. 38 und 39 umfaßt die Ofengruppe zehn Kammern. Diese bestehen aus Retorten, die allseitig geschlossen, aus einem Stück gegossen sind und nur oben eine den ganzen Querschnitt freigebende Öffnung haben, die durch einen in einer Sandrasse abdichtenden Deckel verschlossen wird. Die Kammern werden seitlich durch Umlaufheizung auf gleichmäßiger Schweltemperatur erhalten und sind zu diesem Zweck in Mauerwerk eingebettet. Die Gase werden durch gelochte Rohre, die in den Abb. 38 als Brenner bezeichnet sind, über die Kammerlänge verteilt. Durch eine im Aufriß angedeutete Hängebahn

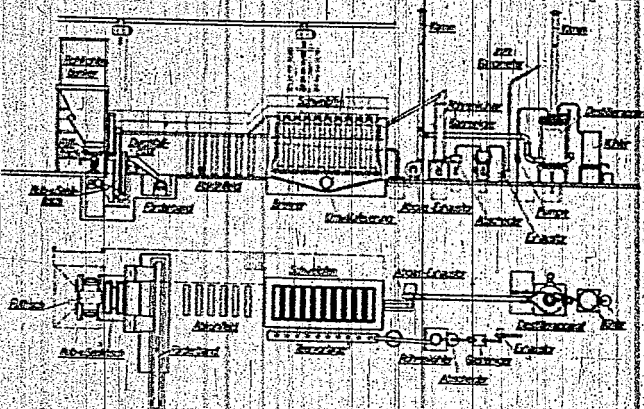


Abb. 38 u. 39. Auf- und Grundriß einer Schwelanlage von Berg & Co.

mit Elektroflaschenzügen werden die Einsätze aus den Kammern herausgehoben und frisch beschickte eingelassen. Eine Kammerbeschickung faßt rund 350 kg Kohle, und die Schwelkammer betrügt 8 st, so daß je Kammer und Tag 1 t Kohle durchgesetzt wird, wobei die Wärmeübergang von den Kammerwänden auf die Beschickung lediglich durch Strahlung bewirkt wird. Oben an einem Ende hat jede Kammer einen Gasabgang, wie dies der Grundriß der Abb. 39 andeutet; er ist durch einen in der Abb. 39 nicht berücksichtigten Absperrschieber mit einer Vorlage verbunden. Der in der Vorlage angesammelte Teer fließt in einen Tauchbehälter, während das Schwelgas, von einem Gebläse angesaugt, nacheinander Kühler, Teerscheider und Ölwäscher durchströmt, um dann einem Gasbehälter oder einer sonstigen Verwendungsstelle zugeführt zu werden. Die Schwelkokskörnungen sind hart und schartkantig, ihr Abrieb beträgt weniger als 3%. Die Schwelltemperatur wird auf 500° eingestellt. Der Pechgehalt des Schwelteers liegt zwischen 20 und 25%.

Unmittelbar neben der Ofengruppe ist ein Saugzugventilator angedeutet, der das überschüssige Abgas durch einen Kamin ins Freie drückt.

Die Befeuerung der Schwelöfen von Berg durch Einzelbrenner wurde bereits erwähnt. Bei größeren Ofengruppen wird zweckmäßig Umlaufheizung angewendet. Für Schwelöfen, die in Verbindung mit Gaswerken eingebaut werden, lassen sich deren Abgase für diese Zwecke

verwenden, wie dies bereits auf dem Gaswerk Erlangen praktisch erprobt wurde. Eine derartige Anlage zeigt die Abb. 40, bei der die Schwelöfen gewissermaßen in einem Nebenschluß des Abhitzekanals liegen. Durch Zweithufftzugabe zum Rekuperator des Gaserzeugerofens wird die Temperatur der den Rekuperator verlassenden Gase auf etwa 600° C eingestellt und durch entsprechende Schieberstellung wird eine Abgasmenge durch die Schwelofenringe hindurchgeleitet, die ausreicht, um den Wärmebedarf des Schwelofens zu decken. Die beiden Abgasstränge vereinigen sich vor dem Abhitzekessel, werden gemeinsam durch diesen hindurchgesaugt und entweichen dann durch den Schornstein. Der nach diesem Verfahren erzeugte Schwelkoks ist in anderem Zusammenhang weiter hinten berücksichtigt.

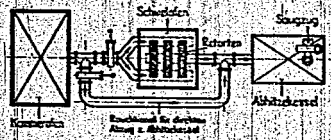


Abb. 40. Eingliederung eines Berg-Schwelofens in die Abhitzeverwertung eines Gaswerkes.

Schwelöfen von Berg sind in Betrieb auf den Gaswerken Nürnberg, Erlangen und Heidenau und eine weitere Anlage auf der Zeche Kaiserstuhl bei Dortmund.

7. Hinselmann-Verfahren.

Der von Hellmann angegebene und von der Hinselmann-Koksofenbaugesellschaft weiter entwickelte Schwelofen ist der einzige, der eine stetige Betriebsweise mit der Schwelung in der Ruhe verbindet. Die Kohle wird in die zahlreichen Durchbohrungen von Gußplatten mit den Abmessungen 600×700 mm bei 80 mm Dicke, die sog. Schwelrahmen, eingefüllt, und diese

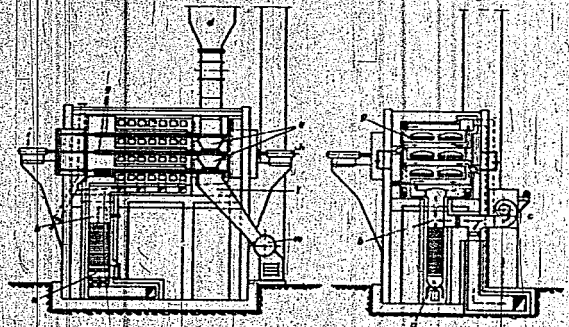


Abb. 41 u. 42. Längs- und Querschnitt des dreistöckigen Schwelofens von Hinselmann.

werden mechanisch über die beheizten Herdflächen des Ofens geschoben, wobei, je nach dem Durchmesser der Bohrungen, die Schwelung durch die von den Rahmen absorbierte Wärme in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit bewirkt wird.

Der Ofen ist in der Abb. 41 im Längsschnitt, in Abb. 42 und 43 als senkrechter Querschnitt und in Abb. 44 als Grundriß wiedergegeben. Man erkennt aus den Zeichnungen, daß der Ofen in drei Stockwerke gleicher Bauart unterteilt ist und zwei Reihen Schwelrahmen in jedem Stockwerk nebeneinander liegen. Der Ofen wird von der Brennkammer *a* beheizt, und in der Mischkammer *b* wird durch den Ventilator *c* eine Rauchgasmenge zugesetzt, die die Verbrennungsgase auf die richtige Temperatur abtönen. Die Gase durchströmen dann die unter jeder

Herdplatte eingelassenen Züge, wobei diese die Wärme an die darauf liegenden eisernen Schwelrahmen abgeben. Die trockene Feinkohle gelangt aus dem außerhalb des Ofens eingebauten Vorratsbehälter *d* in einen in jedem Stockwerk verschiebbar eingebauten Trichter *e*, der mittels der Zugstange des Druckzylinders *f* über den Schwelrahmen *g* geschoben wird, wobei sich sämtliche Durchbohrungen mit Kohle füllen. Mittels der Zugstange des Druckzylinders *h* wird der Rahmen nun auf den beheizten Herd geschoben, so daß sämtliche darauf liegende Rahmen um

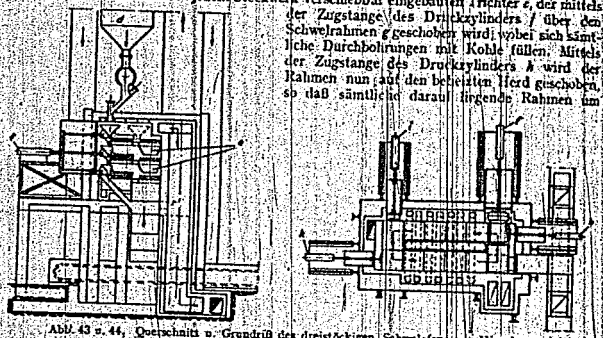


Abb. 43 u. 44. Querschnitt u. Grundriß des dreistöckigen Schwelofens von Hinselmann.

eine Länge weiter wandern. Am andern Ende des Ofens schiebt die Kolbenstange des Zylinders *i* den letzten Rahmen auf die daneben liegende Herdbahn, und auf dieser werden die Rahmen in entgegengesetzter Richtung durch den Zylinder *k* wieder zum Beschickungsende

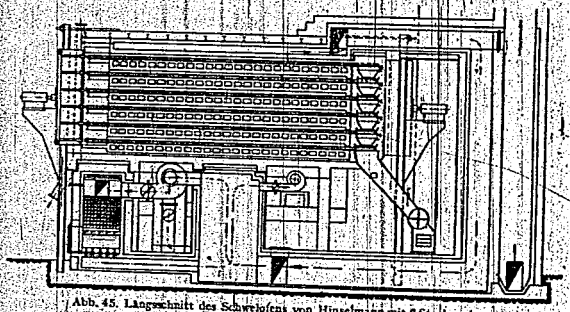


Abb. 45. Längsschnitt des Schwelofens von Hinselmann mit 8 Stockwerken.

des Ofens geschoben. In der Endstellung liegt der Rahmen über dem Trichter *l*, so daß die zylindrischen Schwelkoksstücke herausgleiten, die über die mit einem Zellenrad versehene Schurre *m* auf ein Förderband fallen. Der Ausfall des Kokses aus den Rahmenlöchern wird noch durch ein mechanisches Klopfwerk unterstützt. Der Rahmen wird nun durch die Stange des Druckzylinders auf die erste Herdbahn zurückgeschoben und in der oben beschriebenen Weise mit Kohle beschickt. Diese Vorgänge gehen in allen drei Stockwerken gleichzeitig vor sich, da die Druckzylinder auf die drei Stockwerke gleichzeitig einwirken. Der in den Abb. 41—44

wiedergegebene Ofen nimmt 30 Schwelrahmen auf, also zehn in jedem Stockwerk und erzeugt täglich etwa 50 t Schwelkoks.

Ein größerer Schwelofen gleicher Art mit sechs Stockwerken, 300 Schwelrahmen aufnehmend, ist in den Abb. 45—47 im Längs-, im Querschnitt und im Grundriß wiedergegeben, wobei, da sich die Betriebsweise mit der des vorher angeführten Ofens vollkommen deckt, auf eine besondere Beschreibung verzichtet werden kann. Erwähnt sei nur, daß in diesem Ofen vier Rahmenbahnen nebeneinander liegen, wobei die beiden äußeren Reihen vom Beschickungsende nach der entgegengesetzten Seite gedrückt werden und auf den beiden Mittelbahnen zurückkehren, an deren Enden der Schwelkoks ausgetragen wird. Dieser Ofen ist für eine Tageserzeugung von etwa 100 t Schwelkoks berechnet. In dem Querschnitt Abb. 46 sind oben auf dem Ofen auch die Gasabgänge mit den beiden Vorlagen angedeutet, während der Kohlenbehälter nicht berücksichtigt ist.

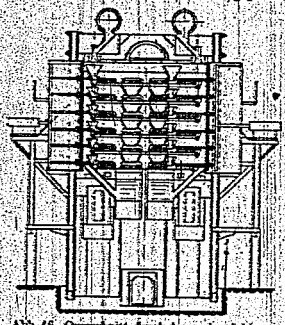


Abb. 46. Querschnitt durch den sechseckigen Schwelofen von Hinselmann.

Die Kohle wird auf etwa 2-mm-Korn vermahlen und unmittelbar beim Austrag des Schwelkokses mit diesem gemischt, so daß der Wärmeaustausch eine Koksabkühlung und Kohlentrocknung gleichzeitig bewirkt. Falls die fühlbare Schwelkokswärme zur Trocknung der Kohle nicht ausreichen sollte, können auch die Abgase des Ofens für diese Zwecke herangezogen werden, wobei der Wasserdampf durch den Schornstein entweicht. Bei der gleichmäßigen Form des Schwelkokses läßt sich dieser auf Sieben ohne weiteres von der Kohle trennen.

Über die Beheizung dieser Schwelöfen ist noch zu sagen, daß die Heizgasmengen durch einen im untersten Stockwerk verlegten Verteilungskanal verstellbar zugeführt werden, so daß der Ofen über seine Länge nach Wunsch unterschiedlich oder gleichmäßig beheizt werden kann. Aus den Zügen des untersten Ofenstockwerks steigen die Gase in das nächst höhere, wo sie durch Frischgasmassen auf die erforderliche Temperatur gebracht werden, und zwar wiederholt sich dieser Vorgang in jedem Stockwerk, bis die Abgase aus den Zügen des obersten austreten.

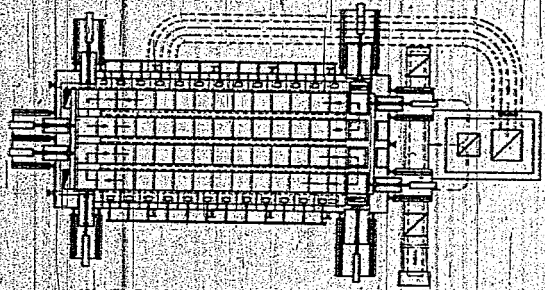


Abb. 47. Grundriß des sechsstöckigen Schwelofens von Hinselmann.

wonach sie ihre Wärme an Rekuperatoren abgeben, in denen die zur Verbrennung benötigte Luft vorgewärmt wird.

Die Bohrungen der Schwelplatten werden den besonderen Bedürfnissen angepaßt, sie können rund oder eckig sein, und je enger sie sind, desto kürzer ist der Wärmeweg zum Kern der Kohle und desto größer die Durchsatzleistung des Ofens.

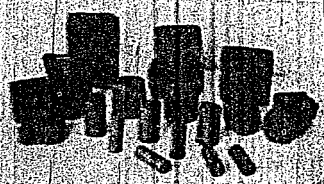


Abb. 48. Schwelkoks in verschiedenen Formen aus dem Hinselmann-Schwelofen.

Die Lagerung des Schwelgutes ist daher abhängig vom Querschnitt des beispielsweise in Form von Zylindern aufgestellten Schwelkokskörpers. Die Wärmeübertragung erfolgt in mittelbar von den beheizten Heizflächen auf die Kohle; in den Durchbrechungen der Schwelplatten, wo sich letztere selbst Wärme aufnehmen und gewissermaßen als Wärmespeicher dienen. Die Schwelplatten selbst nehmen daher Wärme auf und übertragen sie auf die Kohle. Füllungen, so daß der Wärmeübergang gleichmäßig von allen Seiten auf die Kohle erfolgt. Je kleiner die lichte Weite der Bohrungen gewählt wird, desto schneller dringt die Wärme von allen Seiten bis zur Mitte vor, so daß bei runden Zellen dauer weniger als 30 min beträgt, wovon sich auch gelegentlich der Besichtigung des Versuchsofens selbst überzeugt habe. Diese schnelle Wärmeeinwirkung auf die Kohle ermöglicht es, auch Kohlesorten, die zur Erzeugung eines festen Koksen wenig geeignet waren, zu guten Schwelerzeugnissen zu verarbeiten. Hierzu gehören fast alle geologisch jungen Steinkohlen mit hohem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, die sich hinsichtlich ihrer Teerausbeute zur Verwendung als Schwelkohle besonders eignen.

Die Abb. 48 zeigt eine Anzahl verschiedener in einem Hinselmann-Schwelofen hergestellter Schwelkokskörperlinge mit verschiedenen Abmessungen, darunter auch solche, die aus Kohle mit sehr geringer Backfähigkeit ohne besondere Vorbehandlung der Kohle mühelos hergestellt wurden.

8. Verfahren von Dr. Otto.

Im Gegensatz zu den bisher angeführten Verfahren ist die Dr. Otto & Co. G. m. b. H., Bochum, auch für die Anwendung der Schwelung bei generierten, im Gaswerksbetriebe bewährten Vertikalkammeröfen geblieben. Diese Öfen erhalten aber einen Eisenein satz in der Form, daß die gegenüberliegenden Kammerwände mittels senkrecht eingelassener Eisenstege in Richtung der Kammerbreite verbunden werden, wie dies die Skizze oben rechts in der Abb. 49 erkennen läßt. Die Kammer wird also durch den Eisenein satz unterteilt, und der Wärmeübergang auf die Kohle erfolgt bei diesem Verfahren nicht durch Strahlung, sondern durch Leitung. Die Wirkung dieses Einsatzes hinsichtlich der Vergrößerung der Heizfläche erklärt sich aus der Abb. 49, die oben links den offenen Querschnitt einer Entgasungskammer zeigt, deren Seitenwände die in der Abb. 49 angedeutete Heizflächen haben. Wird aber der oben rechts angedeutete Eisenein satz in die Kammer gesetzt, so erhöht sich dadurch, wie unten rechts in der Abb. 49 angedeutet, die

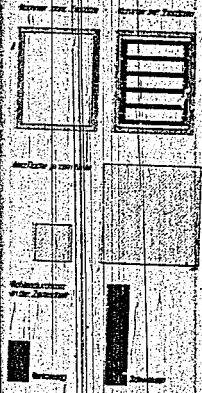


Abb. 49. Vergrößerung der Heizfläche durch Eisenein sätze in dem Schwelofen von Dr. Otto & Co.

Herdfläche um etwa 60% und die Ofenleistung wird infolgedessen entsprechend erhöht, so daß der Anwendung von Schweltemperaturen dann nichts mehr im Wege steht.

Der Einsatz, der die Vorzüge des gemauerten Ofens mit den Vorteilen schnellen Wärmeübergangs der Eisenkammer verbindet, besteht aus Doppel-T-Eisen besonderer Abmessungen

Schnitten ein Eisenofen

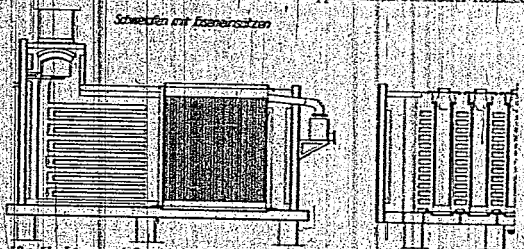


Abb. 50 u. 51. Längs- und Querschnitt durch den senkrechten Kammerschwelofen von Dr. Otto & Co.

und er wird aus hitzebeständigem Metall hergestellt. Auf diese Weise wird die Wärme von den beheizten Wandflächen auf die anliegenden Füße des T-Eisen-Einsatzes übertragen, über die Stege weitergeleitet und von der dazwischen liegenden Kohlenbeschickung aufgenommen, so daß die Durchsatzleistung der bei Hochtemperaturverkokung ohne Einsatz betriebenen Kammer nicht nur erreicht, sondern sogar um etwa 150% übertroffen wird.

Die Abb. 50 und 51 zeigen einen solchen Vertikalkammerschwelofen in zwei Schnitten, der sich, abgesehen von den Einsätzen, so wenig von den im Gaswerksbetrieb bewährten Öfen gleicher Bauart unterscheidet, daß weitere Einzelheiten hier übergangen werden können.

Durch die Metalleinbauten wird die Beschickung in dünne ruhende Schichten unterteilt, und der Wärmeübergang erfolgt mit gleichem Zeitaufwand wie in einer ganz aus Eisen bestehenden Kammer.

Die Schwelung der Kohle verläuft ohne Koksnaht, und der langsam und vorsichtig einer Kammerzeile entnommene Schwelkoks bildet eine zusammenhängende Platte mit dichtem gleichmäßigen Gefüge, die beim Austrag und bei der Abförderung natürlich in Stücke zerbricht.

Gegenüber Eisenkammern bietet der Ofen den Vorteil gemauerter Heizzüge, und durch Anwendung von Rekuperatoren oder Regeneratoren steht die Wärmewirtschaft den normalen Verhältnissen des Gaswerksbetriebes nicht nach. Der Otto-Schwelofen erlaubt es, die Temperatur der Heizzüge ebenso hoch, wie bei der normalen Entgasung, also auf etwa 1000—1250° C zu halten, während die Schweltemperatur innerhalb der Kammer 530° C nicht übersteigt.

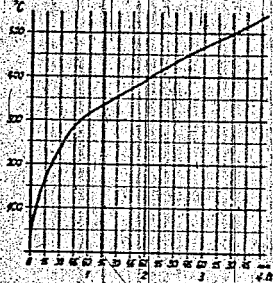


Abb. 52. Temperaturverlauf im Schwelofen mit Einsätzen von Dr. Otto & Co.

Über die Entgasungsdauer im Otto-Vertikalschwelofen mit Eiseneinsätzen unterrichtet das in der Abb. 52 wiedergegebene Kurvenblatt, dessen Ordinaten die Garungszeit in Stunden andeutet, während die Temperaturen als Abszissen aufgetragen sind. Der Kurvenverlauf läßt erkennen, daß die Schwelzeit bei 530° C rd. 4 h beträgt.

Die Eiseneinbauten des Otto-Schwelofens sind herausnehmbar, so daß sie ausgewechselt

werden können, ohne den Ofen kaltlegen zu müssen. Bei Entfernung der Eiseneinbauten kann man mit diesem Ofen ohne weiteres auf normalen Entgasungsbetrieb bei hohen Temperaturen übergehen, so daß der Ofen eine große Anpassungsfähigkeit an wechselnde Betriebsbedingungen besitzt.

Ein solcher Vertikalkammerschwelofen ist in Bochum-Dahlhausen seit Sommer 1936 in Betrieb. Es wird ein guter Schwelkoks mit 11—12% flüchtigen Bestandteilen erzeugt.

Die Entteerung des Schwelgases erfolgt dabei auf elektrischem Wege, wobei die üblichen Ausbeuten in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Durchsatzkohle mühelos erreicht werden.

Einen Blick von unten in die Kammer mit geöffneter Bodentür zeigt die Abb. 53.

Abb. 53. Senkrechter Kammerschwelofen von Dr. Otto mit geöffneter Entladetür.

Über die mit diesem Verfahren erreichten Ergebnisse liegen die folgenden Angaben vor:

Ausbeuten.	
Schwelkoks mit 11% flüchtigen Bestandteilen	78%
Schwelteer	7,5%
Ammoniak	0,1%
Leichtöl	0,8%
Gas	110 m³/t
Oberer Heizwert des Gases	6600—7300 kcal/m³

Die Anwendung von Eisenwänden zur Unterteilung senkrechter gemauerter Schwelkammern ist übrigens nicht neu und wurde bereits vor einem Jahrzehnt von Illingworth[1]) eingeführt, der mehrere solcher Anlagen sowohl in England als auch in Frankreich erbaute. Illingworth benutzt aber nur eiserne Querwände, die mit Wulsten in die Mauerwände hineinreichen, so daß die Kohle an zwei Seiten jeder Zelle die nackte Mauer berührt. Außerdem sind die eisernen Querwände etwas schräg eingesetzt, so daß die einzelnen Schwelzellen sich nach oben verjüngen.

Neben dem senkrechten ist auch ein waagerechter Kammerofen für die gleichen Zwecke von Dr. Otto entwickelt worden, der sowohl als Schwelofen wie auch bei Mitteltemperatur betrieben werden kann. Diese Bauart ist im Abschnitt Mitteltemperaturverkokung weiter hinten angeführt.

9. Tellerschwelofen von Ab-der-Halden.

Der in Frankreich von Ab-der-Halden entwickelte Tellerschwelofen ist insbesondere auf den Durchsatz nicht backender feinkörniger Brennstoffe zugeschnitten, und er eignet sich daher auch für die Verarbeitung von Kohlenschlamm und bituminösen Brennstoffen so feinkörniger Beschaffenheit, wie sie in anderen Öfen nicht oder doch nur mit Schwierigkeit geschwelt werden können. Bei dem Entwurf des Ofens wurden die folgenden grundsätzlichen Bedingungen berücksichtigt.

Die Temperatur soll an keiner Stelle die zur Teerentbindung notwendige überschreiten. Die entbundenen Dämpfe dürfen in keinem Falle mit heißen Flächen in Berührung kommen, die eine thermische Zersetzung verursachen. Jede Staubentwicklung soll unterbunden werden, um eine Verstaubung des Teers zu vermeiden. Diesen Bedingungen entspricht der in der Abb. 54 im senkrechten Schnitt wiedergegebene Ofen von Ab-der-Halden.

Die runde Eisenplatte *a* hat für einen Tagesdurchsatz von 25 t einen Durchmesser von 5 m, für 50 t 7 m und für 100 t 10 m. Sie ist auf der senkrechten Welle *b* befestigt, die durch das Schneckenvorgelege *c* in ganz langsame Umdrehung versetzt wird. Durch die schrägen Stützen *d* wird der Rand des Tellers getragen. Die Platte *a* wird von unten beheizt, und zwar strömen Verbrennungsgase aus der Kammer *e* in der in der Abb. 54 durch Pfeile angedeuteten Richtung und entweichen durch den Fuchs *f*. Ihre fühlbare Wärme wird auf dem Weg zum Schornstein zur Trocknung und Vorwärmung des Schwelgutes ausgenutzt. Zum Abschluß des

[1]) I. S. 441.

Heizraumes nach außen dichtet eine Leiste unter dem Rand des Tellers in der Sandtasse g ab. Der Schwelraum des Ofens ist oben durch die Platten h abgedeckt, die in dem aus Eisenfachwerk bestehenden Oberbau i hängen, der in der Mitte den Fülltrichter k aufnimmt, dem die Kohle durch die Schurre l aus dem Bunker zuläuft. Der Trichter reicht bis zu einem gewissen Abstand mitten auf die Platte a; und es sind an seinem unteren Ende Schieber m vorgesehen, die in ihrer Höhenlage einstellbar den Durchsatz des Ofens beeinflussen. Auf dem Teller a sind schließlich noch einstellbare Verteiler vorgesehen, um die Verdrängung der Kohle nach deren Randlhin zu regeln; diese sind aber in der Abb. 54 nicht berücksichtigt. Der an einer Stelle des Tellerrandes abgestreifte feinkörnige Schwelkoks rutscht durch eine Verbindungsschurre in den Sammler n, dessen Boden als Drehteller ausgebildet ist und dieser wirft ihn gleichmäßig in die

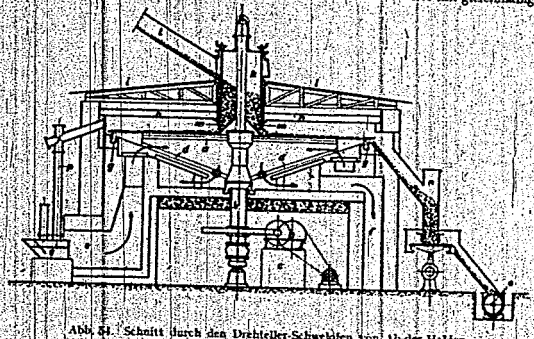


Abb. 54. Schnitt durch den Drehteller-Schwelofen von Ab-der-Halden.

Förderrinne o ab. An der entgegengesetzten Seite des Ofens ist in der Abb. 54 der Schwelgasabzug p angedeutet, der die Gase und Dämpfe in die Vorlage q leitet, aus der sie abgesaugt und der Entteerung zugeführt werden.

Wie aus der Abb. 54 und der vorstehenden Beschreibung hervorgeht, handelt es sich bei diesem Ofen um eine sehr einfache Bauart, die, bezogen auf den Durchsatz, einen verhältnismäßig geringen Kapitalaufwand erfordert. Da der Ofen nur nichtbackende Kohlen durchsetzt, muß der Schwelkoks, sofern es sich nicht um die Verarbeitung von Nußkohlen bis zu 20 mm Korngröße handelt, nachträglich brikettiert werden, falls er nicht als Brennstaub an Ort und Stelle verwertet werden kann, während beim Durchsatz feinkörniger oder staubförmiger Ölschiefer eine Weiterverwertung an sich ausscheidet. Eine solche Schwelanlage ist bei der Bergwerksgesellschaft Saar & Mosel erbaut worden, eine weitere ist in Jugoslavien in Betrieb. Die Teerausbeute erreicht 90% auf die Analyse nach Fischer bezogen.

10. Verfahren der Compagnie Générale Industrielle Carmaux.

Die oben genannte französische Gesellschaft wendet einen senkrechten Kammerofen mit Außenbeheizung zum Schwelen von Steinkohlenpreßlingen an und verhindert durch eine entsprechende Vorbehandlung der Beschickung das gefürchtete Zusammenbacken der Preßlinge beim Erweichen der Oberflächen unter dem Einfluß der Wärme. Die diesem Zweck dienende Anlage ist in der Abb. 55 senkrecht durch eine Kammer geschnitten dargestellt und man erkennt einen senkrechten Kammerofen, wie er im Gaswerksbetrieb Verwendung findet. Die Kammern bestehen aus Stahlblech und sie werden durch senkrechte Züge an den Längsseiten beheizt, wobei, um der Temperatureinstellung Rechnung tragen zu können, eine Art Umlaufheizung unter Zumischung von Rauchgas in den einzelnen in der Abbildung nicht berücksichtigten Heizrügen vorgesehen ist. Im übrigen weicht die Einrichtung des Ofens kaum von den im Gaswerksbetrieb

gebräuchlichen ab. Die rohen Steinkohlenpreßlinge werden in den Hochbehälter *a* befördert, aus dem sie in die der Vorbehandlung dienenden zylindrische Einrichtung *b* überführt werden, deren Inhalt zeitweise in die Schwelkammer gleitet. Aus dem Abgaskanal treten die Verbrennungsgase durch den senkrechten Kanal *c* in die Rohrleitung *d* und sie werden mittels des Gebläses *e* durch die Beschickung des Zylinders *b* gesaugt. Gleichzeitig wird durch den Ventilator *f* und die wie ein Injektor in das Rohr *d* eintretende Leitung *g* Luft in das Rauchgas geblasen, so daß die Preßlinge im Zylinder *b* neben der Vorwärmung gleichzeitig einer Oxydation unterworfen werden. Eine Abzweigleitung *h* leitet heißes Rauchgas durch den Dampfkessel *i* und der darin erzeugte Dampf wird in bekannter Weise unten in die Schwelretorte eingeführt, um die Wärmeübertragung durch die Spülgaswirkung zu verbessern und durch seine schützende Wirkung Zersetzungen der Teerdämpfe an den Schwelkammerwänden zu erschweren, insbesondere auch um die Schwelkokspreßlinge in der untersten Zone gleichzeitig zu kühlen. Die ganze Einrichtung der Anlage bietet weitgehende Einstellmöglichkeiten. Unter dem Einfluß von Wärme und Sauerstoff werden die Preßlinge in der Einrichtung *b* von Feuchtigkeit befreit und gelüftet, wobei die äußeren Oberflächen ihre backenden Eigenschaften verlieren, so daß sie bei der nachfolgenden Schwelung nicht mehr zusammenbacken. Dem Rauchgas werden vor Eintritt in den Behälter *b* etwa 60 % Luft zugesetzt und bei einer Spülgastemperatur von 250° C wird die Beschickung etwa 4 h behandelt, wobei diese nur als Beispiel angeführten Bedingungen der Beschaffenheit der Kohle angepaßt werden müssen. Die Schwelkammer wird in Zeitabständen von 4 h zu einem Drittel entleert und danach der Inhalt des Behälters *b* in die Kammer überführt. Die Abmessungen sind so getroffen, daß die Schwelkammer drei Füllungen des Behälters *b* aufzunehmen vermag. Als Maß für die unten ausgetragene Menge an Schwelkokspreßlingen dient der Kokswagen *k*, nach dessen Füllung die Beschickung so weit abgesunken ist, daß die Schwelkammer die im Behälter *b* enthaltenen Preßlinge aufzunehmen vermag. Die Schweldauer der Preßlinge erfordert danach die dreifache Zeit gegenüber der Vorbehandlungsdauer. In dieser Anlage können Preßlinge geschwelt werden, die lediglich aus backender Feinkohle bestehen oder auch unter Zusatz von Pech oder einem anderen Bindemittel verpreßt sind.

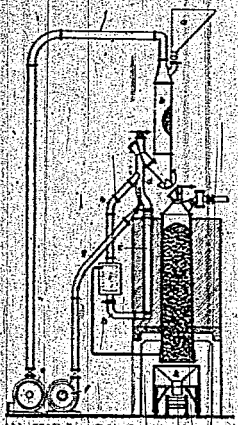


Abb. 53. Brikett-Schwelretorten der Compagnie Générale Industrielle in Carmaux.

Das sehr sinnreich entwickelte Verfahren hat sich gut bewährt und auf der Anlage in Carmaux sind 20 solcher Öfen in Betrieb, die insgesamt 100 t Schwelpreßlinge täglich verarbeiten. Es handelt sich dabei um einen wertvollen rauchlosen Brennstoff, der zu angemessenen Preisen guten Absatz findet. Im Betrieb dieser Anlage hat sich die eine Härtung der Außenhaut der Preßlinge bewirkende Vorbehandlung bei gleichzeitig leichter Oxydation gut bewährt, so daß zusammenbackende Brikettreste nicht auftreten. Die fertigen Preßlinge kühlen in kurzer Zeit ab und trotz ihrer leichten Verbrennlichkeit neigen sie bei der Lagerung nicht zur Selbstentzündung. Über die Haltbarkeit der Eisenkammern liegen Erfahrungen noch nicht vor, doch wird die Beheizung so eingestellt, daß eine unmittelbare Berührung der Gasflammen mit den Eisenwänden vermieden wird, so daß man in dieser Hinsicht keine Bedenken hat.

b) Die Spülgasschwelung der Steinkohle.

Ebenso wie bei der Braunkohle hat auch die Spülgasschwelung der Steinkohle große Fortschritte gemacht, was im Bau mehrerer Anlagen dieser Art zum Ausdruck kommt. Die Anwendung der Spülgasschwelung auf die Steinkohle setzt voraus, daß die verarbeiteten Kohlen kein übermäßiges Back- und Blähvermögen besitzen. Eine geringe Neigung zum Backen stört

den Spülgasprozeß nicht, da durch die Spülwirkung der Gase ein rascher Abtransport der Teerbildner aus dem Kohlekorn erfolgt, so daß z. B. auch Kohlen, die bei der Tiegelprobe ein gewisses Backvermögen zeigen, doch ohne weiteres für die Spülgasschwelung geeignet sind. Mit zunehmender Backfähigkeit wird jedoch der glatte Ofenbetrieb gestört und schließlich unmöglich gemacht.

1. Backneigung der Kohle.

Es ist seit längerem bekannt, die Back- und Bläheigenschaften von Steinkohle durch eine oxydierende oder thermische Vorbehandlung — Alterung — zu verringern und unter Umständen zu beseitigen. Auf diese Weise kann man auch stärker backende Steinkohle für die Verarbeitung im Spülgasofen geeignet machen. Diese Vorbehandlung erfolgt bei Temperaturen, die unter der eigentlichen Backtemperatur liegen, bei der die Kohlensubstanz bei weiterer Erhitzung in den Fließzustand gerät. Ausgehend von der rein oxydierenden Behandlung mit schwach erwärmter Luft kann man mit allmählicher Verminderung des Sauerstoffgehaltes der für die Vorbehandlung benutzten Gase und unter Steigerung der Temperatur bis zur rein thermischen Behandlung alle dadurch gegebenen Zwischenstufen für die Beseitigung der Back- und Bläheigenschaften anwenden. Die Wirkung der oxydierenden und thermischen Vorbehandlung beschränkt sich auf die dem Behandlungsgas ausgesetzte Kohlenoberfläche. Sie kann verstärkt werden, wenn man durch Feinmahlung der Kohle deren Oberfläche vergrößert. Es trägt dies wesentlich zur Verkürzung der für die ausreichende Alterung der Kohle erforderlichen Behandlungsdauer bei. Von dieser Maßnahme kann jedoch für die Spülgasschwelung kein Gebrauch gemacht werden, da hierfür eine gewisse Stückigkeit des zu verschwelenden Brennstoffs vorausgesetzt werden muß. Die nur auf die Kohlenoberfläche beschränkte Alterung wirkt einem Zusammenbacken der Kohlenstücke entgegen, verhindert aber nicht, daß der Kern bei Erreichen der Backtemperatur in einen fließbaren Zustand gerät. Aus diesen Gründen muß man sich für die technische Behandlung mit einer teilweisen Alterung begnügen, so daß für die Spülgasschwelung vorzugsweise nur mäßigbackende, stückige Steinkohlen, insbesondere Gasflammkohlen, in Frage kommen.

Da fast alle Steinkohlen mit einem die Schwelwürdigkeit bedingenden Teergehalt eine gewisse Neigung zum Backen zeigen, ist man, wie bereits erwähnt, auf eine Vorbehandlung und andere Kunstgriffe angewiesen, um die Spülgasschwelung ohne Störung durchführen zu können. Mit den einschlägigen Untersuchungen befaßten sich Jäppelt und Steinmann[1]) und schlugen die Zumischung von Braunkohlenbriketts vor, mit denen man sich als einem ortsfremden Rohstoff nur selten befreunden wird. Als einigen anderen Ausweg empfehlen auch sie eine oxydierende Vorbehandlung der Kohle, um die Backfähigkeit weitgehend aufzuheben, wozu sie in ihre Versuchsanlage einen sog. Alterungsschacht eingegliedert haben. Zur Spülgasschwelung der Steinkohle konnte man sich weitgehend auf die mit der Braunkohlenschwelung gemachten Erfahrungen stützen und der auf S. 21 bereits ausführlich beschriebene Lurgi-Ofen ist mit geringfügigen Abänderungen auch zur Spülgasschwelung von Steinkohle erfolgreich in Betrieb.

2. Steinkohlenspülgasschwelofen der Lurgi-Gesellschaft.

Der Lurgi-Spülgasofen für Steinkohle weicht in baulicher Hinsicht in verschiedenen Punkten von dem Schwelofen für Braunkohle ab. An Stelle des Vortrockners tritt eine Einrichtung, die neben der Trocknung hauptsächlich zur Verringerung des Back- und Blähvermögens der Kohle durch eine oxydierende thermische Vorbehandlung dient.

Für die Behandlung von Kohlen mit stärkerem Backvermögen wird die Schwelzone des Lurgi-Ofens in zwei oder auch drei Stufen unterteilt. Die obere Stufe dient zu einer rein thermischen Behandlung durch Erhitzung der Kohle bis nahe an die Backtemperatur, d. h. beispielsweise 380—400° C, wodurch die Plastizität der Kohle verringert wird. In der anschließenden Schwelstufe erfolgt die Ausschwelung mit einer Temperatur von 450—550° C. Eine dritte Stufe kann schließlich zur Nachentgasung des Schwelkokses angeordnet werden, um dem Schwelkoks bezüglich seines Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen die Beschaffenheit zu geben, die ihn für seinen weiteren Verwendungszweck geeignet macht. Der Koks gelangt im unteren Teil des Schachtes in eine Kühlzone, in der er durch Spülgas auf etwa 100° C herabgekühlt wird, wodurch die im Koks enthaltene Wärme für den Schwelvorgang wieder nutzbar gemacht werden kann.

[1]) Öl u. Kohle 13 (1937) S. 1027 u. 1150.

Einen Schnitt durch den zur Spülgasschwelung der Steinkohle von der Lurgi-Gesellschaft angewandten Ofen zeigt die Abb. 56 in schematischer Darstellung, worin die Zone für die oxydierende Vorbehandlung der Kohle mit *A*, die Vorschwelzone mit *B*, die thermische Alterungszone mit *C*, die Nachschwelzone mit *D* und die Kokskühlzone mit *E* bezeichnet ist. Im übrigen lehnt sich die Bauweise dieser Öfen, insbesondere hinsichtlich der Spülgasführung und -durchdringung grundsätzlich an die Braunkohlenschwelöfen an, wobei die Unterschiede, welche sich aus der für die Steinkohle abgeänderten Arbeitsweise ergeben, Berücksichtigung finden. Eine Lurgi-Spülgas-Schwelanlage für Steinkohle mit einer Tagesleistung von rd. 150 t wurde für die Verarbeitung englischer Kannelkohle erbaut. Die Verarbeitung von Kannelkohle in Lurgi-Öfen bereitete keine Schwierigkeiten. Die Beschaffenheit des dabei anfallenden Schwelteers ist in dem Abschnitt „Schwelerzeugnisse" berücksichtigt.

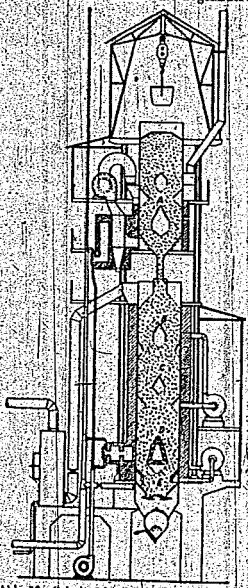


Abb. 56. Schnitt durch einen Lurgi-Steinkohlenspülgasschwelofen.

Auf Grund der bei dem Bau dieser Anlage gemachten Erfahrungen sind gegenwärtig drei Lurgi-Spülgasanlagen im Bau oder im Betrieb zur Schwelung deutscher Steinkohle aus dem oberschlesischen Revier, dem Ruhrgebiet und dem Ölsnitzer Revier. Dabei handelt es sich um Steinkohlen ganz verschiedener Beschaffenheit, die sowohl hinsichtlich des Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen wie bezüglich des Back- und Blähvermögens stark voneinander abweichen. Die Ölsnitzer Kohle wurde nach vorheriger oxydierender Behandlung geschwelt. Aus der eingesetzten Würfelkohle wird ein für Hausbrandzwecke brauchbarer Schwelkoks erzeugt, auf dessen Eigenschaften weiter hinten eingegangen wird. Ein solcher, auf einen Durchsatz von täglich 20—25 t Stück- oder Nußkohle zugeschnittener Schwelofen aus dem Ölsnitzer Revier wurde, wie bereits erwähnt, im sächsischen Steinkohlenrevier erbaut. Die Anlage ist im Lichtbild in der Abb. 57 wiedergegeben, auf der insbesondere das Förderband zur Abfuhr des ausgetragenen Schwelkokses erkenntlich ist.

Für die erfolgreiche Durchführung der Schwelung von Steinkohle im Spülgasofen ist eine genügende Korngröße der Kohle Voraussetzung. Es werden daher vorzugsweise Erbs-, Nuß- und Würfelkohle geschwelt. In denjenigen Fällen, wo lediglich eine feinkörnige Staubkohle zur Verfügung steht, ist eine vorherige Brikettierung dieser Kohle notwendig. Um bei der Schwelung von Briketts einen festen stückigen Schwelkoks erzeugen zu können, ist auf die Herstellung der Briketts und auf die Wahl des Bindemittels besondere Sorgfalt zu verwenden. Auch ist es notwendig, bei der Verarbeitung von stark backenden Steinkohlen das Backvermögen durch eine oxydierende oder thermische Behandlung zu verringern. Im Lurgi-Ofen sind Betriebsversuche durchgeführt worden, bei denen Briketts verschiedener Beschaffenheit zur Verarbeitung gelangten. Am erfolgreichsten erwies sich je nach Art der verwendeten Kohle der Einsatz von Briketts, die unter Zuhilfenahme von organischen Bindemitteln hergestellt wurden oder von solchen Briketts, welche aus geeigneter Kohle nach dem für Braunkohle erprobten Verfahren der bindemittellosen Brikettierung hergestellt worden waren.

Der aus brikettierter Steinkohle hergestellte Schwelkoks zeichnet sich durch eine außerordentlich gleichmäßige Korngröße aus, da es bei richtiger Betriebseinstellung und Führung des Verfahrens möglich ist, die Form der Briketts praktisch vollständig zu erhalten.

3. Verfahren der Kollergas-Gesellschaft.

Die Deutsche Kollergas-Gesellschaft in Berlin hat an der Entwicklung des Spülgasschwelofens erfolgreichen Anteil genommen. Es war ursprünglich sehr schwierig, die Beschickung runder Schachtöfen mit größerer lichter Weite gleichmäßig mit Spülgasen zu durchdringen, und es blieb stets in der Mitte des Schachtes eine Säule ungenügend abgeschwelter Kohle. Die Kollergas-Gesellschaft hat die Aufgabe des Schwelbetriebes mit zylindrischen Schachtöfen sehr sinnreich gelöst, indem sie den Spülgaseintritt in die Mitte des Schachtes stellt und den Schwelkoks mittels eines Drehtellers unten austrägt.

Der Schwelofen ist in der Abb. 58 im Schnitt dargestellt. Er besteht aus einem zylindrischen, innen ausgemauerten Schacht, der oben die Beschickvorrichtung trägt und seitlich mit einem Gasabgangsstutzen versehen ist. Der Austrag am unteren Ende des Schachtes erfolgt durch einen Drehteller, ähnlich wie beim normalen Gaserzeuger. Der Koksaustrag ist von einem Sammelgehäuse umgeben, in das gleichzeitig kaltes Gas eingeblasen wird, um den Koks zu kühlen, wonach er durch eine Zellenwalze zeitweise unten abgezogen wird. Ganz unten in der Abb. 58 erkennt man die Brenn- und Mischkammer, aus der die Verbrennungsgase, genau auf Schweltemperatur abgetönt, durch ein ausgemauertes Rohr in die Mitte des Schwelschachtes geleitet werden, in welchem sie sich über den ganzen Querschnitt verteilen, durch die Beschickung nach oben strömen und ihre Schwelung bewirken.

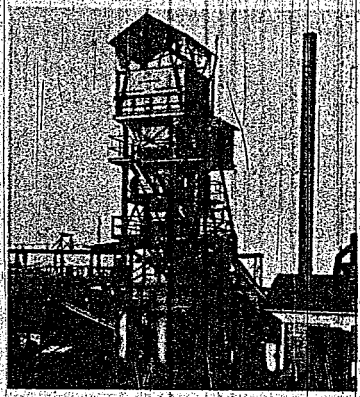


Abb. 57. Lurgi-Steinkohlen-Spülgasschwelanlage auf einer sächsischen Zeche.

In sehr einfacher Weise ist es der Kollergas-Gesellschaft gelungen, die Erzeugung eines hochheizwertigen Schwelgases mit der Spülgasschwelung zu vereinen. Diesen Ofen zeigt die Abb. 59 im Schnitt, wobei an die Stelle der Brennkammer ein Wärmeaustauscher oder Rekuperator tritt, in welchem das als Spülgas dienende entteerte Schwelgas durch mittelbare Beheizung entsprechend erwärmt wird. Das geht ohne Schwierigkeiten, denn die hierbei erforderlichen Temperaturen sind zu niedrig, als daß man Zersetzungen der Kohlenwasserstoffe zu befürchten hätte. Im übrigen entspricht die Bauart dieses Schwelofens in jeder Beziehung dem bereits in Verbindung mit der Abb. 58 besprochenen.

Zur Aufheizung des als Wärmeträger dienenden Schwelgases dient ein eiserner Röhrenerhitzer, der, sofern eine andere Wärmequelle nicht zur Verfügung steht, mit Schwel- oder Generatorgas beheizt wird.

Eine vollständige Schwelanlage der Kollergas-Gesellschaft, wie sie auf einer oberschlesischen Zeche erfolgreich in Betrieb ist, zeigt das in der Abb. 60 wiedergegebene Umlaufbild. Das aus der Kohle entbundene Schwelgas wird oben aus dem Schachtofen *a* abgesaugt und durch die Einrichtungen zur Entteerung und Leichtölgewinnung geleitet, und zwar zuerst durch den Staubabscheider *b*, den Theisenwascher *c* mit dahintergeschaltetem Tropfenfänger *d*. Eine Kreiselpumpe *e* dient zur Berieselung des Theisenwaschers. In dem Berieselungskühler *f* wird das Gas durch unmittelbare Berührung mit Wasser gekühlt, und es tritt dann durch den mit Öl berieselten Leichtölwascher *g*, dem das Waschöl durch den Ölkühler *h* zugeführt wird. Das Gas wird von dem Gebläse *i* angesaugt und in zwei Hauptströmen fortgedrückt; und zwar gelangt das in der Leitung *k* fortgedrückte Gas durch den Röhrenerhitzer *l* als Wärmeträger in das der Verteilung

dienende Standrohr mitten im Schachtofen *a*, während der in der Leitung *m* fortgedrückte Teil des Schwelgases unten in die Kokszone des Schachtes *a* eintritt und darin die Kühlung des Kokses bewirkt. Das Gas wärmt sich dabei an, tritt durch die Beschickung im Schacht *a* hoch und vermischt sich im Oberteil mit dem aus dem Standrohr eintretenden, im Erhitzer *f* vorgewärmten Gas. An der Abzweigstelle der beiden Leitungen *k* und *m* wird durch das Rohr *n*, in das ein Druckregler eingebaut ist, das überschüssige Gas an die betreffende Verwendungsstelle abgeführt. Durch eine Leitung *o* mit Druckregler *p* gelangt das Gas zu dem Brenner *q* des Erhitzerofens *f*, wobei dem Brenner durch ein kleines Gebläse gleichzeitig die Verbrennungsluft zugeführt wird. Der Erhitzerofen ist zur Abführung der Verbrennungsgase mit einem Schornstein *r* verbunden, und ein Ventilator *s* saugt eine einstellbare Abgasmenge zurück und bläst sie in den Verbrennungsraum des Erhitzers *f* ein, dessen Temperatur sich dadurch unter Vermeidung von Stichflammen sehr genau einstellen läßt. Da das vom Berieselungskühler *t* ablaufende Wasser Ölteile aufnimmt, wird es in einen Scheidebehälter *t* geleitet und danach mittels der Kreiselpumpe *u* auf das Kühlgerüst *v* befördert, aus dessen Sammelrinne die Pumpe *w* das Wasser wieder dem Kühler *t* zuführt. Die Abb. 59 läßt die einfache und übersichtliche Bauweise erkennen.

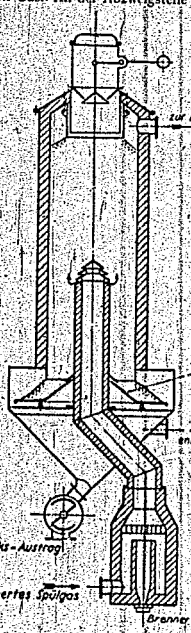


Abb. 58. Spülgasschwelofen der Kollergas-Gesellschaft.

In der Abb. 61 ist ein Schaubild wiedergegeben, das die Stoffaufteilung zeigt, wie sie den Ergebnissen einer in Oberschlesien in Betrieb befindlichen Kollergas-Schwelanlage entspricht, auf der täglich rd. 60 t Rußkohle durchgesetzt werden. Die Spannen der einzelnen Werte entsprechen der wechselnden Beschaffenheit der Kohle und kennzeichnen gleichzeitig Änderungen der Betriebseinstellung, durch die sich die Ausbeuten ebenfalls beeinflussen lassen.

Die Kollergas-Gesellschaft macht als besonderen Vorzug ihres Verfahrens Anspruch darauf, daß das auf den Kohlendurchsatz bezogene erforderliche Anlagekapital wegen der Einfachheit der Bauweise besonders niedrig liegt.

4. Delkeskamp-Verfahren.

Der im Jahre 1936 verstorbene Dr. Rudolf Delkeskamp hatte die Schwelung zur Brennstoffveredlung zu seiner Lebensaufgabe gemacht und in rastlosem Fleiß über mehrere Entwicklungsstufen[1]) entwickelt er ein Verfahren, das eine große Anpassungsfähigkeit an die verschiedensten Ausgangsbrennstoffe besitzt. Die von Delkeskamp eingeleitete Entwicklung wird seit seinem Tode von seinem ersten Mitarbeiter, Dipl.-Ing. G. Merkel, weitergeführt. In

[1]) I. S. 102.

der Erkenntnis, daß eine Wirtschaftlichkeit der Schwelung nur dann erreichbar ist, wenn außer gutem Schwelteer gleichzeitig ein hochwertiger Schwelkoks gewonnen wird, hat Delkeskamp stets besonderen Wert darauf gelegt, einen festen Schwelkoks von wahlweise veränderlicher Dichte, Form und Stückgröße herzustellen und so dem Schwelkoks durch Anpassung seiner Eigenschaften an die jeweils in Frage kommende Verwendungsart höchstmöglichen Wert zu verleihen. Zu diesem Zweck bedient sich Delkeskamp einer Formgebung des feinkörnigen Brennstoffes durch geeignete Brikettierung, die bei Verarbeitung von Steinkohlen vor, und bei Verarbeitung von Braunkohlen hinter die Schwelung geschaltet wird.

Delkeskamp vertritt den Standpunkt, daß diese Art der Formgebung insbesondere bei der Schwelung von Steinkohlen jeder anderen vorzuziehen ist, weil Briketts in technisch einfachen, larglebigen, mit Spülgas beheizten Schachtöfen von sehr hoher Durchsatzleistung geschwelt werden können, und daß aus dem gleichen Grunde die Schwelung feinkörniger Steinkohle durch vorhergehende Brikettierung nicht verteuert, sondern im Gegenteil erheblich verbilligt wird. Die Brikettierungskosten, die sich im wesentlichen aus den Aufwendungen für Kraft und Bindemittel zusammensetzen, spielen keine erhebliche Rolle, denn die erforderliche Kraft kann aus dem überschüssigen Schwelgas erzeugt werden, und als Bindemittel genügt das bei der Schwelteeraufbereitung an-

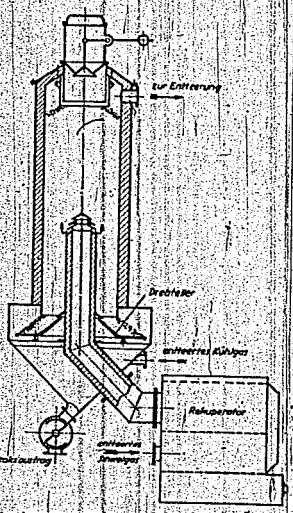


Abb. 59. Schwelofen der Kollergas-Gesellschaft zur Verwendung von Schwelgas als Spülgas.

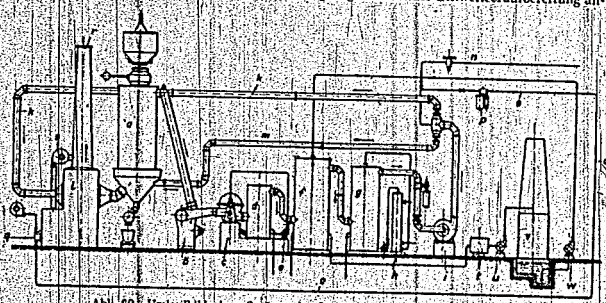


Abb. 60. Umlaufbild einer Spülgasschwelanlage der Kollergas-Gesellschaft.

fallende Pech, das zudem bei der Brikettschwelung in Form von Schweröl teilweise wiedergewonnen wird.

Delkeskamp wirft daher in diesem Zusammenhange sogar die Frage auf, ob es nicht wirtschaftlicher wäre, selbst gröbere Steinkohlensorten nach diesem Verfahren zu verarbeiten anstatt sie in natürlicher Nußform zu schwelen, wobei je nach der Kohle eine Vorbehandlung, in Kauf genommen werden muß. Die Vorbehandlung kann entfallen, wenn der Schwelung eine innige Mischung und Brikettierung der zerkleinerten Kohle vorausgeht, wobei der Backfähigkeitsgrad der Kohle durch geeignete Zusammensetzung des Gemisches zweckentsprechend abgestimmt werden kann. Je nach der Art der Kohle kann sich die Vermeidung der Vorbehandlung wirtschaftlich so günstig auswirken, daß das Zerkleinern, Mischen und Brikettieren grobkörniger Steinkohle einer langdauernden Vorbehandlung zwecks Abstimmung ihres Backvermögens vorzuziehen ist. Hierüber können jedoch nur genaue Untersuchungen und Berechnungen von Fall zu Fall Aufschluß geben.

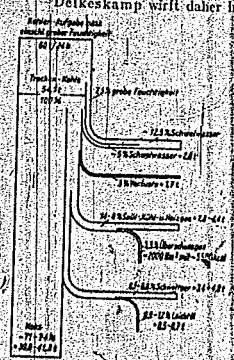


Abb. 61. Ausbeutezahlen einer in Oberschlesien erbauten Spülgasschwelanlage der Kollergas-Gesellschaft.

5. Spülgasschwelöfen von Delkeskamp.

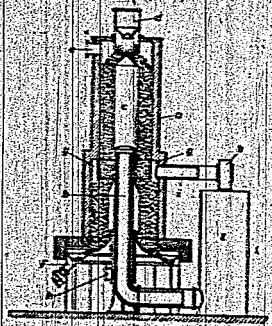
Den von Delkeskamp entwickelten Spülgasschwelofen in seiner einfachsten Form zeigt die Abb. 62 im Schnitt. Er hat die Form eines Drehrostgaserzeugers, wobei der Koksaustrag an die Stelle des Aschenauswurfs tritt, der entsprechend umkleidet ist und unten einen mit Austragschleuse versehenen Sammelraum für den Schwelkoks bildet. Das Spülgas wird durch das mitten in den Schacht von unten senkrecht eingebaute Rohr zugeführt, und damit es sich unmittelbar nach seinem Austritt waagerecht über den ganzen Beschickungsquerschnitt gleichmäßig verteilt, ist in den Schacht ein unten geschlossener Prallzylinder eingebaut, dessen unteres Ende in der Höhe verstellbar ist, um die Weite des ringförmigen Gasaustrittschlitzes verändern zu können. Der Prallzylinder ist in radial angeordneten Streben oben im Schacht aufgehängt, sein Durchmesser entspricht fast dem des Gasaustrittsrohres, damit die Beschickung von oben an gleichmäßig absinkt.

Abb. 62. Schnitt durch den Spülgasschwelofen von Delkeskamp.

Während die vorstehend beschriebene Bauart den Ofen in seiner grundsätzlichen und einfachsten Ausführungsform zeigt, ist er, wie die Abb. 63 zeigt, in wärmetechnischer Hinsicht weiter vervollkommnet und ergänzt worden. Man erkennt den Schacht *a* mit dem senkrechten Rohr *b* zur Einführung der Spülgase und im Oberteil den Prallzylinder *c*, dessen kegelförmige Spitze unter der Beschickungsschleuse *d* als Verteiler dient. Seitlich daneben ist der Gasabgang *e* vorgesehen, während der Koksaustrag mit *f* bezeichnet ist. Der Schacht des Ofens ist in Höhe des Spülgaseintritts in die Beschickung abgesetzt und unten erweitert, während der innere Eisenzylinder noch ein Stück in den Unterteil hineinreicht, so daß hier der Ringkanal *g* gebildet wird. Durch den Anschluß *h* wird kaltes Gas in die Kokskühlzone eingesaugt, das sich nach Aufnahme der Kokswärme in dem Ringkanal *g* sammelt und durch das Rohr *i* austretend von dem Ventilator *k* durch den Erhitzer *l* gedrückt wird, aus dem es wieder in das Zuführungsrohr *b* gelangt.

Der in der Abb. 63 mit *l* bezeichnete Gaserhitzer ist in der Abb. 64 gesondert im Schnitt dargestellt. Mit seiner Hilfe soll der Heizwert des überschüssigen Schwelgases erhöht werden, um seine Verwendung zu erleichtern. Hat das reine Schwelgas einen Heizwert von 6300 kcal/Nm³, so wird sich dieser bei einer neunfachen Verdünnung mit Rauchgas auf 700 kcal/Nm³ verringern, so daß das Überschußgas unter diesen Um-

stünden natürlich wertlos wäre. Um ein brauchbares Spülgas zu erzeugen, hat daher Dellwik-Kamp die in der Abb. 61 wiedergegebene Einrichtung entwickelt. Das den Kühler der Schwelanlage verlassende Kokereigas tritt nach Durchgang durch die Kokskühlzone bei a oben in den aus einem Rohrbündel bestehenden Erhitzer ein, dessen Rohre durch die bei b ein- und bei c ausgetretenden Verbrennungsgase von außen beheizt werden. Das die Rohre unten durch den Anschluß d verlassende, auf etwa 900° C aufgeheizte erwünschte Spülgas gelangt in die Mischkammer e, in der eine solche Verbrennungsgasmenge zugesetzt wird, daß die Endtemperatur des Spülgases auf etwa 550° C ansteigt. Um eine zur Erzeugung der Rauchgase erforderliche Verbrennung in der Mischkammer e



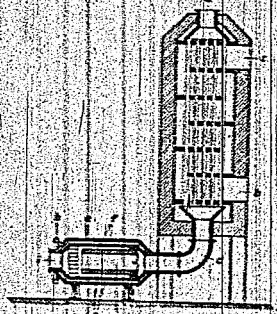


Abb. 61. Spülgaserhitzer von Dellwik-Kamp mit Rauchgaserzeugung durch Koksverbrennung.

Abb. 61. Rauchgaserzeuger und Mischkammer zum Spülgaserhitzer von Dellwik-Kamp.

herbeizuführen, wird durch die radial angeordneten Kanäle f Luft in den Innenzylinder g eingeführt, die eine Teilverbrennung des bereits vorgewärmten Gases bewirkt. Die Misch- und Verbrennungskammer e ist von einem isolierenden Luftmantel umgeben. Die Verbrennungsluft tritt bei h in den Mantel ein und zwar im Gegenstrom zu dem die Kammer durch den Anschluß i verlassenden heißen Spülgase. In dem den Röhrenerhitzer a enthaltenden, mit Steinplatten ausgerüsteten, aus Mauerwerk bestehenden Schacht wird das überschüssige Schwelgas verbrannt, um die zusätzliche Verbrennung des Spülgases zu bewirken, die bei so niedrigen Temperaturen durchgeführt wird, daß mit einer nur geringen Erwärmung der Rohre zu rechnen und ihre Haltbarkeit gewährleistet ist.

5. Coalene-Heißdampf-Spülgasschwelverfahren.

Das für die Anwendung günstigste Spülgas ist unstreitig der Wasserdampf, denn er bewirkt auch bei hoher Überhitzung eine sehr gute Schwelung und verhindert eine nachträgliche Zersetzung der entstandenen Kohlenwasserstoffe. Dann wird er durch Kühlung vollkommen niedergeschlagen, so daß das verbleibende Schwelgas in unverdünnter Form zur Verfügung steht, das sich, in nur geringen Mengen anfallend, in verhältnismäßig kleinen Einrichtungen leicht entteeren und von Öl befreien läßt. Zu Spülgasschwelversuchen in kleinem Maßstabe verwendet man gern Wasserdampf als Wärmeträger, nicht nur wegen der Einfachheit in der Beschaffung, sondern auch deshalb, weil dabei sehr gute Erzeugnisse anfallen, da der eingeführte Wasserdampf nachträglich durch Kühlung niedergeschlagen und damit vollkommen ausgeschieden wird.

Sobald die Spülgasschwelung mit Wasserdampf als Wärmeträger in technischer Hinsicht ist, in wirtschaftlicher Beziehung hat sie sich im Großbetrieb bisher nicht behaupten können, wofür zwei Beispiele[1] vorliegen, und zwar das amerikanische Verfahren von Garland und das

[1] I, S. 299 u. 652.

in England von Turner entwickelte, die beide inzwischen wieder aufgegeben worden sind, weil sie sich wirtschaftlich nicht behaupten konnten.

Im Laufe des letzten Jahrzehnts ist in Amerika ein neues Steinkohlen-Spülgasschwelverfahren von E. H. Records und J. E. Louttit[1]) unter dem Namen Coalene-Verfahren[2]) entwickelt worden, bei welchem ebenfalls Wasserdampf als Wärmeträger dient. Die Anlage ist in Tacoma im Staate Washington erbaut und in Betrieb. Sie soll an Hand der schematischen Abb. 65 im folgenden kurz beschrieben werden.

Der als Wärmeträger dienende Wasserdampf wird in dem mit Schwelgas beheizten Röhrendampfkessel *1* erzeugt, und mit einem Druck von nur 0,7 at durchströmt er den ebenfalls mit

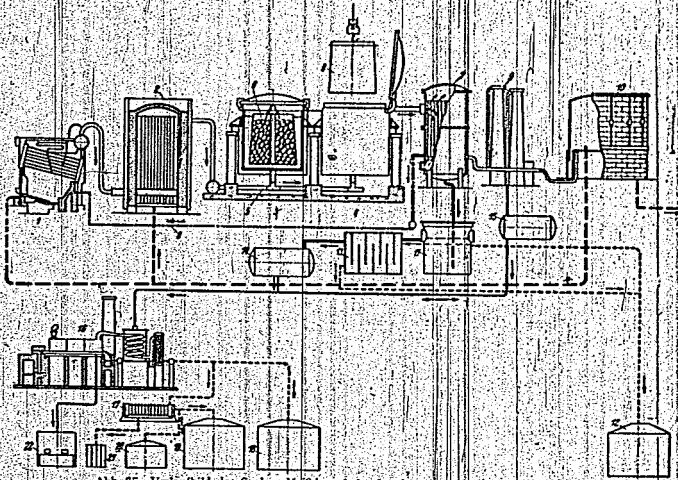


Abb. 65. Umlaufbild des Coalene-Heißdampfschwelverfahrens von Records und Louttit.

Schwelgas beheizten Röhrenüberhitzer *2*, in welchem er auf eine Temperatur von 650°C überhitzt wird. In der zu den Schwelöfen *3* und *4* führenden Leitung *5* wird der überhitzte Dampf auf 0,3 at entspannt und tritt mit diesem Druck und mit geringer Strömungsgeschwindigkeit in die beiden gleichgeschalteten Schwelöfen. Ihre Einrichtung wird weiter unten beschrieben, und hier soll nur vorausgeschickt werden, daß die Schwelung der Kohle in Einsätzen *6* erfolgt, die mittels eines in der Abb. 65 nicht berücksichtigten Krans eingesetzt und herausgenommen werden, so daß die Beschickung und Entleerung der Schwelöfen nur wenige Minuten in Anspruch nimmt. Der die Schwelöfen *3* und *4* oben verlassende, mit Schwelgas und Teerdämpfen vermischte Wasserdampf wird in dem Röhrenkühler *7* niedergeschlagen, wobei das warme Kühlwasser, wie durch die Leitung *8* angedeutet, als Speisewasser dem Dampfkessel *1* zugeführt wird. Das Schwelgas wird in den Waschern *9* von absorbierbaren Ölanteilen befreit und in dem Gasbehälter *10* gesammelt. Das im Wasserkühler *7* niedergeschlagene Schwelwasser-Teer-Gemisch wird in dem Scheidebehälter *11* aufgefangen, aus dem das Schwelwasser in die Grube *12* überläuft, während der Teer durch den mit Stoßplatten ausgerüsteten Scheider *13* fließt, aus dem er in den Sammelbehälter *14* gelangt. Das in den Waschern *9* absorbierte Öl fließt in den Behälter *15*, und das im

[1]) Coal Age 42 (1937) S. 155. [2]) Feuerungstechn. 26 (1938) S. 73.

Scheider *13* ausgeschiedene Schwelwasser wird ebenfalls in die Grube *12* geleitet. Schwelteer und Öl werden aus den Behältern *14* und *15* der Teerdestillationsanlage *26* zugeführt und in dieser auf verschiedene Enderzeugnisse verarbeitet, die in der Abb. 65 durch Behälter angedeutet sind. Die Filterpresse *17* dient der Entparaffinierung der Mittelölfraktion. Durch Aufarbeitung des Schwelteers und Öls fallen an in *18*: 70% Rohbenzin, in *19*: 12,5% entparaffiniertes Mittelöl, in *20*: 10% Schmieröl, in *21*: festes Paraffin und in *22*: 7,5% aschenfreier Elektrodenkoks, da der Blasenrückstand bis auf Koks destilliert wird. In den Sammelgrube *12* fallen, auf 1 t Durchsatzkohle bezogen, 255 kg Schwelwasser an, das auf Grund seines Gehaltes an Schwefelverbindungen, Phenolen und Kresolen als Desinfektions- und Insektenvertilgungsmittel Verwendung finden soll, ein Vorschlag, der sich wohl kaum verwirklichen lassen wird. Auf 1 t Durchsatzkohle werden 140 m³ Schwelgas gewonnen mit einem Heizwert von 5340 kcal/Nm³. Die Hälfte davon wird zur Dampferzeugung verwandt, während der Rest als Überschußgas für andere Zwecke zur Verfügung steht.

Der für das Goalene-Verfahren entwickelte Schwelofen ist in den Abb. 66 und 67 im Längs- und Querschnitt wiedergegeben. Er besteht aus dem Guß- oder Blechzylinder *a*, der abweichend von der Abb. 65 mit einem in dem Scharnier *b* flach zur Seite verschiebbaren Deckel *c* verschlossen ist. Die Abdichtung erfolgt durch Gelenkbolzen mit Hebelmuttern *d*. Der Dampfeintrittsstutzen *e* ist seitlich in der Nähe des Bodens angebracht, der Abgangsstutzen *f* nahe am oberen Rande. Dieser Eisenzylinder nimmt im Innern einen mit der Kohle beschickten Behälter auf, der aus dem gelochten Eisenzylinder *g* besteht, an dem oben der Bügel *h* befestigt ist, in den der Kranhaken eingreift. Der Behälter trägt oben einen Winkelring *i*, der auf einem innen an den Zylinder *a* angenieteten Winkelring aufliegt, so daß der Ringraum oben abgeschlossen und der Dampf gezwungen ist, seinen Weg durch die Kohlenbeschickung zu nehmen. Durch einige nahe am Boden innen an den Außenzylinder *a* angenietete Steifen *k* erhält der Innenzylinder Führung. In der Mitte des gelochten Bodens ist ein ebenfalls gelochtes Standrohr *l* eingelassen, das durch Streben *m* seitlich gehalten wird. Der Weg des Dampfes durch die Beschickung ist in der Abb. 66 durch Pfeile angedeutet, und man erkennt, daß durch die Anordnung des Standrohres *l* in der Mitte der Beschickung der Weg des Dampfes durch die Kohle fast überall gleich lang ist. Der Außenzylinder wird, um die Abstrahlungsverluste herabzusetzen, mit Wärmeschutzmasse umgeben oder ummauert. Der Innenzylinder des Ofens faßt 400—540 kg Kohle, und bezogen auf 1 kg Kohlendurchsatz sind 0,7—1,0 kg Dampf als Wärmeträger für die Schwelung erforderlich. Die Garungszeit schwankt je nach der Beschaffenheit der durchgesetzten Kohle zwischen 1—3 Stunden. Der Dampf verläßt die Öfen unmittelbar nach der Beschickung mit einer Temperatur von 95°C, die bis zum Ende der Schweldauer allmählich auf 325°C ansteigt.

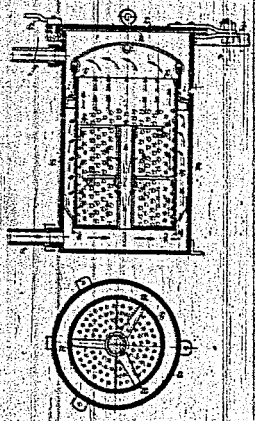


Abb. 66 u. 67. Längs- und Querschnitt des Spülgaserzeugers für Handbetrieb von Records und Lourtin.

Die aus zwei Schwelöfen bestehende Anlage in Tacoma setzt täglich 15—20 t Kohle durch, die zu 40% aus backender und zu 60% aus nichtbackender Kohle besteht. Über die mit einer solchen Kohle erreichten Ergebnisse liegen die folgenden, auf metrische Einheiten umgerechneten Angaben vor, auf 1 t Durchsatzkohle bezogen:

Chemische Zusammensetzung:

		Maschkohle	Schwelkoks
Wasser	%	8,49	2,4
Flüchtige Bestandteile	%	35,85	13,9
Fester Kohlenstoff	%	48,44	72,9
Asche	%	7,12	11,5
Heizwert	kcal/kg	6720	7711

Ausbeute:

Schwelkoks	581 kg
Schwelteer	100 kg
Schwelgas	138 m³
Gasöl	10 kg

Wärmebilanz:

Eingang	%	Ausgang	%
1 t Kohle	90,3	Schwelkoks	66,9
804 kg Dampf	9,7	Schwelteer	10,7
		Schwelgas	11,2
		Gasöl	1,7
		Strahlungsverluste	3,5
	100,0		100,0

Zu dieser, von Louttit aufgestellten, an sich schon günstigen Wärmebilanz wird weiter bemerkt, daß die Wärmeverluste sich durch die bereits oben angedeutete Verwendung des heißen Kühlwassers als Speisewasser für den Dampfkessel noch weiter herabsetzen lassen, da diese Betriebsweise in der vorstehenden Aufstellung nicht berücksichtigt ist.

Die Zusammensetzung des Schwelgases entspricht den folgenden Werten:

	CO_2	C_nH_m	O_2	H_2	CO	C_2H_4	CH_4	N_2
%	7,1	5,7	0,7	21,8	8,8	17,2	35,2	3,5

Als besonderer Vorzug dieses „feuerlosen" Schwelverfahrens wird die Haltbarkeit der Öfen angeführt, da die Retorten nicht wie bei außen beheizten Schwelöfen mit heißen oxydierenden Gasen in Berührung kommen und angegriffen werden.

Über die physikalische Beschaffenheit der Durchsatzkohle liegen Angaben nicht vor, man kann unter Berücksichtigung der vorliegenden Betriebsbedingungen jedoch annehmen, daß eine staubfreie körnige oder stückige Steinkohle verarbeitet wird. Andererseits ist eine gewisse Backfähigkeit kein Hindernis für den Betrieb mit diesem Verfahren, da die Durchdringungswege für den Dampf in der Beschickung verhältnismäßig kurz sind. Die Einsätze werden durch Abziehen des Mantels entleert, so daß ein fester Schwelkokszylinder stehen bleibt. Diese Einrichtung ist in den Ofenzeichnungen Abb. 66 und 67 nicht berücksichtigt. Als besonderer Vorzug wird die Überhitzung niedrig gespannten Dampfes angesehen, da dadurch keine besonderen Anforderungen an die Bauweise und den Betrieb der Überhitzer gestellt werden.

7. Kivioli-Lurgi-Tunnelschwelofen.

Dieser von der Eesti Kivioli A.-Ü. (Estnische Steinöl A.-G.) zum Durchsatz von Ölschiefern entwickelte Schwelofen muß im Gegensatz zu den sonstigen Schieferschwelöfen in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden, weil bereits Anfänge gemacht sind, um die Bauart für die Schwelung von Steinkohle zu verwenden. Der Ofen ist in den Abb. 68—72 in zwei Längsschnitten, einem Grundriß und zwei Querschnitten gemäß der neuesten Bauart dargestellt. Er besteht nach den Ausführungen von Keltser[1]) aus dem zylindrischen Eisentunnel *1*, durch den die mit dem Schwelgut beschickten Wagen *2* hindurchgeschoben werden. Der Tunnel ist dreifach unterteilt und zwar zunächst in die mit der Schleuse *3* ausgerüstete Trockenzone *4*. Die Wagen *2*, in denen das Gut auf einem Rost liegt, sind in der Mitte des Bodens mit einem senkrechten Rohrstutzen versehen, der sich auf einen im Tunnelboden eingelassenen Rohranschluß in richtiger Stellung dicht aufsetzt. Den Bodenstutzen ist, wie der Querschnitt Abb. 72 zeigt, mit dem Rohr *5* verbunden und mündet in den Röhrenerhitzer *6*, der mit dem Ventilator *7* verbunden ist und der den erhitzten Dampf durch das Rohr *8* durch je einen Anschluß oben in den Tunnel hineindrückt. Aus der Trockenzone *4* gelangen die Wagen durch die Schleuse *9* in die Schwelzone *10*, in der die Spülgase den umgekehrten Weg machen, wie der Querschnitt Abb. 71 erkennen läßt. Die Gase treten hier aus der Beschickung durch Rohr *11*, Röhrenerhitzer *12* und Ventilator *13*, um durch den Stutzen *14* und die Beschickung im Wagen *2* gedrückt zu werden. Die mit Öldämpfen vermischten Gase werden durch die in der Abb. 70 angedeutete Leitung *15* zur Kondensations- und

[1]) Öl u. Kohle 13 (1937) S. 1139.

Waschanlage abgeführt und kehren dann durch die Röhrenerhitzer zurück, um den Kreislauf zu schließen. Aus der Schwelzone werden die Wagen *2* durch die Schleuse *16* in die Kühlzone *17* geschoben, in denen der Koks durch die Rohrbrausen *18* gelöscht wird. Die beiden Ausgangs- und Einfahrtore des Ofens sind mit *19* bezeichnet.[3] Gleichlaufend mit dem Schwelltunnel ist der

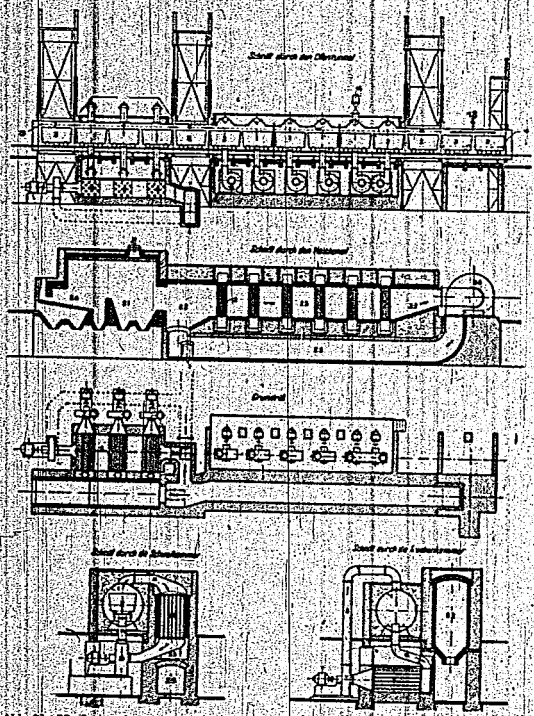


Abb. 68—72. Längsschnitte, Grundriß und Querschnitte des Kivioli-Spülgasrunnelschwelofens.

Heizofen angeordnet, bestehend aus der Rostfeuerung *20*, der Brennkammer *21*, Mischkammer *22*, dem Fuchs *23* mit Ventilator *24* und dem Rücklaufkanal *25*, aus dem ein Abzweig *26* zu den Röhrenerhitzern *6* der Trockenzone *4* führt.

Außer einem kleinen Versuchsofen wurden in Kivioli zwei Einheiten mit einer täglichen Durchsatzleistung von je 250 t Schiefer erbaut, und im Jahre 1937 wurden zwei Einheiten für

je 400 t Tagesdurchsatz in Betrieb genommen. Der Tunnel hat eine lichte Weite von 2 m bei einer Länge von 53 m. Er faßt zwei Wagen in der Trockenzone, 12 in der Schwelzone und zwei in der Kühlzone. Die Wagen werden alle 8 Min. verschoben; sie fassen bei 900 mm Schütthöhe 2,2 t Schiefer. Die auf die Schwelanalyse nach Fischer bezogene Teerausbeute beträgt im Durchschnitt 90%.

Der Ofen bietet für die Steinkohlenschwelung den besonderen Vorteil, daß bei der niedrigen Beschickhöhe der Kohle in den Wagen das Schüttgewicht niedrig bleibt, wodurch die Backneigung stark vermindert wird. Es lassen sich große Durchsätze in einer Ofeneinheit vereinigen, und dazu erhält man ein unverdünntes Schwelgas mit hohem Heizwert bei geringer Ausbeute.

Bei der Anwendung dieses Ofens zur Steinkohlenschwelung wird stückige Kohle in Nuß, Würfel oder Briketform in die Schwelwagen eingesetzt. Bei backender Kohle erfolgt eine oxydierende und thermische Vorbehandlung in der Trockenzone. Ein besonderer Vorteil für die Schwelung im Tunnelofen besteht darin, daß örtlich auftretende Backerscheinungen die Durchführung des Schwelvorganges nicht stören, da lediglich die kleinen Einzelbeschickungen beeinflußt werden. Bei den gegenwärtig laufenden Versuchen wird auch die Erzeugung von Formkoks geprüft. In diesem Fall wird die fein zerkleinerte Kohle vor der Schwelung in Roste eingestampft, die übereinander in die Wagen eingesetzt werden. Nach Durchgang durch den Ofen werden die Rahmen herausgenommen und entleert. Auf diese Weise kann ein Formkoks mit beliebigen Abmessungen hergestellt werden. Beispiele für solche schon früher entwickelte Öfen sind weiter hinten angeführt. Gegenüber der Herstellung von Formkoks in Öfen mit Außenbeheizung kommen hier die bekannten Vorzüge der Spülgasschwelung zur Geltung, die sich in geringerem Wärmeverbrauch und erhöhter Teerausbeute auswirken.

Schrifttum: Steinkohlenschwelöfen mit Außenbeheizung.

A. Thau, Über Kohlendestillation bei niedriger Temperatur; Glückauf 50 (1914) S. 834. — Ders., Vorgänge in der Steinkohlenschwelretorte; Glückauf 58 (1922) S. 597. — Ders., Technische Gesichtspunkte zur Frage der Urteergewinnung; Glückauf 58 (1922) S. 1041. — Ders., Tieftemperaturverkokung in Amerika; Glückauf 59 (1923) S. 490. — Ders., Schwelung sauerstoffreicher Kohlen; Glückauf 69 (1923) S. 901. — Ders., Ergebnisse des Coalite-Verfahrens; Glückauf 61 (1925) S. 335. — H. Susemann, Die Herstellung von festem Halbkoks aus schwer oder nicht backenden Kohlen unter Zusatz von Urteer und Anwendung von Gasdruck; Dissert. T. H. Stuttgart 1929. — D. Brownlie, Plassmann-Schwelverfahren; Brennstoff-Chem. 11 (1930) S. 44. — A. Pott, Steinkohlenschwelung von einst; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 243. — H. Schröder, Das Coalite Schwelverfahren; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 247. — H. Ihlder, Deutsche Steinkohlenschwelöfen in England; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 249. — F. Puening, Steinkohlenschwelung nach dem B-T-Verfahren; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 257. — W. A. Brietzke, Coalite-Schwelverfahren; Brennstoff-Chem. 16 (1935) S. 281. — A. Thau, Steinkohlenschwelung in Verbindung mit Gaswerken; Gas- u. Wasserfach 79 (1936) S. 885 u. 912. — F. Meyer, Ergebnisse der Steinkohlenschwelung in neuzeitlichen Anlagen; Gas- u. Wasserfach 80 (1937) S. 80. — A. Thau, Knowles-Öfen; Feuerungstechn. 26 (1938) S. 82.

Schrifttum: Steinkohlen-Spülgasschwelöfen.

A. Thau, Schweltrommel von Nielsen; Glückauf 58 (1922) S. 602. — Ders., Ergebnisse mit dem Nielsen-Verfahren Glückauf 58 (1922) S. 691. — Ders., Schwelverfahren von Sutcliffe u. Evans; Glückauf 58 (1922) S. 1461. — Ders., Die Spülgasschwelung; Glückauf 62 (1926) S. 668. — K. Hassel, Ist die Spülgasschwelung zur Mischgaserzeugung auf Gaswerken geeignet? Gas- u. Wasserfach 70 (1927) S. 1213. — L. Weber, Gaswerk und Treibstoffwirtschaft, Wirtschaftsblatt d. Industrie u. Handelskammer, Berlin 34 (1936) S. 1224. — Ders., Planung und Wirtschaftlichkeit der Steinkohlenschwelung in Gaswerken; Technischer Fortschritt in öffentlichen Betrieben, Beilage der Zeitschrift für öffentliche Wirtschaft 4 (1937) S. 13. — Ders., Versorgung der Städte mit Motortreibstoffen; Wirtschaftsblatt d. Industrie- u. Handelskammer, Berlin 35 (1937) S. 415. — Jappelt u. Steinmann, Steinkohlenschwelung mit Spülgasen; Braunkohlenarch. 1937, Nr. 48, S. 22. — Kelter, Schieferölgewinnung in Estland; Öl u. Kohle 13 (1937) S. 1130. — Jappelt u. Steinmann, Die Spülgasschwelung von Steinkohle; Öl u. Kohle 13 (1937) S. 1150. — Dies., Verminderung der Backfähigkeit stückiger Steinkohlen für die Spülgasschwelung; Öl u. Kohle 13 (1937) S. 1027. — A. Thau, Coalene Heißdampf-Spülgasschwelverfahren; Feuerungstechn. 26 (1938) S. 73. — A. Steinmann, Schwelung von Steinkohlen mit Spülgasen; Braunkohlenarch. 1938, Nr. 40/50, S. 3.

IV. Schwelverfahren in Verbindung mit Rostfeuerungen.

Von den als Ergänzung zu Kesselfeuerungen dienenden Schwelverfahren[1]) hat das der Jul. Pintsch K.-G. die größte Verbreitung gefunden. Die Aufmerksamkeit, die man dieser Art der Schwelung[2]) sowohl bei uns als auch im Auslande widmet, läßt erkennen, daß es sich dabei um eine volkswirtschaftlich wichtige und technisch auf verschiedene Weise gelöste Aufgabe handelt.

1. Pintsch-Verfahren.

Dieses Verfahren ist so wiederholt Gegenstand von Veröffentlichungen und mehreren Diskussionsreden gewesen, daß ein ausgedehntes, am Ende dieses Abschnitts angeführtes Schrifttum darüber entstanden ist. Da es aber gleichzeitig das einzige Verfahren ist, das hinsichtlich seiner Leistungen von Fachleuten gründlich untersucht wurde und dazu eine längere Betriebsdauer in mehreren Großanlagen aufzuweisen hat, wird es im folgenden kurz beschrieben.

An die Stelle des dem Wanderrost am Beschickungsende vorgelagerten Aufgabetrichters tritt hier ein eckiger ungeteilter Schacht, wie er in den Abb. 73 und 74 in zwei Ansichten wiedergegeben ist. Durch Schrägstellung der Vorderwand ist der Schacht nach unten stark verjüngt und bei einer Höhe von etwa 4,7 m betragen die unteren Abmessungen etwa 650 × 2200 mm Breite und oben etwa 2500 × 2100 mm. Die Kohle gleitet aus dem Hochbehälter des Kesselhauses durch die Rohrleitung *a* in den Schwelschacht, wobei die Verbindung durch eine Drosselklappe *b* hergestellt wird, die am oberen Ende in einer Sand- und am unteren in einer Teertasse abdichtet. Unter der Drosselklappe *b* ist der eigentliche Füllschieber eingebaut, der aus einer mit Zahnstange versehenen Platte besteht, in die das Ritzel der am äußersten Ende mit Kettenrad versehenen Welle *f* greift, so daß der Schieber und damit die Beschickung des Schachtes von einem Ende aus bedient werden kann. Um die Kohle über den ganzen Schachtquerschnitt gleichmäßig zu verteilen, ist ein Dachblech eben in die schräge Vorderseite eingebaut und unmittelbar darüber befindet sich ein Rohrstutzen von 400 mm lichter Weite zur Absaugung der Schwelgase. Der Schwelschacht ruht frischwandend über dem Wanderrost mit angenieteten Konsolen auf den Trägern *g*. Am unteren Ende ist der Schacht nach der Feuerseite zu mit der Öffnung *h* versehen, durch die heiße Feuergase, deren fühlbare Wärme die Entteerung der Kohle bewirkt, eingesaugt

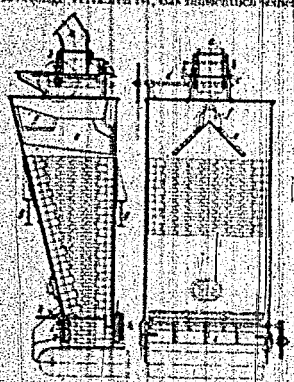


Abb. 73 u. 74. Schwelschacht für Rostfeuerungen von Pintsch.

[1]) I. S. 227.
[2]) Feuerungstechn. 25 (1937) S. 85.

werden. Die Beschickungssäule des Schachtes ruht unten gewissermaßen auf dem Wanderrost, der je nach seiner Fahrgeschwindigkeit den den Schwelschacht unten verlassenden Schwelkoks mitnimmt. An der Vorderseite des Schachtes ist an unterem Ende eine in Scharnieren aufgehängte Klapptür angebracht, die mit Hilfe eines Handhebels bewegt werden kann und unmittelbar über dieser Tür ist ein Schlitz vorgesehen, durch den Roststäbe eingesetzt werden, um den weiteren Durchgang der Beschickung im Notfall absperren zu können.

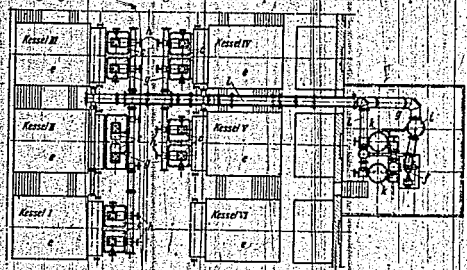


Abb. 75. Grundriß eines Kesselhauses mit 5 Schwelschächten von Pintsch und Entteerungsanlage.

Die Abb. 75 zeigt ein so ausgerüstetes Kesselhaus mit sechs Dampfkesseln, von denen fünf mit Teergewinnung ausgerüstet sind, im Grundriß einschließlich der Teergewinnungsanlage, während in der Abb. 76 das gleiche Kesselhaus im Aufriß dargestellt ist. Die Kohle wird in die Hochbehälter *a* befördert und gleitet durch die Rohrrutschen *b* in die Schwelschächte *c*, aus denen der Schwelkoks auf die Wanderroste *d* der Dampfkessel *e* gelangt. Das Schwelgas wird mittels des Saugers *f* durch die Rohgasleitung *g*, deren Abzweige mittels Eckventilen *h* an die Schwel-

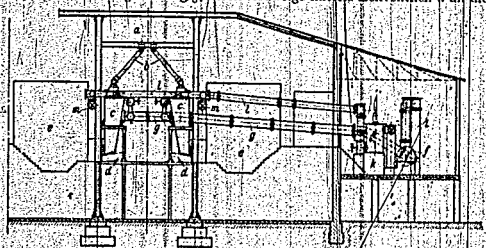


Abb. 76. Aufriß eines Kesselhauses mit 5 Schwelschächten von Pintsch und Entteerungsanlage.

schächte angeschlossen sind, durch den Wasserröhrenkühler *i* abgesaugt und durch die beiden hintereinander geschalteten Teerscheider *k* gedrückt. Das entteerte Gas wird durch die Leitung *l* zu den Kesseln zurückgeführt und gelangt in die Brenner *m*. Die einfache und übersichtliche Bauart eines so eingerichteten Kesselhauses geht aus den Abb. 75 und 76 hervor. Auf die Ergebnisse eines solchen Betriebes soll weiter unten näher eingegangen werden.

Teergewinnungsanlage.

Um von der Einfachheit und Übersichtlichkeit der Teergewinnung aus den Schwelgasen solcher Anlagen einen besseren Begriff zu geben, ist in den Abb. 77 und 78 eine Teergewinnungs-

anlage[1]) für ein mit Schwelschächten ausgerüstetes Kesselhaus im Quer- und Längsschnitt wiedergegeben und zwar wird das Gas mittels des durch den Elektromotor *a* angetriebenen Gebläse *b*, am unteren Stutzen *c* eintretend, durch den Wasserröhrenkühler *d* angesaugt, dessen Unterteil als Scheidebehälter *e* ausgebildet ist. Das Gebläse *b* drückt das gekühlte Gas durch den mit gelochten Stoßglocken ausgerüsteten Teerscheider *f*, der durch die Umgangsleitung *g* mit der Saugleitung des Gebläses verbunden ist, so daß durch den in den Umgang eingebauten Schieber *h* die Saugung der Schwelschächte genau eingestellt werden kann. Der im Sauger und im Teerscheider ausgeschiedene Teer fließt durch die Leitungen *i*, *i* in den Scheidebehälter *e*, in dem im Boden eine Dampfschlange zur Erwärmung des Teer-Wasser-Gemisches eingebaut ist, um die Trennung zu erleichtern. Das entteerte Gas verläßt den Teerscheider durch den Stutzen *k* und es wird den in das Kesselmauerwerk eingebauten Brennern zugeführt. Auf neuen Anlagen wird man an Stelle des Stoßglocken-Teerscheiders mit Vorteil eine elektrische Teerscheidung einbauen.

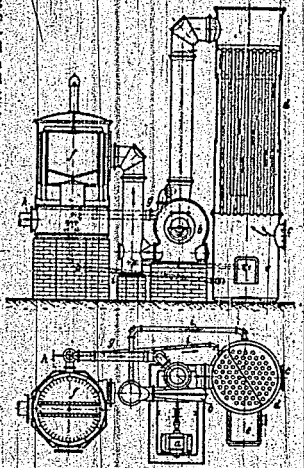


Abb. 77 u. 78. Teergewinnungsanlage von Pintsch für Kesselhaus mit Schwelschächten im Längs- und Querschnitt.

2. Weber-Pintsch-Verfahren.

Die Anwendung des Pintsch-Schwelverfahrens für Wanderroste stellt an die zum Durchsatz kommende Kohle bestimmte Anforderungen insofern, als sie weder backende Eigenschaften besitzen, noch größere Mengen Staub enthalten darf. Das Verfahren beschränkt sich daher in der eben beschriebenen Ausführung auf den Durchsatz von Nußkohlen, wobei allerdings ohne Rücksicht auf den Aschengehalt billige, sonst schwer verkäufliche Sorten herangezogen werden können. Bei Braunkohlen bevorzugt man in diesem Falle Industriebriketts.

Die mit Rücksicht auf die erwähnten Anforderungen an die Brennstoffbeschaffenheit eingeengte Anwendbarkeit des Verfahrens hat man durch eine Verbindung mit dem Brikettierverfahren von L. Weber wesentlich erweitert, insbesondere für Steinkohlen verbrauchende Kesselhäuser, denen nur in wenigen besonders gelagerten Fällen eine abgesiebte Nußkohle mit niedrigem Einstandspreis zur Verfügung steht. Bei einem nach dem Weber-Pintsch-Verfahren ausgerüsteten Kesselhaus, wie es schematisch in der Abb. 79 dargestellt ist, wird die Kohle, sofern nicht ausschließlich Feinkohle angeliefert wird, zunächst abgesiebt und das über 6 mm große Korn wird unmittelbar in die Hochbehälter der Schwelschächte aufgegeben. Das Feinkorn, das in der Abb. 79 in einen Kippwagen *a* angeliefert wird, gelangt durch das Becherwerk *b* in den Vorratbehälter *c*, aus dem es am Boden in die Misch- und Förderschnecke *d* abgezogen wird. Aus dem Behälter *e* fließt eine genau abgemessene Menge eingedickter Zellstoffauge in die Schnecke und aus dem Behälter *f* eine geringe Zugabe aufgeschlämmten Tons. Die so vorbereitete Kohle wird durch die Schnecke *d* in die Walzenbrikettpresse *g* überführt und die in dieser ein flache Eiform annehmenden Preßlinge werden durch das Becherwerk *h* in den über dem Schwelschacht *i* angeordneten Hochbehälter *k* überführt. Da die die Presse *g* verlassenden Formlinge einen hohen Wassergehalt haben, der nicht nur ihre mechanische Festigkeit herabsetzt, sondern auch infolge hohen Wärmeverbrauchs die Durchsatzleistung des Schwelschachtes *i* stark beeinträchtigen würde, bedürfen die Preßlinge einer Vortrocknung, und zu diesem Zweck ist das Becherwerk *h* als Trockner ausgebildet. Die einzelnen, reichlich groß bemessenen Becher, die bei verhältnismäßig großer Breite eine nur niedrige Füllung haben, werden in Anpassung an die Leistung nur

[1]) Braunkohle 27 (1928) S. 24.

sehr langsam bewegt, und durch den unteren Rohranschluß *k* am Becherwerksgehäuse werden Abgase aus dem Rauchkanal des Kessels mittels eines Ventilators eingeblasen. Sie entweichen mit den Wrasen am oberen Ende des Becherwerksgehäuses durch den Stutzen *l* ins Freie. Die

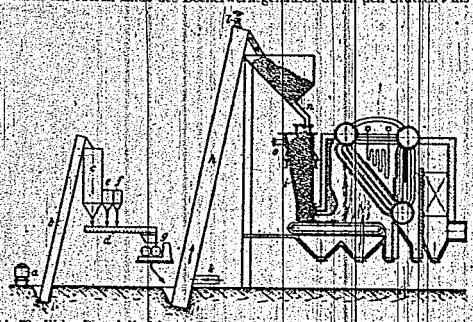


Abb. 79. Weber-Pintsch-Verfahren zur Formgebung der Steinkohle vor der Schwelung.

Preßlinge gelangen daher in trockenem Zustand in den Zwischenbehälter *m* und aus diesem gleiten sie durch die Rohrschurre *e* in den Schwelschacht *i*, und bei ihren vollkommen gleichmäßigen Abmessungen verläuft nicht nur die Spülgasschwelung denkbar günstig, sondern auch bei der Verbrennung auf dem Rost macht sich die gleichmäßige Form der sehr reaktionsfähigen Schwelkokspreßlinge sehr angenehm bemerkbar. Die Schwelgase werden durch den Stutzen *o* oben am Schacht abgesaugt und der Entteerungsanlage zugeführt.

Das Weber-Verfahren als solches ist so bekannt, daß es hier nur in großen Umrissen gekennzeichnet zu werden braucht. Der Hauptvorzug des Verfahrens besteht darin, daß es bei

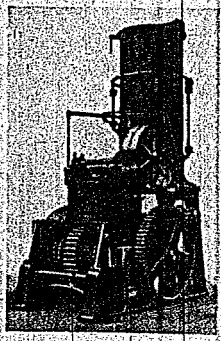


Abb. 80. Walzenbrikettpresse von Humboldt für das Weber-Verfahren.

Abb. 81. Schwelkokspreßling, nach dem Weber-Verfahren erzeugt.

größter Einfachheit im Aufbau nur von Einrichtungen ausgeht, die sich bei der Kohlenaufbereitung seit vielen Jahren bewährt haben und zu großer technischer Vollkommenheit entwickelt worden sind, so daß sich auch die Anlagekosten in durchaus tragbaren Grenzen halten. Die im

Weber-Verfahren zusammengebauten Einheiten bestehen, wie bereits aus den Abb. 77 und 78 hervorging, aus einigen Behältern, einer Mischschnecke, einer normalen Walzenbrikettpresse und einer Trockeneinrichtung für die Preßlinge, wobei, wie in der Abb. 79 ersichtlich, Rauchgase als Wärmeträger nutzbar gemacht werden können. Bei unabhängigen Schwelanlagen erfolgt die Trocknung der Preßlinge auf einem Band, während in der Abb. 79 das Becherwerk als Trockner ausgebildet ist. Die für dieses Verfahren angewandte Humboldt-Walzenpresse ist in der Abb. 80 wiedergegeben, die die Einzelheiten hinreichend erkennen läßt. Ihre Leistung beträgt 10 t/h bei einem Kraftverbrauch von 15 PS. Das Wesen des Weber-Verfahrens besteht darin, daß die Feinkohle, deren Backfähigkeit hierbei praktisch ohne Einfluß ist, mit etwa 5% Zellstoffauge, die auf eine Dichte von 31—32° Bé eingedickt ist, versetzt wird. Bei dieser Zugabemenge enthält die Kohle auf Trockensubstanz der Lauge bezogen, etwa 20% des stark bindenden Zellpechs. Bekanntlich ist die Zellstoffauge ein sehr lästiges Abwasser der Papierfabriken und der angegebene Verwendungszweck würde daher auch von seiten der Zellstoffindustrie Unterstützung finden. Um das Aschen-Skelett der geschwelten Preßlinge zu verstärken, so daß sie auch bei der Verbrennung ihre Form beibehalten und einen vorzeitigen Zerfall zu verhindern, wird, wie bereits erwähnt, in Abhängigkeit von der Kohlenbeschaffenheit noch eine Tonaufschlämmung in der Mischschnecke zugesetzt. Bei vielen Kohlen ist sie gar nicht erforderlich und auch im äußersten Falle übersteigt der Tonzusatz niemals 1%, auf den Aschengehalt der Kohle bezogen. Da die Zellstoffauge in der angeführten Dichte etwa 50% Wasser enthält, das aus der Kohle verdampft werden muß, ehe die eigentliche Schwelung einsetzt, muß zwischen die Brikettierung und die Schwelung der Kohle eine Trockenstufe eingeschaltet werden, zu der, wie bereits erwähnt, im vorliegenden Falle Abgase des Kessels aus dem Rauchkanal herangezogen werden können, so daß die Trocknung keinen zusätzlichen Wärmeaufwand erfordert.

Zur Verbrennung auf Wanderrosten hat sich eine ziemlich kleine Form der Preßlinge bewährt, von der in der Abb. 81 eine Probe mit einem Stückgewicht von 12 g wiedergegeben ist. Schwelkokspreßlinge dieser Größe breiten sich auf dem Wanderrost gleichmäßig aus, und die Flächenform ermöglicht einen allseitigen Luftzutritt für eine günstige Verbrennung, ohne durch Sperrigkeit einen Luftüberschuß durch das Feuerbett treten zu lassen.

3. Schwelverfahren für Dampfkesselfeuerungen von Berg.

Berg & Co. in Köln-Kalk haben ein Schwelverfahren für Kesselhäuser entwickelt, bei welchem die Kohle in senkrechten Eisenkammern, die von außen beheizt werden, der Schwelung unterworfen wird. Im Gegensatz zu dem Verfahren von Pintsch ist hierbei eine feinkörnige oder stückhaltige Kohle erwünscht, die jedoch keine backenden Eigenschaften haben darf.

Eine solche Anlage in Verbindung mit der Wanderrostfeuerung eines Röhrendampfkessels ist in den Abb. 82 und 83 im Auf- und Grundriß wiedergegeben, während die Abb. 84—86 die hier mit einem Benson-Kessel verbundene Schwelanlage zeigen, wobei einige weitere Einzelheiten der letzteren besonders berücksichtigt sind. Vorausgeschickt sei, daß der Benson-Kessel in den Abb. 84—86 mit einer von Walther & Cie. neu entwickelten sog. Schwebegasfeuerung ausgerüstet ist.

Wie aus den Abb. 82 und 83 ersichtlich, ist in Verlängerung des Kessels eine in Mauerwerk eingebundene Ofenanlage erbaut, die aus zwei gegenüberliegenden Gruppen *a* und *b* besteht. In das Mauerwerk sind senkrechte, aus Blech zusammengeschweißte Kammern *c* von rechteckigem Querschnitt eingebaut, die außen durch Längsrippen versteift sind und von oben mittels des Füllwagens *d* beschickt werden. Solange eine Feinkohle verarbeitet wird, kann diese selbst als oberer Abschluß der Kammern dienen, während beim Durchsatz körniger oder Nußkohle ein mit Zellenradschleuse versehener Aufsatz die Kammern oben abschließt. Solche Einrichtungen sind ja in Verbindung mit den stetig betriebenen Entgasungsöfen der Gaswerke seit Jahren bekannt. Das Schwelgas wird seitlich oben abgesaugt, in den Abb. 84—86 durch das mit der Vorlage *d* verbundene Gasabgangsrohr *e* erkenntlich. In der letzteren sind auch die unter jeder Kammer liegenden Austragwalzen angedeutet, die von dem Elektromotor *g* Antrieb erhalten und die den Koks aus je zwei nebeneinanderliegenden Kammern auf je ein kurzes Band *h* fallen lassen, das ihn auf das zwischen den Ofengruppen verlegte Kastenband *i* abwirft, mit dessen Hilfe der Schwelkoks in den Abb. 82 und 83 leicht ansteigend in den Fülltrichter *k* des Wanderrostes *l* überführt und in ersterem durch zwei Schnecken über die ganze Trichterbreite verteilt und der Wanderrost gleichmäßig beschickt wird.

Bei dem Benson-Kessel in den Abb. 84—86 liegt der Fülltrichter *k* infolge der Eigenart

der Bauart der Schwebegasfeuerung so hoch, daß zwischen dem Kastenmantel und dem Fülltrichter noch ein Becherwerk eingebaut werden muß. In den Abb. 84—86 ist der Oberteil der Schwelöfen etwas anders ausgestaltet gegenüber den in den Abb. 82 und 83 wiedergegebenen Schwelöfen. In ersterer ist auf den Öfen der Kohlenbehälter angeordnet, der sämtliche Ofenköpfe überdeckt, und über jeder einzelnen Kammer ist eine als Abschluß dienende Zellenwalze eingebaut, die von dem Elektromotor beeinflußt wird. Die Öfen werden entweder mit Schwelgas oder durch Brenner beheizt oder es wird eine Wälzgasbeheizung angewandt. Die Verbrennungsgase werden mittels der Ventilatoren abgesaugt und durch Rohre gedrückt, die in dem Kohlenbehälter verlegt, eine Trocknung und Vorwärmung der Kohle bewirken. Die Schwelöfen haben sich im Versuchsbetrieb bewährt, und bei ihrem Entwurf war man von dem Bestreben geleitet, die Gewinnung flüssiger Brennstoffe aus nichtbackenden, teerreichen Kohlen als Vorstufe der Kesselhäuser zu bewirken.

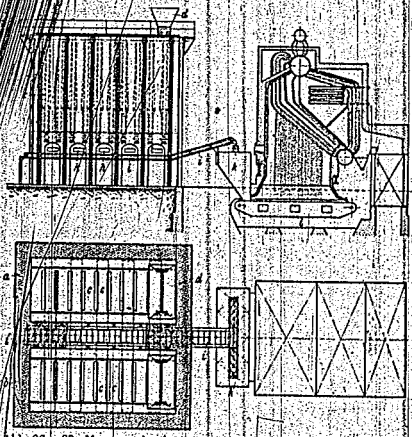


Abb. 82 u. 83. Kammerschwelofengruppe von Berg & Co. für einen Dampfkessel mit Wanderrost.

In neuerer Zeit hat Reiser[1]) eine Reihe bemerkenswerter Vorschläge zur Ausgestaltung der Spülgasschwelung in Verbindung mit Wanderrosten gemacht und durch Skizzen belegt, auf die hier hingewiesen werden soll. Reiser erwähnt auch das englische Staubkohlenschwelverfahren von McEwen[2]), das in England an technischen Schwierigkeiten scheiterte; insbesondere war es dabei nicht möglich, einen staubfreien Schwelteer zu gewinnen. Im übrigen kommt Reiser zu dem folgenden bemerkenswerten Schluß: Dringend erwünscht ist es, daß im besonderen die kapitalkräftig gebliebenen öffentlichen Elektrizitätswerke auf diesem Gebiete nunmehr mit Großversuchen bahnbrechend vorangehen.

Technisch-wirtschaftliche Zusammenhänge.

Die Verbindung der Schwelung mit der Kesselfeuerung gibt ein verhältnismäßig einfaches Mittel an die Hand, um bei der Verfeuerung einer teerhaltigen Kohle flüssige Brennstoffe zu gewinnen. Da bei der Erwärmung der Kohle auf dem Rost die Teerdämpfe entbunden werden, ehe die Verbrennung des festen Kohlenstoffs einsetzt, so gelangen diese Kohlenwasserstoffe in eine Zone, die nicht genügend freien Sauerstoff enthält, um ihre vollständige Verbrennung zu bewirken. Unter dem Einfluß der vom Feuerbett und der Gewölbewand abstrahlenden Wärme tritt eine thermische Zersetzung der Kohlenwasserstoffe unter Befreiung festen Kohlenstoffs ein, der als Ruß in den Rauchgasen nicht nur auf eine schlechte Verbrennung hinweist, sondern durch seine Ablagerung eine sehr lästige und den Wirkungsgrad des Kessels beeinträchtigende Beigabe darstellt, ganz abgesehen von der Belästigung der Umgebung. Wenn andererseits so viel Luft zugegeben wird, daß diese Rauch- und Rußentwicklung nicht eintritt, wird durch die hohen

[1]) Glückauf 70 (1934) S. 694.
[2]) I. S. 420.

Wärmeverbrauche bei der großen, dadurch entwickelten Abgasmenge der Wirkungsgrad der Feuerung herabfällt, verschlechtert. Sehr teerhaltige Kohle ist also keineswegs ein angenehmer Brennstoff für große Feuerungen, und mit Recht weist Professor Drawe bei jeder Gelegenheit auf die Vorzüge des Schwelkokses als den idealsten Brennstoff für Industriefeuerungen hin.

Für die Verfeuerung von Braunkohle kommen, sofern eine Teergewinnung beabsichtigt ist, nur Briketts zur Verwendung, da deutsche Knorpelbraunkohle bei der Schwelung vollkommen zerfällt, so daß der gleichmäßige Durchgang der Spülgase behindert wird. Selbst unter den Braunkohlenbriketts gibt es Arten, die unter der Last der Brennstoffsäule im Schwelschacht bei der Teerentbindung so stark zerfallen, daß sie sich für diese Zwecke nicht gut eignen und bei diesen, ganz besonders aber beim Durchsatz von Knorpelbraunkohle, wird ein Schwelteer gewonnen, der so stark verstaubt ist, daß seine Entwässerung große Schwierigkeiten verursacht und die Wirtschaftlichkeit der Anlage dadurch ganz in Frage gestellt werden kann.

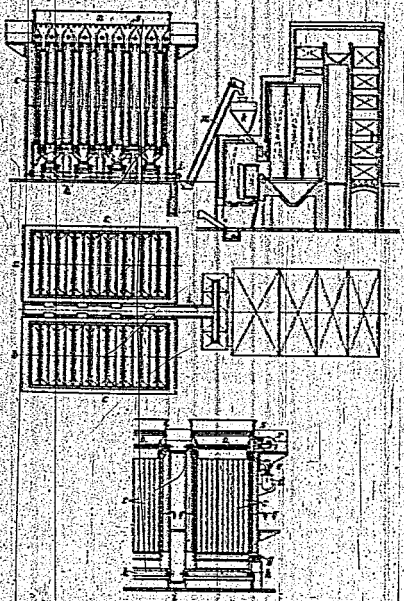


Abb. 85—86. Kammerschwelofenanlage von Berg für einen Benson-Kessel mit Schwebefeuerung von Walther & Co.

Vom Pintsch-Verfahren sind bisher 11 Anlagen erbaut worden, die seit einer Reihe von Jahren erfolgreich in Betrieb sind. Sie verteilen sich auf acht Kessel, die mit Steinkohle beheizt werden, mit einer Heizfläche von insgesamt 5740 m², während die Schwelschächte von drei Kesseln mit einer Gesamtheizfläche von 1000 m² Braunkohlenbriketts durchsetzen. Von den erstverwähnten acht Steinkohlenkesseln stehen fünf in Oberschlesien und drei im Ausland. Die oberschlesische Steinkohle eignet sich für diese Schwelverfahren besonders, weil sie neben verhältnismäßig hohem Teergehalt keine oder doch nur schwach backende Eigenschaften hat. Auf den erwähnten Anlagen kommt aber dann noch eine minderwertige, mit Schiefer stark durchsetzte Kohle zur Verwendung, für die es bei ihren hohen Aschengehalt an Absatz fehlt und die sich ohne die Überführung in Schwelkoks nur mit großen Schwierigkeiten verfeuern ließ, was auch daraus hervorgeht, daß bei einer Verbrennung auf mechanischen Schrägrosten der Kohlensäuregehalt der Abgase über 5—S_{0} nicht hinaus ging, so daß man sich mit einem Kesselwirkungsgrad von 40—50% begnügen mußte. Auf Wanderrosten verfeuert, fällt das Feuer oft ab, während die Asche noch zuviel Brennbares enthielt; die Feuerführung war dadurch sehr erschwert und die Rauchbelästigung beträchtlich. Man ersieht daraus, daß nicht nur das Bestreben, flüssige Brennstoffe zu erzeugen, für die Einführung der Schwelung in diese Verbindung maßgebend zu sein

braucht, sondern daß auch in Abhängigkeit von der Kohlenbeschaffenheit feuerungstechnische und wärmewirtschaftliche Gründe für den Einbau der Schwelung sprechen können.

Eine einem Dampfkessel mit 550 m² Heizfläche der Prinzengrube in Oberschlesien vorgebaute Pintsch-Anlage erbrachte die folgenden Ergebnisse im Dauerbetrieb:

Heizwert der Kohle	4500	kcal/kg
Aschengehalt der Kohle	30—42	%
Tagesdurchsatz der Kohle	80—100	t
Dampferzeugung im Mittel	28	kg/m²/h
Verdampfungsziffer	4,5	
Teerausbeute bezogen auf Kohle	7—7,5	%
Kohlensäuregehalt der Rauchgase im Mittel	14	%

Der Kessel hat trotz der Verfeuerung einer solch minderwertigen Kohle einen guten Wirkungsgrad, der, unter Berücksichtigung der Teergewinnung auf den Dampf bezogen, 60% beträgt. In diesem Falle wurde daher durch den Einbau des Schwelschachtes nicht nur die Möglichkeit geschaffen, die Kohle mit günstigen Ergebnissen zu verfeuern, sondern die Wirtschaftlichkeit des Betriebes konnte durch die Einnahmen aus dem Teer wesentlich verbessert werden.

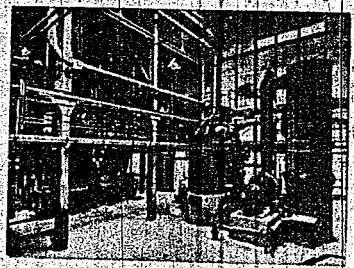


Abb. 87. Schwelanlage von Pintsch im Kesselhaus des Reichsbahnkraftwerks Altona.

Für einen mit Braunkohlenbriketts gefeuerten Kessel im Reichsbahnkraftwerk Altona, von dem die Abb. 87 ein Lichtbild zeigt, hat Siebel[1]) eine auf genaue Messungen und Beobachtungen gestützte Wirtschaftlichkeitsberechnung aufgestellt. Wegen der Einzelheiten muß hier auf das angeführte und sehr eingehende Schrifttum verwiesen werden.

Der mit Vorschweler ausgerüstete Kessel in Altona setzt in zwei nebeneinander liegenden Schwelschächten täglich 73—80 t Briketts durch. Die Anschaffungskosten der Anlage betragen 4,20 RM. bezogen auf 1 t jährlich durchgesetzter Briketts oder 85000 RM. bei einem jährlichen Brikettdurchsatz von 20200 t. Siebel kommt zu dem bemerkenswerten Schluß, daß bei einem Kapitaldienst von 7% das Anlagekapital einer solchen Anlage innerhalb von zwei Jahren herausgewirtschaftet ist und daß nach dieser Zeit eine auf das Anlagekapital bezogene Verzinsung von 57% erreicht wird.

In technischer Hinsicht haben die Schwelschächte in Verbindung mit Dampfkesselfeuerungen ihre Brauchbarkeit und Anwendbarkeit in jahrelangem Dauerbetrieb bewiesen. Die wirtschaftlichen Ergebnisse sichern allen in solchen Einrichtungen angelegten Kapitalien eine günstige Verzinsung. Unter den heutigen Verhältnissen tritt dazu noch das Bestreben, die Ölwirtschaft des Reiches mit Hilfe einer Teererzeugung durch Verschaltung von Schwelschächten in die Kesselhäuser überall dort zu unterstützen, wo ein für die Vorschwelung geeigneter Brennstoff verfeuert wird. Daraufhin sollten die Verhältnisse in allen größeren Kesselhäusern nachgeprüft und, wo immer möglich, die Feuerungen entsprechend ergänzt werden.

4. Babcock-Verfahren.

Das ursprünglich von Merz und McLellan[2]) entwickelte Verfahren als Schwelstufe zu Kesselfeuerungen wurde inzwischen von Babcock und Wilcox übernommen und als Babcock-Verfahren[3]) in sehr großzügiger Weise auf dem Kraftwerk Dunston in England ausgebaut, wo die Anlage seit Ende 1928 in Betrieb ist.

Der Gang des Verfahrens soll zunächst an Hand des in Abb. 88 wiedergegebenen Umlauf-

[1]) Dissert. Techn. Hochsch. Berlin 1931, S. 25.
[2]) I, S. 211. [3]) Glückauf 65 (1929) S. 1446.

schemas kurz erläutert werden. Die übliche Kesselkohle, gewöhnlich von den groben Stücken befreite Förderkohle, wird dem Hochbehälter *1* aufgegeben, aus dem sie durch den Bodenauslaß in den mit einer einstellbaren Beschickungsvorrichtung versehenen Aufgabetrichter *2* und aus diesem auf einen in dem Trockner und Vorwärmer *3* verlegten Kettenrost gelangt. Die beim Trocknen der Kohle entwickelten Dämpfe entweichen durch das Rohr *4* ins Freie. Ein im Boden des Trockners *3* verlegter Schraubenförderer wirft die Kohle durch eine Zellenradschleuse in den einen stehenden, oben und unten verjüngten Zylinder bildenden Schwelofen *5*, in dem sie, beeinflußt durch die mechanisch angetriebene Verteil- und Einebnungsvorrichtung *6* stets eine gleichmäßig dicke Lage bildet. In halber Höhe des Ofens, wo er seine größte lichte Weite hat,

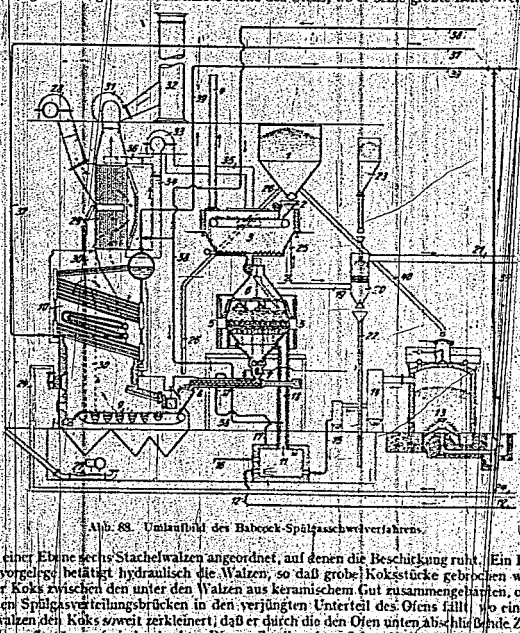


Abb. 68. Umlaufbild des Babcock-Spülgasschwelverfahrens.

sind in einer Ebene sechs Stachelwalzen angeordnet, auf denen die Beschickung ruht. Ein Pilgerschrittvorgelege betätigt hydraulisch die Walzen, so daß grobe Kokksstücke gebrochen werden und der Koks zwischen den unter den Walzen aus keramischem Gut zusammengehauten, ortfest verlegten Spülgasverteilungsbrücken in den verjüngten Unterteil des Ofens fällt, wo ein Paar Brechwalzen den Koks soweit zerkleinert, daß er durch die den Ofen unten abschließende Zellenradschleuse *7*, störungsfrei durchgeht. Diese gibt ihn dem Schneckenförderer *8* auf, in den Wasser eingespritzt wird, so daß der Koks in abgelöschtem Zustande auf den Wanderrost *9* des Dampfkessels *10* gelangt. Auf diese Weise ist der Schwelofen in den Brennstoffweg des Kesselhauses eingebaut, ohne daß er sonderlich viel Platz beansprucht und die Kohle mehr als einmal hochgefördert zu werden braucht.

Zur Erzeugung der im Schwelofen als Wärmeträger dienenden Spülgase und zur Einstellung ihrer richtigen Temperatur dient die Verbrennungs- und Mischkammer *11*, für die Abb. 68 mehrere, die verschiedensten Heizmöglichkeiten zeigenden Brennstoffzuführungen andeutet.

Durch die Leitung *12* wird der Kammer Überschußgas einer anliegenden Kokerei zugeführt und in einem Brenner verbrannt, so daß die Verbrennungsgase als Spülgase dienen. Die Anlage ist Dunston wird auf diese Weise beschrieben. Eine weitere Neuerung besteht darin, daß Generatorgas, das in dem Gaserzeuger *13* entwickelt und in einem Scheider *14* von Staub befreit wird, durch die Leitung *15* in die Kammer *11* gelangt und beim Eintritt in diese verbrennt. Schließlich ist noch die durch die Leitung *16* angedeutete Möglichkeit gegeben, die Spülgase durch die Verbrennung von Brennstoff in der Kammer *11* zu erzeugen. Es wäre noch zu sagen, daß der beim Löschen des Koksen in der Förderschnecke *8* entwickelte Wasserdampf durch die Leitung *17* in die Mischkammer *11* tritt.

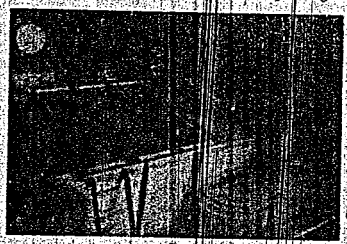


Abb. 89. Koksentrockner des Becker-Verfahrens geöffnet.

Die in der Brennkammer *11* entwickelten und auf die richtige Temperatur abgetönten Spülgase steigen durch den die Kammer mit dem Schwelofen verbindenden ausgemauerten Schacht *18* hoch, treten durch die innerhalb zwischen den Wänden des Schwelofens gelagerten hohlen Verteilungsdrücken und durchströmen das darauf ruhende Brennstoffbett, dessen Schwelung dadurch bewirkt wird. Die mit Teerdämpfen beladenen und stark abgekühlten Gase verlassen den Schwelofen durch die Leitung *19* und strömen durch das Staubfilter *20*, um durch die Leitung *21* abgesaugt und der Kühl- und Waschanlage zugeführt zu werden.

Das Koksfilter *20* besteht aus einem prismatischen Blechkasten, dessen Boden von einem Stabrost gebildet wird und eine Füllung von trockenem Koks aufnimmt, der beim Durchtreten des Gases den Staub sehr wirksam zurückhalten soll. Sobald die Koksoberfläche mit Staub gesättigt ist, wird der aus mehreren in Teilen bestehende Rost gekippt, so daß der Koks durch die Trichterschurre *22* in einen darunter aufgestellten Muldenkipper fällt. Das Filtergehäuse wird dann aus dem Hochbehälter *23* erneut mit Koks beschickt. Auf der genannten Anlage hat man kürzlich ein zweites Filter in eine durchlaufende Gasleitung eingebaut, um ohne Umgang stets eine Filterung des Gases bewirken zu können und um nicht die Entstaubung des Gases durch die Erneuerung des Filterkokses unterbrechen zu müssen.

90. Oberteil des Babcock-Schwelofens und Wärmeträgerkammer.

Das entteerte und gewaschene Gas kehrt durch die Leitung *31* zurück und wird in Brennern, die auf der Rückseite des Kessels *10* in diesen eingebaut sind, zur Beheizung verwertet. Damit sich der Gas- und der Brennstoffkreislauf der Anlage geschlossen; nachdrücklich sei noch, daß bei Stillständen der Schieber in der zwischen der Rohgasleitung *15* und dem Trockner *3* eingebauten Verbindungsleitung *25* geöffnet wird, so daß der Trockner *3* und der Schwelofen *4* durchströmt und entlüftet. Um in solchen Fällen die Brennstoffzufuhr zum Kessel sicherzustellen, hat man durch die Schurre *26* eine unmittelbare, den Schwelofen umgehende Verbindung zwischen dem Brennstoffhochbehälter *1* und dem Wanderrost *9* hergestellt. Die [illegible] eingebaute Vorrichtung *27* dient zur Mahlung und anschließenden Sangluftförderung [illegible] Asche und Schlacke.

Der Wanderrost *9* wird mit Unterwind betrieben, den der Ventilator *28* ansaugt und durch

den Wärmeanstauscher *29* sowie den Kanal *30* unter den Rost drückt. Die Luft durchströmt den zwischen den Abgasrohren des Wärmeanstauschers *29* gebildeten Raum, und zwar auf doppeltem, durch eine in der Mitte eingebaute waagrechte Trennwand geschaffenen Wege. Die den Kessel verlassenden Abgase werden durch die Rohre des Wärmeanstauschers *29* hindurch mit Hilfe des Ventilators *31* abgesaugt und durch den Schornstein *32* ins Freie geblasen.

Einen Teil der im Kessel *10* entwickelten Verbrennungsgase saugt der Ventilator *33* durch den Anschluß *34*, eine die Gase in den Wärmeanstauscher *29* gelangen können. Dieser Gasstrom wird durch die Leitung *35*, von oben in den Kohlentrockner *3* gedrückt, in dem er auf dem Wanderrost liegende Kohle durchspült um, mit Wasserdampf beladen, durch den Trockenschornstein *4* zu entweichen. Die Temperaturregelung dieses Gasstromes erfolgt durch die mit Drosselklappen versehene Rohrverbindung *36*, die es ermöglicht, einen einstellbaren Anteil gekühlter Abgase oben aus dem Wärmeanstauscher *29* gleichzeitig anzusaugen, wodurch man ein zur Kohlentrocknung auf die richtige Temperatur abgestimmtes Gasgemisch erhält.

Abb. 91. Bodenwalze des Schwelofens von Babcock.

Der im Kessel *10* erzeugte überhitzte Dampf wird den Turbinen des Kraftwerkes durch die Leitung *37* zugeführt, und ein Teil des Auspuffdampfes kehrt durch die Leitung *38* zurück, um in den die Brennkammer *11* mit dem Schwelofen *5* verbindenden Spülgaskanal *18* einzutreten und die Temperaturregelung der Spülgase zu erleichtern. Durch die Leitung *39* wird dem Kessel *10* Sattdampf entzogen, der zur Leichtöldestillation, zum Betriebe des Gaserzeugers *13* und als Wärmequelle in der Nebengewinnungsanlage dient. Eine mit Ventil versehene Rohrverbindung erlaubt, den Spülgasen im Kanal *18* Sattdampf zuzuführen, wenn beim Anfahren oder bei Stillständen kein Auspuffdampf zur Verfügung steht. Auf Anlagen, die ständig einen Gaserzeuger (*13*)-betreiben, wird dieser ebenfalls von dem Kohlenhochbehälter *1* durch die Schurre *40* nach Bedarf mit Brennstoff beschickt.

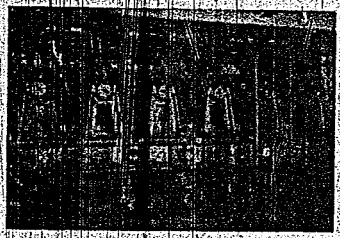


Abb. 92. Mittelteil des Schwelofens von Babcock mit dem Walzenantrieb.

Da keine Zeichnungen, sondern nur Lichtbilder zur Verfügung gestellt werden konnten, werden die Einzelvorrichtungen, soweit es sich um bemerkenswerte Neuerungen handelt, an Hand der Abb. 89—94 kurz erläutert. Abb. 89 zeigt den Kohlentrockner *3* mit teilweise entferntem Deckel und läßt den als Trockenband verwandten, normalen Kettenrost *a* erkennen. Rechts ist der verjüngte Unterteil *b* des Kohlenvorratsbehälters sichtbar, dessen mit Verschluß versehenes Mundstück in den Fülltrichter des Trockners mündet. Mit der Kohlenfüllung schließt der Trichter gleichzeitig den Trockner gegen die Außenluft ab. Unmittelbar vor ihm liegt ein Abstreicher, der die Dicke der Kohlenschicht auf dem Wanderrost bestimmt und durch Handrad nebst Zahnstangenübertragung *c* eingestellt werden kann. Der ganz links befindliche Gaseintritt zum Trockner ist nicht mit auf das Bild gekommen, wohl aber bei dem zweiten Trockner das Zifferblatt des mit dem Gaseintritt verbundenen Thermometers. Die durch Kohle und Rost strömenden mit Wasserdampf beladenen Gase treten unten seitlich aus

dem Trockengehäuse aus und werden durch das rechteckige Rohr *d* zum Schornstein geführt.

Abb. 90 zeigt oben die mit Wärmeschutzmasse und Maschendraht umgebenen Förderschnecken *a*, die den Unterteil der Trockner bilden. Rechts befindet sich ein Schwelofen, an dessen nach oben verjüngtem Oberteil *b* zwischen Förderschnecke und Ofeneinlaß die mechanisch angetriebene Zellenradschleuse eine gasdichte Verbindung bildet. Oben durch den Ofenkopf ragt die die Kohlenverteilung und Einebnung des Brennstoffs im Ofen bestätigende senkrechte Welle *c* hindurch. Die linke Seite der Abbildung zeigt den Wärterstand mit den Meßgeräten und Schaltern. In der Abb. 91 ist eine der die Beschickung tragenden Walzen wiedergegeben, um die Einrichtung und die besonders schwere Bauart zu kennzeichnen. Die Walzen sind aus Einzelsternen zusammengebaut, die auf eine schwere Welle geschoben und gegeneinander so versetzt sind, daß die Zähne der Walzen schraubenförmig verlaufen.

Abb. 92. Unterteil des Babcock-Schwelofens mit Anschluß an den Wanderrost.

In Abb. 92 ist der Mittelteil des Ofens mit den Antrieben der im Brennstoffbett liegenden Walzen wiedergegeben, die ein Zahnrad am vorstehenden Ende tragen. Drei hydraulische Zylinder sind oben, drei unten waagrecht verlagert und betätigen in einstellbaren Abständen die Pilgerschrittantriebe durch Klinken, die in die Zahnräder eingreifen und eine Drehung in beider Richtungen zulassen. Die 1., 3. und 5. Walze haben Antrieb von unten, die drei andern von oben. Die zu jedem einzelnen hydraulischen Zylinder führenden Druckwasserventile liegen in einer Reihe unmittelbar über dem Boden der Bedienungsbrücke.

Oben in Abb. 93 ist der sich stark verjüngende Unterteil *a* des Ofens sichtbar. Auf dem untern Träger ruht der mit einer waagrechten Welle verbundene Schneckenantrieb *b*; er betätigt die Kokskühlschnecke *c*, die den Koks in den Trichter des im Hintergrunde geöffnet sichtbaren Wanderrostes *d* des Dampfkessels abwirft.

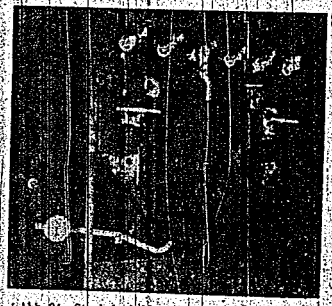


Abb. 94. Staubabscheider zum Babcock-Schwelofen.

Schließlich bietet Abb. 94 eine Ansicht des als Staubscheider dienenden Kokskoksfilters, das die für die Spülgasschwelung besonders schwierige Aufgabe der Entstaubung großer Mengen heißer Gase verhältnismäßig einfach und, wie mir von glaubhafter Seite versichert wird, wirksam löst. Der Staubscheider besteht, wie oben bereits erwähnt, aus dem senkrecht gestellten, sich nach unten verjüngenden Blechkasten *a* von rechteckigem Querschnitt. Der verjüngte Unterteil ist im Boden mit einer Öffnung versehen, die eine mit Hebel und Gegengewicht angedrückte Scheibe verschließt. Unten hinter dem Scheider erkennt man den Gaseintritt *b*. Aus dem Gehäuse ragt eine doppelte Reihe mit Vierkant versehener Stumpfe von Wellen hervor, an denen im Innern die den Koks tragenden Roste befestigt sind. Mit Hilfe des Schlüssels *c* können sie einzeln senkrecht gestellt und so der an der Oberfläche mit Staub gesättigte Koks durch die Bodenklappe

abgelassen werden, wobei er in das Mundstück *d* der senkrecht darunter eingebauten Schurre fällt.

Die auf dem Dunston-Kraftwerk zuerst erbauten beiden Schwelöfen dieser Art hatten eine Durchsatzleistung von je 20 t Kohle täglich und waren mit zwei Kesseln gekuppelt, deren Gesamtleistung je h 8170 kg Dampf entsprach. Nach Abschluß der Versuche sind zwei weitere Schweleinheiten von je 30 t täglicher Durchsatzleistung eingebaut und mit einem 13 600 kg Dampf je h erzeugenden Großkessel gekuppelt worden; auf diese Anlage bezieht sich die vorstehende Beschreibung. Ein weiterer Großkessel von gleicher Leistung wie der letztgenannte wird auf dem Dunston-Kraftwerk mit Brennstaub beheizt und dient zur Aufnahme der Werkspitzen. Mit Schwelkoksstaub vorgenommene Versuche sind recht günstig ausgefallen, da man bei Spülgasschwelkoks eine niedrige Entzündungstemperatur und das Fehlen von Graphitniederschlägen auf den Koksoberflächen, welche die Entzündungstemperatur heraufsetzen, immer voraussetzen kann.

Einige Angaben über den Betrieb der besprochenen Anlage mögen zur Ergänzung angeführt werden, und zwar stützen sich die Werte auf einen vom staatlichen englischen Brennstoff-Forschungs-Institut[1]) im Jahre 1930 durchgeführten Leistungsversuch von 120 h Dauer, dessen Werte von Giess[2]) in metrische Einheiten umgerechnet und zusammengestellt wurden.

Die Kohle wurde mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von 9,8% in den Vorwärmer eingetragen und gelangte mit einer mittlern Feuchtigkeit von etwa 2,6% in die Schwelretorte.

Die Zusammensetzung der Kohle kennzeichnen folgende Analysen.

Betriebsanalyse (luftgetrocknet)

	%
Feuchtigkeit	6,4
Flüchtige Bestandteile	34,2
Gebundener Kohlenstoff	51,5
Asche	7,9
Heizwert 6800 kcal/kg	

Elementaranalyse (trockene Kohle)

	%
Asche	8,40
Kohlenstoff	74,14
Wasserstoff	4,99
Schwefel	2,07
Stickstoff	1,78
Sauerstoff (als Unterschied)	8,62

Die Schwelprobe nach Gray-King[3]) bei 600°C hatte je t trockner Kohle nachstehende Ergebnisse.

	Mengen	Anteile %
Schwelkoks	717,30 kg	71,73
Urteer	131,911	13,16
Schwelwasser	53,211	5,30
Schwelgas (spez. Gewicht 0,695 bei Luft = 1)	118,51 m³	10,02

Der erhaltene Halbkoks war hart und dicht und zeigte Schrumpfungsrisse.

Heizgase. Das für die Beheizung des Ofens verwandte Kokereigas hatte bei einem Heizwert von 3800 kcal/m³ folgende Zusammensetzung.

	%		%
CO_2	3,8	H_2	41,4
C_nH_m	2,1	C_nH_{m+2}	22,1
O_2	0,6	N_2	25,6
CO	4,4		

Der Verbrauch an Kokereigas belief sich auf 59,03 m³ (bei 15°C und 762 mm Q.-S.) je t durchgesetzter Kohle, wozu bemerkt sei, daß sich dieser und alle folgenden Verhältniswerte auf die vorgewärmte Kohle mit 2,6% Feuchtigkeit beziehen. Man wandte also 224,81 kcal je kg Kohle auf.

Das in die Retorte eintretende Heizgas — verbranntes Kokereigas und Zusatzdampf — hatte eine durchschnittliche Temperatur von 689° C und als Bestandteile 4,8% CO_2, 10,5% O_2

[1]) Report of Test by the Director of Fuel Research London 1930.
[2]) Glückauf (1931) S. 302.
[3]) Methods of Analysis of Coal Physical and Chemical. Survey of the National Coal Resources, Paper Nr. 7. Verl. His Majesty's Stationary Office, London 1927.

und 84,7% N_2 (als Unterschied). Rechnungsmäßig stellte sich der gesamte Wärmeverbrauch zur Beheizung des Ofens auf 354,7 kcal je kg Kohlenbeschickung.

Die in die Verbrennungskammer eingeführte Luft war zu 53% gesättigt. Ihr Zustrom betrug, umgerechnet auf trockne Luft, 455,32 m³ je t Kohle. Der Dampfverbrauch belief sich auf 280 kg je t Kohlendurchsatz. Diese Menge wird bei normalem Betrieb durch den Dampf, der beim Kokslöschen entsteht und in die Verbrennungskammer eingeführt wird, etwas herabgedrückt.

Die vorgewärmte Kohle von 2,6% Feuchtigkeit gelangte mit einer Durchschnittstemperatur von 130° C in die Retorte. Die für die Trocknung und Vorwärmung erforderlichen Kesselhausabgase, die im Durchschnitt mit 191° C in den Vorwärmer eintraten und ihn mit etwa 111° C verließen, führten unter Zugrundelegung eines Zuflusses von 50,05 m³/min rechnungsmäßig etwa 3000 kcal je Min. in den Arbeitsgang. Die für die Vorwärmung auf 130° C benötigte Wärmemenge ließ sich für die je Min. durchgesetzten 22,7 kg Kohle etwa zu 1765 kcal errechnen. Die zugeführten Abgase wurden also zu 58,3% ausgenutzt. Je kg verschwelter Kohle lag demnach der erforderliche Heizwertbedarf bei 77,7 kcal und der tatsächliche bei 133,0 kcal.

Schwelkoks. Je t durchgesetzter Kohle fielen 732,4 kg Halbkoks an, dessen Siebprobe ergab:

Korngröße mm	Anteil %
50,80—25,40	0,0
25,40—12,70	38,7
12,70— 6,35	17,1
6,35— 3,20	17,2
3,20— 1,60	4,8
1,60— 0,00	23,2

Hier sei bemerkt, daß es nach der Ansicht des englischen Brennstoff-Forschungsinstituts leicht wäre, erforderlichenfalls durch geringe Änderungen an der Retorte und durch Fortlassung der Brechwalzen einen stückigen Hausbrandkoks herzustellen.

Über die Koksbeschaffenheit unterrichten folgende Analysen.

Betriebsanalyse (luftgetrocknet)	%	Elementaranalyse (trockner Koks)	%
Feuchtigkeit	3,0	Asche	11,70
Flüchtige Bestandteile	15,5	Kohlenstoff	75,52
Gebundener Kohlenstoff	70,1	Wasserstoff	2,75
Asche	11,4	Schwefel	2,05
Heizwert des trocknen Kokses 6944 kcal/kg		Stickstoff	1,91
		Sauerstoff als (Unterschied)	0,07

Nach der Schwelprobe von Gray-King waren noch 5,81 l Urteer je t Kohleneinsatz im Koks verblieben. Der Kristallwassergehalt lag bei 29,08 l je t trocknen Kokses. Der Koks war infolge seines verhältnismäßig hohen Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen leicht entzündlich.

Schwelgas. Die Entnahme von Schwelgasproben an verschiedenen Stellen des Ofens ergab, daß sowohl in der Retorte als auch hinter ihr Luft in den Arbeitsgang eindrang. Dadurch stieg der Sauerstoffgehalt des reinen Schwelgases von 1,4 auf 9,0%, und der CO_2-Gehalt fiel von 10,2 auf 6,1%. Nach diesen Zahlen sind je t Kohlenbeschickung etwa 0,52 t Luft eingedrungen. Die eigentliche Gasentwicklung konnte mit 623,16 m³ je t verarbeiteter Kohle angenommen werden. Die tatsächliche Endgasmenge belief sich auf 1050,80 m³. Das Gas verließ die Retorte im Mittel mit etwa 300° C und war durchschnittlich wie folgt zusammengesetzt:

	%		%
CO_2	6,0	H_2	1,3
C_nH_m	0,2	CH_4	4,2
O_2	9,3	N_2	75,0
CO	3,1		

Spezifisches Gewicht (Luft = 1) 0,978.

Der Heizwert des Gases lag bei 623 kcal/m³, so daß im Schwelgas rd. 654,3 kcal je t Kohle erhalten wurden. Der Ammoniakgehalt des Gases betrug 251,6 g je 1000 m³.

Aus dem Schwelgas wusch man je t Kohlendurchsatz etwa 11,18 l Leichtöl aus. Sämtliche Leichtöl ging bis 170° C über. Seine Bestandteile waren:

	%
Ungesättigte Kohlenwasserstoffe	26,4
Aromatische Kohlenwasserstoffe	48,3
Gesättigte Kohlenwasserstoffe	25,3

Schwelteer. Die Ausbeute an trocknem Schwelteer belief sich je t durchgesetzter Kohle auf 73,12 l, die rd. 56,9% des vorstehend angegebenen Ausbringens in der Versuchsvorrichtung entsprachen. Etwa 1,34 l Teer je t Kohlendurchsatz gingen infolge unvollständiger Kondensation als Teernebel mit dem Gas unter die Kessel. Der trockne Teer hatte bei 15° C ein spezifisches Gewicht von 1,051 und einen Heizwert von 9133 kcal/kg. Er wies folgende Zusammensetzung auf:

C 82,93%, H 8,34%, S 1,24%,
N 0,95%, O, Asche und Fehler 6,54%.

Sein Wassergehalt belief sich auf 2,7%. Wasserfreies Paraffin war zu rd. 1,5% im Teer enthalten. Beim Destillieren gingen über:

	Gewichtsanteile %	Dichte bei 15° C
bis 170°	0,6	0,838
170—230°	6,6	0,916
230—270°	13,1	0,967
270—310°	11,1	0,990
310—Pech	28,8	1,023
Pech (Erweichungspunkt bei 55° C)	40,0	—
Verlust	0,0	—

Eine Trennung des Teeröls aller Destillationsstufen in seine Bestandteile ergab:

	Mengenanteile %
Teersäuren (Phenole)	40,6
Karboxylsäuren	0,5
Teerbasen	3,4
Neutrale Öle (Dichte 0,913 bei 15° C)	
Ungesättigte Bestandteile	40,6
Gesättigte Bestandteile (als Rückstand bei der Behandlg.)	8,1
Verlust	0,9

Die Öldichte betrug 0,987 bei 15° C.

Von dem Teeröl und seinen Bestandteilen destillierten der Menge nach:

	Teeröl %	Neutrales Öl %	Gesättigtes Öl %	Teerbasen %
bis 170°	1,0	2,7	1,2	12,2
170—230°	24,6	21,4	18,3	
230—270°	22,6	22,3	21,1	22,2
270—310°	19,6	22,5	14,3	20,8
310—360°	13,3	22,7	33,5	21,7
Rückstand	7,5	7,5	8,9	10,0
Verlust	1,4	0,0	2,7	2,2

	Phenole %		Phenole %
180—200°	1,8	290—360°	23,1
200—230°	42,6	Rückstand	6,7
230—250°	12,4	Verlust	0,6
250—290°	12,8		

Das Ausbringen an Teeröl, das bis zu 170° C überging, war ungewöhnlich niedrig. Anderseits war der Pechanfall ziemlich hoch. Der Gehalt an Teersäuren, die zum großen Teil erst oberhalb 230° C abdestillierten, war sehr erheblich. Der Anteil an gesättigten Bestandteilen im neutralen Öl zeigte, daß ein Teil des Teers gespalten wurde. Der Paraffingehalt von 1,5% im Urteer deutete jedoch darauf hin, daß dieses Aufspalten nicht übermäßig war. Die einzelnen Teerfraktionserzeugnisse stellten sehr reine Öle dar.

Schwelwasser. Da im Kühler Kühlwasser in den Arbeitsgang eindrang, fielen je t verschwelter Kohle etwa 510,35 l Schwelwasser an. Die eigentliche Menge aus der Kohle und dem Dampf hätte 222,41 je t Kohlendurchsatz betragen müssen. Das Schwelwasser enthielt 0,2% Ammoniak, so daß je t verarbeiteter Kohle 4,87 kg Ammoniumsulfat entstanden. Das Wasser enthielt etwa 0,88% Bestandteile an gelöstem oder fein verteiltem schwebenden Teer, wodurch je t Kohlendurchsatz ein Verlust von 4,47 l Teer eintrat.

Niederschlag an mitgerissenen Teilchen. Im Gasfilter wurden je t Kohleneinsatz etwa 5,032 kg Staub zurückgehalten. Dieses Gut enthielt je t 12,52 l Teer, was für 1 t Kohlendurchsatz 0,447 l entsprach. Die Gasleitungen fingen an Staub und sonstigen Verunreinigungen je t verarbeiteter Kohle 0,729 kg und die Kühlerrohre 3,86 kg auf. Über dem Koksanstrag waren je t Kohlenbeschickung 1,382 kg Staubteilchen gemessen worden. Die gesamte Menge an niedergeschlagenen Teilchen belief sich demnach auf 8,02 kg je t verschwelter Kohle.

Gewichts-, Stoff- und Wärmegegenüberstellungen.

Über die Verteilung sowie den Bedarf und Anfall der einzelnen Stoffe beim Schwelvorgang unterrichten die folgenden Gegenüberstellungen. Sie geben die Gewichtsmengen an, wobei als Bezug- und Grundwert jeweils 100 Gewichtseinheiten an trockengesetzter vorgewärmter Kohle von 2,6% Feuchtigkeit gewählt sind.

Gewichte:	Einsatz		Ausbringen
Kohle	100,00	Koks	73,21
Dampf für Heizgase	23,29	Teer	7,60
Verbrennungsgas (trocken)	58,13	Gas	73,31
Dampf im Verbrennungsgas	4,53	Schwelwasser	31,61
Unterschied	20,70	Mitgerissener Staub	0,90
	206,65		206,65

Wasser:			
Feuchtigkeit der Kohle	2,60	Kristallwasser des Kokses (600°)	2,12
Kristallwass. der Kohle (600°)	5,16	Schwelwasser	50,96
Dampf für Heizgase	23,29	Feuchtigkeit des Gases	1,40
Dampf im Verbrennungsgas	4,53		
Unterschied	18,90		
	54,48		54,48

Stickstoff:			
Kohle	1,73	Koks	1,49
Verbrennungsgas	47,58	Teer	0,07
Unterschied	5,48	Gas	53,15
		Schwelwasser	0,10
		Mitgerissener Staub	0,07
	54,79		54,79

Aus den Gegenüberstellungen des bewegten Wassers und Stickstoffs sind die schon vorher erwähnten Undichtigkeiten an der Retorte und dem Kühler zu ersehen. Für 100 Gewichtsteile Kohleneinsatz waren 18,9 Gewichtsteile Wasser und 5,48 Gewichtsteile Stickstoff eingedrungen. Entsprechend der Stickstoffmenge wurden 7,1 Gewichtsteile Luft aufgenommen, so daß insgesamt 26,0 Gewichtsteile als Ballast in den Arbeitsgang eingetreten waren. Bei Abzug des aus der Gewichtsbilanz hervorgehenden Eindringens von 20,7 Gewichtsteilen ergaben sich als Gewichtsverlust 5,3 Anteile je 100 Gewichtsteile eingeführter Kohle.

Kohlenstoff:	Einnahmen		Ausgaben
Kohle	100,00	Koks	70,80
Verbrennungsgas	1,58	Teer	5,54
		Gas	10,16
	—	Schwefelwasser	0,53
	—	Mitgerissener Staub	0,95
	—	Verlust	4,60
	101,58		101,58

Bei dieser Aufstellung sind die Werte auf 100 Gewichtsteile reinen Kohlenstoffs der verarbeiteten Kohle bezogen. Der Kohlenstoffverlust von 4,6% beruhte auf dem durch das Anströmen von Gas beim Reinigen der Gasröhren entstandenen Abgängen und auf der Verbrennung von Koks beim Anstragen.

Wärmeaufteilung der geschwelten Kohle. Die in der Kohle enthaltenen Wärmemengen (100%) verteilten sich auf:

	%		%
Koks	71,21	Schwefelwasser	0,46
Teer	9,84	Verlust	9,33
Gas	9,16		

Der Wärmeverlust zeigte den verhältnismäßig hohen Wert von 9,33%, was auf die schon bei der Kohlenstoffbilanz angegebenen Ursachen zurückzuführen war. Nach Abrechnung dieser Werte würde der tatsächliche Verlust an Wärmeeinheiten nur etwa 5% betragen.

Durchsatz und Bedienung der Anlage.

Die durchschnittliche Durchsatzmenge an Rohkohle betrug sich auf 30,36 t/Tag bzw. auf 1,265 t/h und entsprach somit der vorgesehenen Leistung.

An elektrischem Kraftstrom für den Betrieb der Kohlenzuführung und -verteilung in oberen Teil der Retorte, für das Kettenband des Vorwärmers, für den Koksbrecher und die Koksaustragschnecke sowie für das Heizgebläse wurden 9,19 kW benötigt. Der Kraftbedarf für die Austragmühle und das Kesselspeisegebläse konnte nicht erfaßt werden.

Da die Schwelanlage in den Betrieb des Kesselhauses eingegliedert ist, ließ sich die Anzahl der für die Schwelerei verfahrenen Schichten nicht genau abgrenzen. Zwei Retorten mit Nebenproduktengewinnung und die zugehörige Kesselanlage unterstanden einem Ingenieur und einem Assistenten. Die Bedienung erfolgte in vier Schichten, von denen eine innerhalb der andern lief. Jede Schicht war mit 1 Aufseher, 1 Monteur, 1 Ofenwärter und 1 Mann für die Nebenproduktengewinnungsanlage belegt. In der vierten Schicht befand sich kein Ofenwärter, dafür waren in der Tagschicht zusätzlich 1 Monteur und 1 sonstiger Arbeiter beschäftigt. Die tägliche Öfenbelegschaft setzte sich wie folgt zusammen:

1 Ingenieur	
1 Assistent	
4 Aufseher	Gesamtbesatzung für die Kesselanlage, daher halbbelegung
5 Monteure	
3 Ofenwärter	
4 Mann bei der Nebenproduktengewinnung	
1 sonstiger Arbeiter	

Hiernach wurden je Ofen 13,5 Schichten verfahren, so daß ein Kohlendurchsatz von 2,345 t je verfahrene Schicht erzielt wurde. Bei achtstündiger Schichtzeit waren also für 1 t verarbeitete Kohle 3,56 Arbeitsstunden erforderlich.

5. Spülgasschwelband von Hareng.

In Frankreich hat Hareng ein neues Schwelverfahren ausgearbeitet, bei dem die Kohle auf einem Bande durch etwa sie senkrecht durchdringenden Spülgasströme geschwelt wird.

Die Grundzüge des Verfahrens, über das Rozniak[1]) berichtet hat, sind dadurch gekenn-

[1]) Chaleur industrie 1929, S. 55.

zeichnet, daß die Schwelkohle auf einem Wanderrost in gleichmäßig dünner Schicht ausgebreitet und in senkrecht nach unten gerichtetem Strome von den Spülgasen durchdrungen wird. Bemerkenswert sind die verschiedenen Anordnungsmöglichkeiten des Verfahrens, bei der einen Bauweise werden nur Urteer und Leichtöl gewonnen, bei der zweiten Schwelgas, Urteer und Leichtöl, bei der dritten Schwelkoks in Staubform, Schwelgas, Urteer und Leichtöl, während bei der vierten dieselben Erzeugnisse mit dem Schwelkoks in Stückform anfallen. Man wird sich zwar bei der Wahl unter diesen vier Bauarten des Verfahrens nicht auf eine Berücksichtigung der günstigsten Wirtschaftsverhältnisse allein beschränken können, sondern die Eigenschaften der Durchsatzkohle in erster Linie in Betracht ziehen müssen, um unter Berücksichtigung der örtlichen Bedingungen die wirtschaftlich günstigste Betriebsweise anzuwenden.

Den Schwelofen von Hereng zeigt Abb. 95 schematisch in seiner einfachsten Bauweise zur Gewinnung von Urteer und Leichtöl, während Schwelkoks und Schwelgas verbrannt werden.

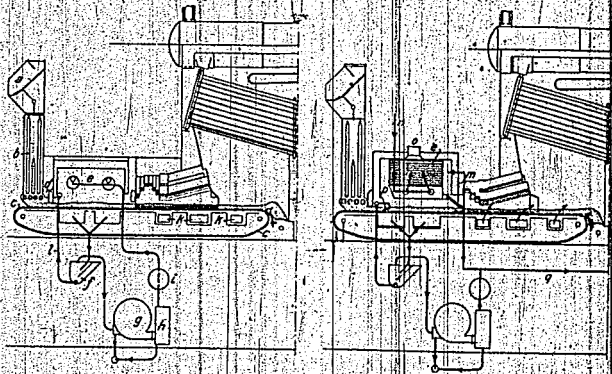


Abb. 95. Bandschwelofen von Hereng mit Eigengasbeheizung, verbunden mit Dampfkesselfeuerung.

Abb. 96. Schwelofen mit Hereng mit Fremdgasbeheizung verbunden mit Dampfkesselfeuerung.

wobei man die entwickelte Wärme in einem Dampfkessel nutzbar macht, dessen Vorbau der Schwelofen bildet.

Die Kohle fällt aus dem Hochbehälter *a* in die als Trockner und Vorwärmer dienende Einrichtung *b*, in der senkrechte Heizrohre von heißen Gasen durchströmt werden, während entsprechend erwärmte Spülgase unmittelbar von unten durch die Kohle treten, die am unteren Ende des Trockners *b* mit einer Temperatur von etwa 200° C auf das Schwelband *c* gleitet und durch den verstellbaren Abstreicher *d* in gleichmäßig dicker Schicht ausgebreitet wird. In kurzem Abstand über der Schwelzone des Schwelbandes *c* ist der Verbrennungsofen *e* eingebaut, in dessen Brennern ein Teil des Schwelgases verbrannt und durch die auf dem Schwelband *c* ruhende Kohlenschicht in abwärts gerichtetem Strome hindurchgesaugt wird. Die Gase gehen zunächst durch die Tauchvorlage *f* und darauf durch die gleichzeitig als Sauger dienende Teerschleuder *g* mit dem Scheidekasten *h* und dem Tropfenfänger *i*. Nachdem sie noch eine in Abb. 95 nicht berücksichtigte Ölwäsche durchströmt haben, führt man die Gase den Brennern der Heizkammer *e* zu und verbrennt den Überschuß unter dem Kessel.

Das sehr langsam fortbewegte Schwelband *c* ist in der Fahrrichtung verlängert und reicht so weit in das Kesselgehäuse hinein, daß es von der Stelle, an welcher der Koks den von der Brennkammer *e* überdeckten Raum verläßt und in das Zündgewölbe des Kessels eintritt, als normaler Wanderrost für die Verbrennung dient, der die fühlbare Wärme des Kokses zugute

kommt. Um die Verbrennung zu bewirken, bläst man durch die Öffnungen *k* von unten Luft ein, welche die Schwelkoksschicht in aufsteigender Richtung durchdringt, so daß bei der unveränderten Lage und der ebenmäßigen Schichtstärke des Schwelkokses besonders günstige Verbrennungsbedingungen gegeben sind. Bei dem Entwurf des Ofens ist besonderer Wert darauf gelegt worden, die Eigenwärme der Bandglieder auch während der Umkehr in der unteren Hälfte zu erhalten und eine Abkühlung zu verhindern, damit der Schwelvorgang günstig beeinflußt wird. Die durch die Linie *l* angedeutete Rohrleitung gibt die Möglichkeit, den sich in der Vorlage *f* absetzenden Dickteer, vermischt mit Kohlenstaub erneut auf das Schwelband zu bringen und abzuschwelen.

Besteht jedoch eine Möglichkeit, das Schwelgas lohnend zu verwerten, so wird die Anlage gemäß den durch Abb. 98 gekennzeichneten Änderungen gestaltet. Der einzige Unterschied gegenüber der in Abb. 93 wiedergegebenen Bauart besteht in der Ausführung der Brennkammer *d*, die hier mit waagrecht verlegten Heizrohren ausgerüstet ist. Ein Teil des entteerten Schwelgas-

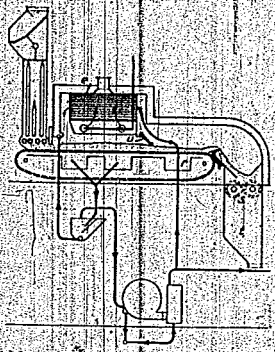


Abb. 97. Schwelofen von Héreng zum Durchsatz nicht backender Kohle.

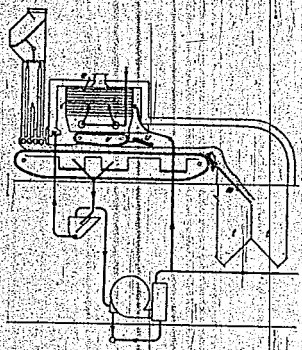


Abb. 98. Schwelofen von Héreng zur Erzeugung von stückigem Schwelkoks.

stromes wird, angedeutet durch die Linie *m*, durch diese Rohre geleitet, die durch darunter angeordnete, von der Schwachgasleitung *n* gespeiste Brenner beheizt werden, wobei die Verbrennungsgase durch den Schornsteinanschluß *o* entweichen. Die erhitzten Schwelgase treten durch den seitlichen Verteilungskanal *p* auf das Brennstoffbett und werden durch die Beschickung hindurchgesaugt. Das überschüssige Schwelgas geht durch die Leitung *q* seiner Verwendungsstelle zu, während der Schwelkoks auf dem in das Kesselgehäuse hineinragenden Ende des Wanderrostes verbrennt. Neben der unmittelbaren Wärmeübertragung der die Beschickung durchdringenden aufgeheizten Schwelgase ergibt sich bei diesem Verfahren eine weitere Wärmewirkung durch die Strahlung des stark erhitzten Brennkammerbodens, die den Schwelvorgang beschleunigen soll.

Das Verfahren ist insofern bemerkenswert, als hier zum ersten Male der Versuch gemacht wird, die hochheizwertigen Schwelgase unverdünnt als Spülgase heranzuziehen. Ist auch ihre Menge an sich für diese Zwecke zu gering, so läßt sich dem durch Speicherung und wiederholte Umleitung im Kreislauf begegnen. Das Verfahren bildet einen recht bemerkenswerten Entwurf zur Verbindung der Spülgaswärmeübertragung mit der Retortenschwelung, wobei die Vorzüge beider Verfahren vereinigt und die beiden anhaftenden Nachteile nach Möglichkeit ausgeschaltet werden.

Den Schwelofen von *Héreng* als unabhängige Schweleinheit mit Ausbeute sämtlicher

Schwelerzeugnisse zeigt Abb. 97, aus der hervorgeht, daß Bauart und Beheizung der Brennkammer *e* der an Hand der Abb. 96 gegebenen Beschreibung entsprechen. Die in Abb. 97 veranschaulichte Ausführung ist auf den Durchsatz nicht backender Kohle zugeschnitten; der feinkörnige Schwelkoksrückstand wird gemahlen und entweder als Brennstaub oder zur Abmagerung von Kokskohle verwendet.

Da das Schwelband, nachdem es die Schwelzone verlassen hat, nicht mehr als Wanderrost für die Verbrennung, sondern nur zur Kühlung des Schwelkokses dient, ist es erheblich kürzer bemessen. Durch den Kanal *r* wird ein gekühltes inertes Gas eingeblasen, das den Schwelkoks in aufsteigender Richtung durchdringt und seine Temperatur soweit herabsetzen soll, daß er sogleich in der Mühle *s* auf Staub vermahlen und durch den Schleusenbehälter *t* als Staub abgezogen werden kann, worauf man diesen den Verwendungsstellen zuführt. Um den Schwelraum von der Kühlkammer zu trennen und eine Mischung der beiden Gasarten zu verhindern, hat man an dem Ende, an dem der Schwelkoks den zwischen Band und Verbrennungsofen gebildeten Schwelraum verläßt, die schwere Gußplatte *u*, ebenso breit wie das Schwelband, mit der Oberkante an der Kopfwand des Verbrennungsofens gelenkartig befestigt, so daß ihr entgegengesetztes unteres Ende auf dem Schwelkoks schleift und damit Schwel- und Kokskühlzone voneinander trennt.

Handelt es sich darum, aus backender oder schlecht backender Kohle einen stückigen Schwelkoks zu erzeugen, so erhält der Hereng-Ofen die in Abb. 98 wiedergegebene Ausführung. Sie unterscheidet sich von der zuletzt genannten nur dadurch, daß zwischen dem die Beschickung tragenden Schwelband und der Brennkammer *e* ein zweites, in der Länge fast der Brennkammer entsprechendes Kettenband *v* in gleicher Breite wie das Schwelband eingebaut ist. Dieses Kettenband *v* erwärmt sich an dem Boden der Brennkammer *e*, und die heißen Glieder der untern Bandhälfte übertragen ihre Wärme auf die Kohle und üben gleichzeitig einen Druck auf die Beschickung aus, wodurch die Stückkoksbildung günstig beeinflußt wird. Die Fahrgeschwindigkeit des Bandes *v* ist genau gleich der des Schwelbandes. Der durch inerte Gase gekühlte Schwelkoks stürzt am Ende des Bandes über die verstellbare Schütte *w* in die mit Abzugsschleusen ausgerüsteten Vorratsbehälter *t*, in denen er hinreichend auskühlt, um verladen werden zu können.

Die Schwelverfahren von Hereng sollen sich besonders durch niedrige Anlagekosten auszeichnen. Ein gemäß Abb. 95 erbauter Schwelofen steht seit Anfang 1939 in Frankreich für den Durchsatz von Saarkohle in Betrieb, wobei statt der in Abb. 95 angedeuteten Einrichtung ein Scheibentrockner angewendet wird.

6. Verfahren von Stanley Morgan.

Das zum gleichen Zweck von Stanley Morgan in England ausgearbeitete Verfahren hat erst nach den in jüngster Zeit zum Abschluß gekommenen Versuchen Betriebsreife erlangt. Nach einem Bericht von Brownlie[1]) soll das Verfahren zunächst an Hand der vier in Abb. 99 vereinigten schematischen Skizzen kurz erläutert werden. Der Ofen besteht aus einer Trommel, ähnlich einer Betonmischtrommel, die aus Kesselblech zusammengenietet und ausgemauert ist. Bei einem Durchmesser von etwa 2200 mm und gleicher Länge setzt eine solche Trommel täglich 50 t Kohle durch. Ihre Abmessungen sind von dem Brennstoffverbrauch des Wanderrostes, dem sie vorgeschaltet wird, abhängig. Das Mauerwerk der Trommel ist an einer Stelle durchbrochen zur Aufnahme eines Rostes mit darunterliegender Windverteilungskammer. Dem Rost gegenüber ist eine verschließbare Öffnung zum Einfüllen der Kohle und zum Austrag des Schwelkokses, der in den darunter angeordneten Vorratstrichter des Wanderrostes fällt.

Die Arbeitsweise ist aus der Abb. 99 ersichtlich. 1. Es wird bei ruhender Trommel und waagerechtem Rost 90 Sekunden lang Luft durch den Koks geblasen, so daß dieser sich von 400 auf 800° C erwärmt, wobei die Verbrennungsgase in die Luft entweichen. 2. Die Trommel wird mit Kohle beschickt, was 10 Sekunden erfordert. 3. Die Trommel wird 5 Minuten lang gedreht, um den heißen Koks mit der Kohlenbeschickung in innige Berührung zu bringen und dadurch ihre Schwelung zu bewirken. Die Schwelgase entweichen durch die rechte Rohrachse zur Entteerungs- und Waschanlage, die Kokstemperatur sinkt dabei auf etwa 400° C. 4. Die Trommel wird mit der Öffnung nach unten und dem Rost nach oben gestellt, und eine der Kohlenbeschickung entsprechende Schwelkoksmenge wird in den Trichter des Wanderrostes abgezogen, wozu 20 Sekunden erforderlich sind. Danach beginnt der angedeutete Arbeitsvorgang von neuem, der also

[1]) Steam Engineer 7 (1937), S. 45.

insgesamt 7 Minuten erfordert. Das Mengenverhältnis von Koks zu Kohle in der Trommel beträgt etwa 3 : 1.

In den Abb. 100 und 101 ist die Einrichtung eines solchen Schwelofens für einen Tagesdurchsatz von 60 t Kohle in zwei Schnitten wiedergegeben. Man erkennt links das durch eine Stopfbuchse mit dem hohlen Wellenstumpf des Ofens verbundene Gebläserohr, das an die Windleitung angeschlossen wird und ihn Ofen den Wind unter den Rost leitet. Auf der gegenüberliegenden Seite befindet sich in ähnlicher Anordnung die Gasabgangsleitung von 500 mm lichter Weite mit Schieber und Staubscheider. Die Abb. 101 zeigt die Rollen, auf denen die Trommel drehbarruht, sowie die Anschlüsse an den Kohlenbehälter und die Blasegasleitung. Die Trommel ist, wie der linke Schnitt zeigt, durch einen gasdichten Klappdeckel verschlossen. Der Koksabzugtrichter ist ebenfalls erkenntlich so angebracht, daß gegenüber der Abb. 99 die Öffnung der Trommel nicht ganz unten liegt, weil ja nicht die ganze Beschickung, sondern nur ein Teil des Schwelkokses ausgetragen werden soll. Das bemerkenswerte Verfahren soll jetzt in den Großbetrieb eingeführt werden, und man sieht den Erfahrungen und Ergebnissen mit dieser in baulicher Beziehung verhältnismäßig einfachen und starken Einrichtung mit Spannung entgegen.

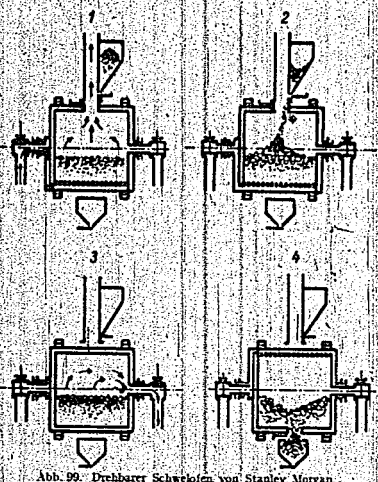


Abb. 99. Drehbarer Schwelofen von Stanley Morgan.
1 Blasezuführung, 2 Beschickungsleitung, 3 in Drehbewegung, 4 Koksaustragvorrichtung.

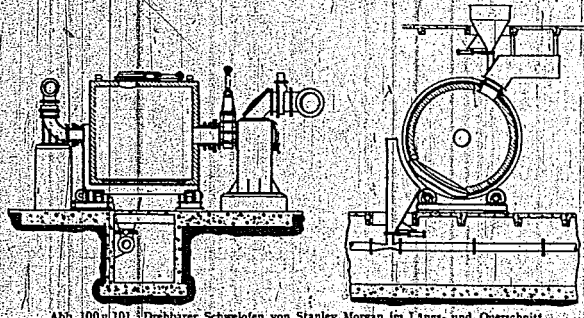


Abb. 100 u. 101. Drehbarer Schwelofen von Stanley Morgan im Längs- und Querschnitt.

Ergebnisse.

Das Verfahren wurde im Oktober 1936 vom englischen Fuel Research Board[1]) einem Leistungsversuch von 48 h Dauer unterworfen, dessen Ergebnisse im folgenden kurz berücksichtigt sind.

Durchgesetzt wurde eine stark backende Kohle in einer Korngröße unter 10 mm mit 20% Wasser, 21,1% flüchtigen Bestandteilen und 8,2% Asche.

Daraus wurden gewonnen: 77,2% Schwelkoks (mit 3,6% flüchtigen Bestandteilen), 12,30% Teer (spezifisches Gewicht 1,125), 6 kg Schwelwasser und 119 m³ Gas mit einem Heizwert von 7111 kcal/Nm³ und einem spezifischen Gewicht von 0,578 (Luft = 1).

Die Kohlenbeschickung betrug jedesmal rd. 30 kg und der Tagesdurchsatz entsprach 4,4 t Kohle, so daß täglich 114 Beschickungen erfolgten oder alle 12—13 min eine. Der als Kesselbrennstoff verwandte Schwelkoks ist, wie man von diesem Verfahren nicht anders erwarten kann, von kleinstückiger Beschaffenheit, und nur 0,9% haben eine Korngröße über 12 mm.

Der Teer hat folgende Beschaffenheit: 7,1% gehen über bis 230° und bis 345° verbleiben 71,9% Pech. Das Destillat wird wie folgt aufgeteilt: 29,7% saure Öle, 3,4% basische Öle, 63,2% Neutralöle und 1,7% Verlust. Die Neutralöle lassen sich zerlegen in: 59,6% ungesättigte und 3,6% gesättigte Verbindungen.

[1]) Report Fuel Research Board, London 1938; Colliery Guard, Bd. (1938) S. 1041.

Schrifttum: Schwelöfen für Rostfeuerungen.

C. Gerdes, Urteergewinnung in Dampfkesselfeuerungen und Befeuerung des Urteers für die deutsche Wirtschaft; Braunkohle-Chem. 3 (1925) S. 113, 129, 147, 199 u. 215. — Landsberg, Schwelverfahren nach Caracristi und Pirnay; Arch. Wärmewirtsch. 5 (1924) S. 52. — A. Thau, Schwelöfen von Garland für Kraftwerke; Glückauf 61 (1925) S. 197. — R. Mauschke, Temperaturverkokung in Verbindung mit Dampfkessel- und anderen Feuerungen; Feuerungstechn. 15 (1926) S. 21 u. 39. — Fr. Jansen, Braunkohlenschwelung in Verbindung mit Kesselfeuerungen; Braunkohle 27 (1928) S. 3. — H. Siebel, Beitrag zur Urteergewinnung aus Braunkohlenbriketts in Verbindung mit Dampfkesselfeuerungen; Diss. T. H. Berlin 1931, Verl. W. Knapp, Halle. — F. Giese, Leistungszahlen des englischen Halbgas-Schwelverfahrens; Glückauf 67 (1931) S. 306. — H. Siebel, Untersuchungen an Schwelanlagen für Kesselfeuerungen; Braunkohle 30 (1931) S. 909 u. 936. — Belain, Das Babcock-Verfahren für Schwelkraftwerke; Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 13 (1931) S. 183. — A. Thau, Die Kupplung von Schwel- u. Vergasungsanlagen mit Kraftwerken; Feuerungstechn. 20 (1932) S. 4. — H. Reiser, Vorschläge für die Gewinnung von Edelkoks aus festen Brennstoffen der Kraftwirtschaft; Glückauf 70 (1934) S. 694. — A. Thau, Schwelverfahren in Verbindung mit Kesselfeuerungen; Feuerungstechn. 24 (1937) S. 65.

V. Die Schwelung von Kohle-Öl-Mischungen.

Die Behandlung von Gemischen aus Kohle und Öl bei gleichzeitiger oder anschließender Schwelung steht in England und Amerika im Vordergrunde der Entwicklungsbestrebungen, während wir in Deutschland diesem Verfahren gegenüber heute noch eine abwartende Haltung einnehmen. Die Verfahren und die erforderlichen Einrichtungen zur thermischen Behandlung von Gemischen aus Kohle und Öl unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Bau- und Betriebsweise weit voneinander, je nach dem Endzweck, der mit dem betreffenden Verfahren erreicht werden soll.

Die Mischung von Öl und Kohle als flüssiger Brennstoff, für den sich die Maschinenfabrik Balcke die Bezeichnung „Fließkohle“[1]) schützen ließ, war zunächst als ein Heizölstreckmittel gedacht, und zur Mischung beider Brennstoffe dienen mechanische Einrichtungen, abgesehen

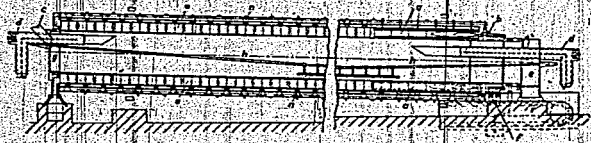


Abb. 102. Längsschnitt durch den Drehschwelofen von P. Salerni.

von gewissen Zusätzen, sog. Stabilisatoren, die eine nachträgliche Entmischung verhindern sollen. Während sich die mechanische Behandlung der Kohle-Öl-Gemische zunächst auf eine besonders innige Vermahlung und Verreibung in eigens dafür entwickelten Einrichtungen erstreckt, hat Blümner[2]) ein weiter unten berücksichtigtes Verfahren entwickelt, bei welchem das Gemisch anschließend einer thermischen Behandlung unter einem Druck von etwa 20 at bei gleichzeitiger Durchrührung unterworfen wird. Soweit für die so hergestellte Fließkohle kein Absatz vorhanden ist, wird sie unter Zumischung eines weiteren Kohlenanteils in Schwelöfen überführt, um die Beschickung in der Ruhe zu schwelen. Dabei wird das Öl abgetrieben, während der in der Kohle verbleibende Rückstand des Öls die Bildung stückigen Kokses bewirkt.

Die Zumischung von Öl oder Teer zur Kohle unmittelbar vor der Beschickung hat, wie bereits erwähnt, die Wirkung, nichtbackende Kohle bei der thermischen Zersetzung des Öls in einen festen Koks zu überführen. Das ist eine für die Hochtemperaturverkokung schon sehr alte Erkenntnis, und dieses Verfahren[3]) ist für die Verkokung nicht oder schlecht backender Kohlen wiederholt vorgeschlagen und ausprobiert worden. Die praktische Anwendung scheiterte stets an den hohen Kosten für die innige Mischung des in verhältnismäßig geringem Anteil zuzusetzenden Bindemittels, als welches in der Regel Pech oder Dickteer vorgeschlagen wurde. Um die gleiche Wirkung durch Zusätze von Mineral- oder Teeröl zu erreichen, sind im Verhältnis viel größere Zugaben erforderlich, weil das Öl durch thermische Einwirkung verflüchtigt wird und die Anteile an wirksamem Rückstand für die Zementierung der Kohlenteilchen entsprechend gering sind. Die Wirkung des Ölzusatzes zur Schwelkohle muß daher für die Koksbildung um so günstiger sein, je mehr Anteile es enthält, deren Siedepunkt über 400° liegt.

[1]) Glückauf 68 (1932) S. 1198.
[2]) Brennstoff-Chem. 17 (1936) S. 361.
[3]) Glückauf 59 (1923) S. 852.

Bereits im Jahre 1929 hatten F. Fischer, Pranschke und Sustmann[1]) Versuche durchgeführt, um die Backfähigkeit der Schwelkohle durch Schwelteerzusätze zu erhöhen und die Schwelkoksbeschaffenheit auf diese Weise zu verbessern. Diese Möglichkeiten ausnutzend entwickelte P. Salerni[2]), der bereits unmittelbar nach Kriegsende fünf Schwelöfen, die durch mechanische Rührereinrichtungen[3]) gekennzeichnet sind, auf der Heinitzgrube an der Saar gebaut hatte, ein neues Schwelverfahren.

1. Drehschwelofen von P. Salerni.

Der für einen täglichen Durchsatz von 100 t berechnete Drehofen von P. Salerni hat eine Länge von 21,3 m bei einer lichten Trommelweite von 1420 mm, wobei diese Abmessungen für die günstigste Normaleinheit gelten. Der Ofen ist in der Abb. 102 im Längs-, und in Abb. 103 im senkrechten Querschnitt wiedergegeben, während die Abb. 104 einen vergrößerten Ausschnitt aus der Abb. 102 darstellt. Wie der in der Abb. 103 wiedergegebene Querschnitt des Ofens zeigt, ist die Trommel von 14 in der Längrichtung des Ofens verlaufenden rohrartigen Heizzügen *a* umgeben. Die Züge erhalten, wie dies die Abb. 102—104 erkennen lassen, ein aus Korundrohren bestehendes Futter. Die in der Abb. 102 angedeuteten Gasbrenner *b* sind am Austragende des Ofens angeordnet, so daß die Feuergase die Züge *a* im Gegenstrom zum Beschickungsdurchgang durchströmen. Die Zuführung des Schwelgases zu den in Drehung befindlichen Brennern *b*, wie auch die Abführung der Verbrennungsgase ist weder aus den Abbildungen ersichtlich noch aus der von Salerni gegebenen Beschreibung verständlich, was auch auf eine Reihe weiterer Einzelheiten des Ofens zutrifft.

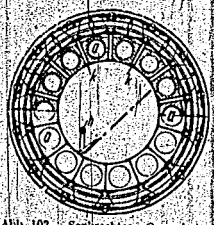


Abb. 103. Senkrechter Querschnitt durch den Drehschwelofen von P. Salerni.

Das aus Kohle, Schwelkoks und Schwelteer bestehende Beschickungsgemisch gleitet über die geschlossene Rinne *c* in den Ofen, während die Schwelgase an beiden Ofenenden durch die Rohre *d* abgesaugt werden. Diese Rohre sind soweit in das Ofeninnere hineingeschoben, daß sie über die Zonen größter Staubentwicklung hinausragen und nur staubfreie Gase und Dämpfe abgesaugt werden sollen. Als besonderer Vorteil und Neuerung bei diesem Ofen wird die Abwesenheit von Stopfbüchsen hervorgehoben, und zwar soll eine dichte Verbindung zwischen festen und bewegten Ofenteilen unter Ausschaltung mechanischer Reibung bewirkt werden. Von dieser Einrichtung kann nur gesagt werden, daß sie im Grundgedanken der bei Dampfturbinenwellen angewandten stopfbüchsenlosen Labyrinthdichtung entspricht und daß in diesem Falle Rauchgas als Abdichtungsmittel dient, das mit einem genau eingehaltenen Druck den Dichtungen zugeführt wird, so daß weder Schwelgas entweichen noch wahrnehmbare Mengen Rauchgas in das Innere des Ofens übertreten können. Zwischen dem ortsfesten Austragkopf *e* des Ofens und dem vorstehenden Ende der Retorte ist diese Abdichtung in der Abb. 102 mit *f* bezeichnet. Zwischen den ortsfesten Ofenköpfen *e* und *g* ist durch das Innere der Retorte hindurch ein Drahtseil *k* leicht durchhängend und von außen einstellbar verspannt. In der Ofenzone, in der die Kohle den höchsten plastischen Zustand erreicht, sind an dem Seil *k* pflugscharähnlich ausgebildete Schaber aufgehängt, die entweder die inneren Wandflächen berühren und sauber halten oder in geringem Abstand vom Trommelmantel hängend die Bildung größerer Schwelkoksstücke verhindern sollen.

Abb. 104. Ausschnitt aus dem senkrechten Querschnitt durch den Drehschwelofen von P. Salerni.

[1]) Brennstoff-Chem. 10 (1929) S. 480.
[2]) Brennstoff-Chem. 13 (1932) S. 228.
[3]) I. S. 443.

Der Zusammenbau des Ofens soll an Hand der Abb. 104 erklärt werden, aus der hervorgeht, daß es sich um nicht weniger als sechs ineinander gesteckte Trommelzylinder handelt. In der Abb. 104 ist die eigentliche Schweltrommel mit *i* bezeichnet. Sie besteht lediglich aus lose an den Enden mit Nut und Feder zusammengesetzten Platten, die der Ausdehnung durch die Wärme, ohne sich zu verwerfen, Rechnung tragen können. Zwischen der Schweltrommel *i* und der die Heizzüge *a* aufnehmenden Trommel *j* sind radial die an den Längskanten umgebörtelten Bleche *k* vorgesehen, die durch die gleitend eingebauten Rundeisenstempel *l* das Gewicht der Innentrommeln auf den schweren Außenmantel *m* übertragen. Die Stempel *l* ruhen, wie dies die Abb. 104 erkennen läßt, in Stühlen *n*, in denen sie durch je einen Stift befestigt sind. Die Enden der Stempel *l* treten durch den Mantel *m* nach außen hervor, und der Grad ihres Durchtritts soll als pyrometrischer Anhalt für die im Ofen angewandte Temperatur dienen. Zwischen dem Außenmantel *m* und der Heizzugtrommel *j* sind in verschiedenen Abständen voneinander noch drei weitere Trommelzylinder *o*, *p*, *q* vorgesehen.

Um die Tragfähigkeit des Außenmantels *m* nicht durch höhere Temperaturen zu beeinträchtigen, wird der Mantel von innen gekühlt. Zu diesem Zweck tritt die Verbrennungsluft am Austragende des Ofens ein und strömt zwischen dem Außenmantel *m* und dem Zwischenzylinder *q* hindurch nach dem Aufgabeende des Ofens. Dort wird sie umgelenkt, tritt in entgegengesetzter Richtung durch den zwischen den Zylindern *q* und *p* gebildeten Ringraum hindurch wieder zum Austragende des Ofens, wo sie auf diese Weise vorgewärmt den Gasbrennern zugeführt wird.

Die die Heizzüge verlassenden Abgase werden durch die zwischen je zwei Radialblechen *k* gebildeten Längskanäle geleitet und durchströmen dann den zwischen den Trommeln *j* und *p* gebildeten Raum, sodann in entgegengesetzter Richtung den engen Raum zwischen den Zylindern *o* und *p*, wonach die den Ofen verlassenden Rauchgase als Abschlußmittel und zur Erstickung des ausgetragenen Schwelkokses dienen.

Durch diese Maßnahmen, die den Bau des Ofens wesentlich verwickeln und verteuern, seine Unzugänglichkeit erhöhen und die Betriebsweise erschweren, wird zwar die Wärmewirtschaftlichkeit des Verfahrens gebessert, wenn aber Salerni dafür eine vollkommene Ausschaltung von Abstrahlungsverlusten in Anspruch nimmt, so paßt das ganz in den Rahmen der in Verbindung mit diesem Verfahren in die Welt gesetzten maßlosen Übertreibungen, die ernsten Beweisen nicht standhalten können.

Gemäß der Abb. 102 fällt der ausgetragene Schwelkoks über eine Schrägrutsche auf ein seitlich neben dem Ofen angeordnetes Förderband *r*. Sowohl die den Austragkopf *e* mit dem Förderbande *r* verbindende Rutsche als auch das erstere sind vollkommen abgeschlossen und mit Rauchgas gefüllt. Der Koks wird auf dem Förderband zwecks Wärmeaustausches mit Kohle überdeckt und gleitet dann über ein Sieb, dessen durchfallendes Gemisch in einer Kugelmühle mit der erforderlichen Urteermenge versetzt und vermahlen wird, während das grobe Siebgut den verkäuflichen Schwelkoks darstellt, dem ziemlich gleichmäßige Formen eigen sein sollen. Die Schweltemperatur im Innern des Ofens soll 450° C nicht übersteigen.

Diese Beschreibung des Schwelofens von P. Salerni reicht aus, um die Bauart zu kennzeichnen. Obwohl Salerni diese Einzelheiten bereits im Jahre 1932 bekannt gab, hat man vom praktischen Betrieb des damals angeblich im Bau befindlichen Ofens nichts wieder gehört. Der Fachmann wird eine so verwickelte Bauart ablehnen, insbesondere da es in keiner Weise ersichtlich ist, daß die vielen zusätzlichen Einrichtungen zu den zu erwartenden Ergebnissen hinsichtlich der Betriebs- und Instandhaltungskosten in einem annehmbaren Verhältnis stehen.

2. Brassert-Knowles-Kohle-in-Öl-Verfahren.

Dieses im Laufe der letzten Jahre in Amerika entwickelte und in einer englischen Betriebsanlage erprobte Verfahren (Coal in Oil[1]) stellt ein ausgesprochenes Kohleveredlungsverfahren insofern dar, als es von der Beschaffenheit und besonders von der Backfähigkeit der durchgesetzten Kohle ganz unabhängig ist, worin wahrscheinlich seine größte Bedeutung liegt. Man kann also dafür jede einigermaßen gashaltige Kohle verwenden, um daraus einen stückigen Brennstoff zu erzeugen, dessen Beschaffenheit je nach seinem Verwendungszweck von der entsprechend eingestellten Verkokungstemperatur abhängt. Neben einer Veredlung der Kohle geht aber auch eine solche von Öl oder Teer einher, da man der Kohle Teer oder Öl zusetzt,

[1]) Glückauf 71 (1935) S. 10.

die durch thermische Zersetzung einer molekularen Umlagerung in einem die Beschaffenheit veredelnden Sinne unterworfen werden.

Die Möglichkeiten für die Einführung des Verfahrens können in ofern günstig beurteilt werden, als dabei keine neuen mechanischen Einrichtungen in Frage kommen, die erst erprobt und vervollkommnet werden müßten. Eine solche Anlage ist vielmehr als eine geschickte Verbindung bisher bekannter und bewährter Verfahren anzusprechen, die lediglich hinsichtlich ihrer Leistung aufeinander abgestimmt und entsprechend bemessen werden. Die Hauptteile einer solchen Anlage sind: Kohlenaufbereitungs- und -mischanlage, Schwel- oder Verkokungsöfen, Gaskühl- und Gassauganlage, Benzingewinnungsanlage und Druckspaltanlage, für die zunächst das in Amerika stark verbreitete Verfahren von Dubbs gewählt worden ist. Keines dieser lang erprobten Einzelverfahren bildet daher eine technische Neuerung, und bei dem Bau einer solchen Anlage ist lediglich auf die Eigenschaften der durchgesetzten Rohstoffe Rücksicht zu nehmen, für deren Verarbeitung die günstigsten Bedingungen vorher ermittelt werden müssen, damit sie beim Entwurf der Einrichtungen Berücksichtigung finden.

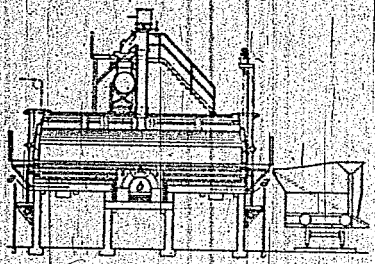


Abb. 105. Knowles-Ofen von Brassert & Co. mit Rekuperator im Längsschnitt.

Die Knowles-Öfen.

Den Kernpunkt des Verfahrens bilden die von Knowles[1]) in Amerika entwickelten Öfen, die sich bereits seit Jahren für die Verarbeitung von Erdölrückständen bewährt haben. Sie sind aus feuerfestem Mauerwerk erbaut und lassen daher die Anwendung jeder Temperaturhöhe zu, die sowohl den für den jeweiligen Durchsatz günstigsten Verarbeitungsbedingungen als auch der gewünschten Koksbeschaffenheit angepaßt werden kann, und zwar bezieht sich dies darauf, ob man Schwel- oder Hüttenkoks erzeugen will, da sich diese Öfen für die Entgasung der Kohle sowohl bei hoher als auch bei mittlerer oder tiefer Temperatur ohne weiteres eignen.

Die Schwelung eines aus Kohle und Öl bestehenden Gemisches hat außer der Bindung der Kohlenteilchen zu festem Koks noch die weitere Wirkung, daß die Ölanteile einer thermischen

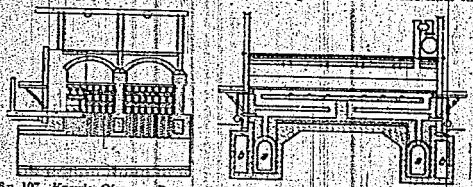


Abb. 106 u. 107. Knowles-Ofen von Brassert & Co. mit Regeneratoren im Längs- und Querschnitt.

Zersetzung und damit einer molekularen Umlagerung unterworfen werden, so daß Leichtöl und bei höheren Temperaturen Benzole entstehen, im letzteren Falle allerdings unter Bildung größerer Mengen beständiger Gase. In seiner grundsätzlichen Anordnung und Betriebsweise hat der Ofen eine gewisse Übereinstimmung mit den auf der Zeche Lothringen erbauten Pechkoksöfen, über

[1]) Glückauf 74 (1938) S. 97.

die P. Hilgenstock[1]) berichtete und hervorhob, daß es sich um einen Breitkammerofen handelt bei dem die Wärmeübertragung auf die Beschickung nur durch die Sohle erfolgt.

Die Abb. 105 zeigt den Knowles-Ofen[2]) im Längsschnitt mit Steigerohr und Vorlage in der Mitte der Kammer. Die Beschickung erfolgt durch die im Gewölbe ausgesparten Füllöffnungen. Der Ofen hat eine Länge von rd. 9 m zwischen den Türen, die Breite der Ofensohle beträgt 3,1 m, die Höhe bis zur Gewölbeauflage 610 mm und 1370 mm bis zum Scheitel des Gewölbes. Die Sohlenbeheizung des Ofens wird von beiden Seiten durch die Brenner *a* bewirkt und die Verbrennungsgase entweichen durch den teilweise als Wärmeaustauscher ausgebildeten mittleren Abhitzekanal *b* nach weiterer Ausnutzung der Wärme zum Schornstein. Die eintretende Verbrennungsluft wird in dem Wärmeaustauscher des Abhitzekanals vorgewärmt. Der Ofen selbst ist erhöht angeordnet und wird von Pfeilern getragen, um, wie in der Abb. 105 angedeutet, den Koks unmittelbar in einen Löschwagen drücken zu können.

Falls für die Abhitze des Ofens keine unmittelbare Verwendung vorliegt, wird der Ofen, wie in den Abb. 106 und 107 angedeutet, auch mit Regenerativbeheizung erbaut. Die Regeneratoren sind unter der Ofensohle angeordnet, und die Sohle wird von den Trennmauern der Regeneratoren getragen, wie dies der Querschnitt in Abb. 106 deutlich erkennen läßt. Die Beheizung des halbgeteilten Ofens erfolgt jeweils nur von einer Seite, und die Abgase entweichen aus den Regeneratoren in die Abhitzekanäle *a*, während die Luft durch die seitlich angebauten Kanäle *b* zugeführt wird. Die Beheizung ist durch Steinschieber, die auf einer zwischen Regenerator und Ofensohle eingebauten, mit Durchtritten versehenen Mauerzunge liegen, einstellbar.

Die Öfen, von denen mehrere Gruppen in Amerika und eine in England erbaut wurden, dienen der Verkokung von Erdölrückständen oder von Teerpech, wobei die Sohle mit Carborundumsteinen abgedeckt wird, die das Eindringen des Teers verhindern. Das übrige Mauerwerk ist aus feuerfesten Steinen aufgebaut, die der Ausdehnung am besten Rechnung tragen. Der Ofen dient ferner der Schwelung von Kohle-Ölgemischen und der Ölgaserzeugung, darüber hinaus soll er sich aber auch zur Kokserzeugung aus stark treibenden Kohlen mit guter Backfähigkeit eignen. Bekanntlich wirkt sich der Treibdruck der Kohle bei der Verkokung in Richtung des Wärmeflusses, bei normalen Koksöfen also waagerecht nach beiden Seiten aus, weshalb solche mit stark treibender Kohle beschickten Öfen sich nicht entleeren lassen. Bei dem Knowles-Ofen erfolgt die Ausdehnung der Beschickung nach oben in den freien Gewölberaum hinein, so daß die Entleerung dadurch nicht behindert wird.

Der Ofenbetrieb entspricht hinsichtlich der Entladung durch eine Ausstoßmaschine und der anschließenden Behandlung des Kokses in einem Löschwagen dem einer Kokerei. Die Beschickung wird durch einen in jedes Ofengewölbe eingelassenen Rohrstutzen den Entgasungskammern zugeführt, wo sie sich auf der Ofensohle gleichmäßig ausbreitet. Sie erfolgt, damit die Wärmedurchdringung gefördert wird, allmählich und nimmt bei einer Garungszeit von 12—16 Stunden etwa 2 Stunden in Anspruch.

Da das Verfahren den für jeden Brennstoff günstigsten Bedingungen angepaßt werden und auch den Absatzmöglichkeiten für den erzeugten Koks Rechnung tragen muß, lassen sich keine allgemein gültigen Werte für einen solchen Betrieb angeben. Eine aus vier Knowles-Öfen bestehende Anlage ist auf dem neu erbauten Eisen- und Stahlwerk zu Corby in England errichtet worden. Dort verarbeitet man eine schlecht backende Steinkohle mit rd. 35% flüchtigen Bestandteilen; die Ofensohlen werden dabei auf eine Temperatur von etwa 1300° C erhitzt. Die Temperatur im Gewölbe über der Beschickung beträgt nach deren Einbringung etwa 430° C und steigt bis auf 730° C nach dem Abschluß der Entgasung, die bei einer Beschickungshöhe von 400 mm 12 Stunden in Anspruch nimmt. Diese Anlage wird daher gegenwärtig nicht als Schwel-, sondern als Verkokungsanlage betrieben und der anfallende Koks im Hochofen des Werkes verwendet.

Die Knowles-Öfen sind erst in neuerer Zeit für das Verfahren herangezogen worden und eignen sich bei einer Kohle mit ausreichender Backfähigkeit ohne weiteres als Schwelöfen oder für die Herstellung von Koks aus Pech und Ölrückständen.

[1]) Glückauf 73 (1937) S. 617.
[2]) J. Inst. Fuel 8 (1935) S. 206.

Der Aufbau der Anlage.

An Hand des in Abb. 108 wiedergegebenen Umlaufbildes sei das Verfahren, bei dem die Kohle, wie der Name sagt, in einer Mischung mit Öl verkokt wird, kurz erläutert. Die Kohle wird in der Anlage *a* entsprechend aufbereitet, deren zweckmäßigste Einrichtung sich nach der Beschaffenheit der angelieferten Kohlen zu richten hat. Jedenfalls muß die Kohle in einem möglichst trockenen und feinkörnigen Zustand übergeführt und dafür so fein gemahlen oder ausgesiebt werden, daß 80% durch ein Sieb von 80 Maschen je cm² gehen. In dieser Beschaffenheit gelangt sie in den mechanischen Mischer *b*, dem gleichzeitig aus dem Vorratsbehälter *c* Öl zugeführt wird, und zwar in einem solchen Verhältnis zur Kohle, daß eine Paste entsteht, die für die Beförderung durch Rohre unter Druck noch plastisch genug ist. Das Gemisch gelangt dann in den Hochbehälter *d* und wird von der Pumpe *e* durch den Vorwärmer *f* in die Verteilungsleitung *g* der Schwel- oder Verkokungsöfen *h* gedrückt, aus der man die einzelnen Kammern beschickt. Die entbundenen Gase und Dämpfe entweichen durch die Saugleitung *i* in den

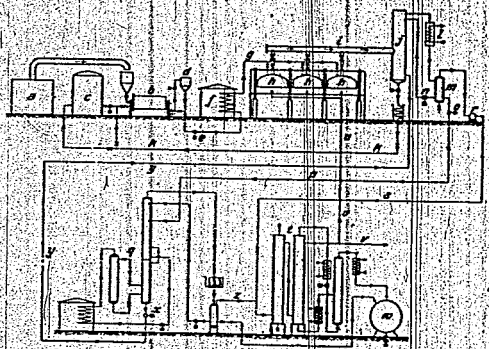


Abb. 108. Umlaufbild einer Verkokungsanlage mit Druckspaltung des Öls.

Vorkühler *f*, und die in diesem ausfallenden hoch siedenden Öle werden durch die Leitung *k* in den Vorratsbehälter *c* zur Mischung mit der Kohle zurückgeführt. Das aus Gasen und Dämpfen bestehende Gemisch strömt aus dem Vorkühler *f* durch den Wasserkühler *l* in den Schlußkühler und Sammler *m*. Aus diesem kann ein Teil durch die Pumpe *n* zur Zerstäubung in den Vorkühler *f* zurückbefördert werden; die größere Menge geht durch die Pumpe *o* und die Leitung *p* in die Druckspaltanlage *q*, deren Einzelheiten hier übergangen werden und in der das Öl in bekannter Weise in leicht siedenden Betriebsstoff umgewandelt wird. Das Gebläse *r* saugt das Gas aus dem Schlußkühler *m* und drückt es durch die Leitung *s* in die Benzingewinnungsanlage *t*, deren Einrichtung durchaus der einer normalen Benzolfabrik entspricht, so daß sich ihre besondere Beschreibung erübrigt. Das die Ölwäscher der Benzingewinnungsanlage verlassende Gas gelangt durch die Leitung *u* zu den Brennern der Öfen *h* und durch einen in der Abbildung nicht gezeichneten Abzweig zu den Öfen der Druckspaltanlage, während ein Überschuß durch den Rohrstrang *v* abgeführt wird und für sonstige Zwecke, beispielsweise zu einer etwa erforderlichen Trocknung der Kohle, zur Verfügung steht.

Das aus dem Gas gewaschene sowie das durch Druckspaltung gewonnene Leichtöl sammelt sich in dem Lagerbehälter *w*, während das Rückstandsöl der Druckspaltanlage durch die Pumpe *x* und die Leitung *y* wieder in den Vorkühler *f* zurückgelangt, wodurch der Ölkreislauf geschlossen ist. Das in der Druckspaltanlage anfallende Spaltgas tritt durch die Verbindungsleitung *z* unmittelbar vor den Benzinwäschern in die Gasleitung *s*, so daß das darin enthaltene Leichtöl gewonnen wird.

Die Stoffbilanz.

Auf Grund der mit dem Verfahren gewonnenen Betriebserfahrungen wurde eine von bestimmten Rohstoffen ausgehende Stoffbilanz aufgestellt, die Abb. 109 als Schaubild wiedergibt, wobei vorausgeschickt sei, daß die Werte je nach der Kohlenbeschaffenheit entsprechenden Änderungen unterworfen sind. Das obere Rechteck bedeutet einen Verkokungsofen, der mit einem aus 100 kg Trockenkohle und 100 kg Öl bestehenden Gemisch beschickt ist; das Öl besteht aus 50 kg Frischöl und 50 kg Öl aus dem Betriebskreislauf. Aus der Kohle werden 20 und aus dem Öl 10 kg Gase und Dämpfe entbunden, die zusammen mit 5 kg Gas aus der Druckspaltanlage durch die Benzinwäscher geleitet werden, so daß 33 kg Gas verbleiben, die, abgesehen von einem restlichen Überschuß, zur Beheizung der Verkokungs- und Druckspaltöfen Verwendung finden. Aus der Kohle werden 70, aus dem Öl 10 kg Koks erzeugt; mithin stehen 80 kg verkaufsfähiger Koks zur Verfügung. Aus der Kohle werden außerdem 10 kg Teer gewonnen, die im Kreislauf bleiben und einen Teil des Umlauföles bilden. Bei der Verkokung entstehen 80 kg Öle oder zusammen mit dem Teer 90 kg, von denen 45 kg als hochsiedendes Dicköl zur Einmischung in die Kohle zurückgeführt werden, während die leichter siedenden 45 kg Mittelöl zur Weiterverarbeitung in die Druckspaltanlage gelangen. Aus dieser werden 5 kg Rückstandsöl wieder in den Kreislauf geleitet, so daß 50 kg Umlauföl zur Einmischung in die Kohle vorhanden sind. In der Druckspaltanlage werden 35, in der Benzinanlage 2 kg Leichtöl oder insgesamt 37 kg gewonnen, aus denen unter Berücksichtigung von 7 kg Waschverlust 30 kg verkaufsfertiger Betriebsstoff entstehen. Die vorstehenden Werte sollen lediglich als Anhalt dienen, sie ändern sich, wie bereits angegeben, je nach der Beschaffenheit der verarbeiteten Kohle und des zugesetzten Öles und sind schließlich in hohem Maße von der in weiten Grenzen einstellbaren Betriebsweise abhängig.

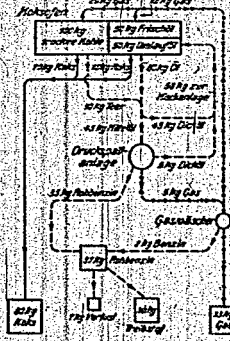


Abb. 109. Umlaufschaubild der Stoffbilanz des Verfahrens.

Die Koksbeschaffenheit.

Auf der Anlage in Corby wird der Koks, wie oben bereits erwähnt, in den Hochöfen des Werkes verbraucht, und zwar gleichzeitig mit dem von der Kokerei gewonnenen, dem er hinsichtlich seiner Härte, Abriebfestigkeit und Verbrennlichkeit in keiner Weise nachsteht. Die ausgezeichnete Beschaffenheit des Kokses mit sehr gleichmäßigem und im Verhältnis dichtem Gefüge geht aus dem von mir angefertigten und in Abb. 110 in zweifacher Vergrößerung wiedergegebenen Flächenschliff einer Durchschnittsprobe hervor, die sich durch die oben angeführten Eigenschaften auszeichnete. Der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen schwankt bei diesem ausgesprochenen Hochtemperaturkoks zwischen 2 und 5%, das Koksausbringen auf der Corby-Anlage geht aus Abb. 109 hervor.

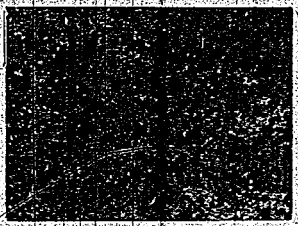


Abb. 110. Flächenbild von Hochtemperaturkoks aus der Corby-Anlage.

Auf den besonderen Vorzug des Verfahrens, das sich von allen bisher bekannten Verkokungs- und Schwelanlagen dadurch unterscheidet, daß es von der Beschaffenheit der zur Verarbeitung kommenden Kohle fast ganz unabhängig ist, habe ich bereits hingewiesen. Man kann selbst Anthrazit, wie bereits versuchsweise festgestellt worden ist, auf diese Weise in einen festen

Koks überführen, obwohl man naturgemäß eine Ausgangskohle wählen wird, deren Gasgehalt hoch genug ist, um den Wärmebedarf der Öfen sowohl der Verkokungs- als auch der Druckspaltanlage zu bestreiten. Anderseits wird es aber ohne weiteres gelingen, auch die Braunkohle auf diese Weise in einen grobstückigen Schwelkoks zu verwandeln, so daß sich wahrscheinlich in dieser Richtung besondere Aussichten bieten.

Die Koks- und Gaserzeugung.

In Fällen, in denen es sich darum handelt, aus nicht oder schlecht backenden Kohlen einen festen Hüttenkoks zu erzeugen, und gleichzeitig günstige Verwendungsmöglichkeiten für das anfallende Überschußgas bestehen, so daß auf eine hohe Gasausbeute besonderer Wert gelegt wird, während die Ölgewinnung in den Hintergrund treten soll, läßt sich eine solche Anlage vereinfachen und dem Kokereibetriebe annähern. Das Verfahren wird dann unter Wegfall der Druckspaltanlage und des Vorerhitzers für das Kohleölgemisch so ausgestaltet, daß das Kohlenölgemisch unmittelbar in die Ofenkammer gelangt, auf deren Sohle es sich gleichmäßig ausbreitet. Das in der Kühlanlage niedergeschlagene Öl bleibt im Kreislauf und wird einem Sammelbehälter zugeführt, aus dem es dem Mischer zufließt. Die Öfen betreibt man, um einen festen Stückkoks und große Gasmengen zu erzeugen, mit möglichst hoher Temperatur, die neben der Bildung eines harten Hüttenkokses die thermische Zersetzung der Öldämpfe im Ofengewölbe begünstigt und eine hohe Gasausbeute gewährleistet. An flüssigem Brennstoff wird durch Ölwaschung des Gases lediglich Betriebsstoff gewonnen, der in diesem Falle überwiegend aus Benzol besteht. Da das Öl dauernd im Kreislauf bleibt, entsprechen die zu ergänzenden Ölmengen lediglich den vergasten sowie den in Benzol übergeführten Anteilen und auch den zur Zementierung der Kohle verkokten Rückständen, wobei jedoch eine gewisse Zufuhr zum Ölkreislauf durch die aus der Kohle entbundenen Teermengen erfolgt.

Die Druckspaltung.

Die im Gase enthaltenen dampfförmigen Leichtöle werden durch Ölabsorption in gleicher Weise gewonnen wie das Benzol im Kokereibetriebe. Die Ausbeute schwankt in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Ofeneinsatzes wie auch von der angewandten Entgasungstemperatur. Die Gastemperaturen im ersten Kühler werden auf etwa 300° C unten und 175° C im Obertell gehalten. Das aus dem Gas abgeschiedene Mittelöl leitet man in stetigem Kreislauf in die Druckspaltanlage, um es in Leichtöl überzuführen, während der dabei anfallende Rückstand der Kohlenmischanlage zugeht. Die Druckspaltung erfolgt in Corby in der Dubbs-Anlage bei einer Temperatur von 490° C und unter einem Druck von rd. 10 kg/cm². Das dabei entstehende Spaltgas wird dem Kohlen-Ölgas der Öfen zugesetzt, und dieses Mischgas hat dann einen Heizwert von rd. 8900 kcal/m³. Die als Überschuß zu anderweitiger Auswertung verfügbare Gasmenge entspricht rd. 140 m³, bezogen auf 1 t des Durchsatzgemisches. Die Ausbeute an gereinigtem Betriebsstoff schwankt zwischen 25 und 30 kg bei dem spezifischen Gewicht 0,75. Die Brauchbarkeit und Klopffestigkeit des bei diesem Verfahren erzeugten Betriebsstoffes ist sowohl im Fahr- als auch im Flugzeugmotor auf längeren Strecken nachgewiesen worden.

Die Corby-Anlage.

Das Verfahren ist von der Universal Oil Company zusammen mit der H. A. Brassert & Co. Ltd. in Amerika entwickelt worden, wo mehrere mit den Knowles-Öfen ausgerüstete Anlagen Erdölrückstände auf Petrolkoks zur Elektrodenherstellung verarbeiten. Die Brassert Co. hat auf dem in Corby neu erbauten Eisen- und Stahlwerk der Stewarts & Lloyds Co. Ltd. eine solche Anlage errichtet, auf die sich die vorstehenden Angaben beziehen.

Das in Abb. 111 wiedergegebene Lichtbild zeigt eine Ansicht der in Corby erbauten Anlage mit vier Knowles-Öfen, deren mit Lehm abgedichtete Türen mit der davor verlegten Bedienungsbrücke a erkennbar sind. Unter der Brücke sind die Brenner zur Beheizung der Öfen leicht zugänglich angeordnet. Die Tür des ersten Ofens ist durch die den Vordergrund des Bildes einnehmende Ausdrückmaschine verdeckt. Diese unterscheidet sich von den dem gleichen Zweck dienenden Einrichtungen der Kokerei zunächst dadurch, daß eine Planierstange fehlt, da sich die Beschickung selbsttätig auf der Ofensohle ausbreitet und daher nicht eingeebnet zu werden braucht. Die der Breite der Ofenkammern Rechnung tragende Druckstange b besteht aus zwei gleichlaufenden, an den Innenseiten gegeneinander verstrebten Trägern. An den Ofen ruht die Vorlage c mit rundem Querschnitt, die durch die Steigrohre d mit den vier Ofenkammern verbunden ist.

Am Ende der Ofengruppe schließt die Anlage in den im Gasraum mit hochsiedendem Öl berieselten Kühlturm 4, hinter dem das Maschinenhaus 5 für die Gasgebläse, Pumpen, Kessel usw. erkennbar ist. Den Hintergrund des Bildes nimmt die Druckspaltanlage zur Verarbeitung der Mittelöle mit der Ofenanlage 6 zur Destillierung unter Druck ein. Die Öfen sind an den Schornsteinen 8 angeschlossen. Kennzeichnend für die Druckspaltanlagen von Dubbs ist der hohe Turm 7 für die Entspannung der Öldämpfe.

Erwähnt sei noch, daß sich auf dem Werk auch eine mit betriebsmäßiger Genauigkeit arbeitende Verarbeitungsanlage für einen Tagesdurchsatz von rd. 11 Kohlen-Ölgemisch befindet, welche die Bedingungen und Ausbeuten verschiedener Kohlen- und Ölarten zu bestimmen erlaubt.

Die Wirtschaftlichkeit.

Eine auf die Verhältnisse in Deutschland zugeschnittene Wirtschaftlichkeitsberechnung läßt sich für dieses Verfahren nicht aufstellen, weil die grundlegenden Bedingungen zu eng mit

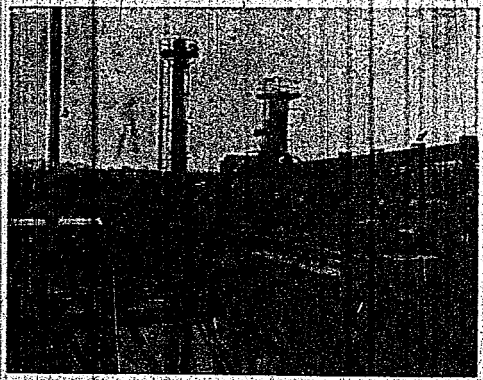


Abb. 111. Ansicht der Öfen- und Druckspaltanlage in Gelsenkirchen.

den örtlichen Umständen verknüpft und von Fall zu Fall sehr starken Schwankungen unterworfen sind. Man wird für die Verarbeitung eine feuchtigkeitsarme, schwach oder nicht backende Kohle heranziehen, deren Beschaffenheit natürlich die Vorbereitungskosten beeinflußt und für die eine feste allgemein gültige Preisgrundlage fehlt. Dies bezieht sich ebenfalls auf das zur Verwendung kommende Öl, bei dessen Wahl man ziemlich unabhängig von der Beschaffenheit nur auf die gewöhnlichen Teer- und Mineralöle, besonders aber auf hochsiedende Abfallöle angewiesen wird. Deren einwandfreie Bewertung läßt sich nur von Fall zu Fall ermitteln und ist abhängig von den Frachten verschiedener. Wenn auch bei der Erzeugung von Hüttenkoks mit bestimmten Werten gerechnet werden kann, so fehlen sie doch für Schwelkoks, sofern der Betrieb auf diesen abgestellt werden soll, und eine feste Preisgrundlage ist lediglich für den Betriebsstoff gegeben. Die Bewertung des Überschußgases hängt jeweils von den örtlichen Verwendungsmöglichkeiten ab. Mithin fehlen für die Aufstellung einer zuverlässigen Wirtschaftlichkeitsberechnung wesentlich notwendige Werte, so daß hier von einer solchen Berechnung abgesehen werden muß. Schließlich ist auch zu bemerken, daß man eine derartige Anlage nicht unbedingt zur Druckspaltung des Öls einzurichten braucht, und wenn man sich mit der Erzeugung eines ebenfalls leicht absetzbaren Mittelöls neben dem aus dem Gas gewonnenen Betriebsstoff be-

genügen will, wird die Anlage erheblich billiger und dient auch dann einer Veredlung der Kohle, die in festen Koks übergeführt wird, während man gleichzeitig keinen Teer, sondern nur hochwertige Öle gewinnt, so daß je nach der Art des zugesetzten Öles oder Teeres auch eine Ölveredlung erfolgt, wobei die schweren Anteile als Zementierungsmasse in der Kohlenbeschickung verkokt werden.

Als Anhaltspunkte für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens mögen folgende Angaben dienen. Für eine Durchsatzleistung von täglich 500 t Kohle, mit der die gleiche Gewichtsmenge an Öfen vermischt wird, sind 20 Knowles-Öfen mit den oben angeführten Maßen erforderlich. Eine solche vollständige Anlage würde einschließlich der Druckspaltanlage rd. 2,5 Mill. RM erfordern. Die Betriebskosten einschließlich der Kapitalkosten belaufen sich auf 11 Kohle bezogen, auf 9—10 RM, wovon 6 RM auf die Ofenanlage und 4 RM auf die Druckspaltanlage entfallen. Für die Bedienung der Anlage würden täglich etwa 40 Mann notwendig sein.

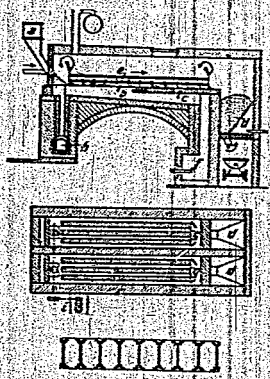


Abb. 112—114. Bauart des in Rußland entwickelten Knowles-Ofens für stetigen Betrieb.

3. Knowles-Ofen russischer Bauart.

In den Abb. 112—114 ist eine in Rußland [1]) erbaute Abart des Knowles-Ofens wiedergegeben. Dieser Ofen ist für eine stetige Betriebsweise eingerichtet, und zwar wird das Pech oder das Kohle-Ölgemisch in den Behälter *a* aufgegeben. Aus diesem tritt es auf die eiserne Herdplatte *b*, deren entgegengesetztes Ende mittels einer abdichtenden Asbestzwischenlage auf einer gemauerten Herdplatte *c* ruht. An deren Ende ist ein Koksbehälter *d* vorgesehen, und durch die mechanische Fördereinrichtung *e* wird der Koks in den Behälter *d* abgeworfen und daraus zeitweise entnommen. Die Beheizung erfolgt von der Brennkammer *f* aus, in der Gas verbrannt wird, wobei die Verbrennungsgase durch die in der Abb. 113 angedeuteten waagerechten Züge *g* unter der Sohle herziehen und durch den Abhitzekanal *h* entweichen. Die Fördereinrichtung *e*, die in der Abb. 114 gesondert angedeutet ist, besteht aus einem leiterartigen Kratzband, das durch zwei Kurbeln angehoben und gesenkt wird, in der Weise, daß in der tiefsten Stellung die Fortbewegung der Beschickung in Richtung zum Koksbehälter bewirkt wird, während in angehobener Stellung die Rückwärtsbewegung erfolgt. Der Antrieb der Einrichtung durch den Motor *i* ist in der Abb. 113 angedeutet. Je nach der Art des zur Verschwelung kommenden Gutes wird an Stelle der eisernen Herdplatte *a* diese auch ganz aus Steinen erbaut. Über die Ergebnisse und Betriebserfahrungen mit diesem Ofen ist nichts näheres bekannt geworden.

4. Curran-Knowles-Ofen.

Unter dem obigen Namen wurde der Knowles-Ofen auf die bereits erwähnte Möglichkeit eines reinen Kohlendurchsatzes zugeschnitten, ohne an den üblichen Grundlagen gemäß der Abb. 105—107 etwas zu ändern. Nach den Angaben von W. W. Stevenson [2]) haben diese Öfen eine Länge von 9140 mm bei einer Breite von 2286 mm und die größte lichte Höhe der Kammern beträgt 1220 mm, die niedrigste an den Seiten 610 mm. Die Kohle wird in einer Schicht von 250—300 mm Höhe auf der Ofensohle ausgebreitet, und bei einer Heizzugtemperatur von 1370—1430° C beträgt die Verkokungsgeschwindigkeit 25 mm/h. Der Koks ist fest und dicht, jedoch leichter als gewöhnlicher Koks, und da in dem unbeheizten Gewölbeteil des Ofens keine Zersetzung der Kohlenwasserstoffdämpfe eintritt, erhält man neben paraffinischem Schwelteer auch einen von Kohlenstoffniederschlägen freien dem Schwelkoks nahestehenden Kokerückstand, der durch einen niedrigen Entzündungspunkt und leichte Verbrennlichkeit gekennzeichnet ist.

[1]) Coal Carbonisation 3 (1937) S. 10.
[2]) Amer. Gas J. 148 (1938) S. 9.

Die erste aus 10 Öfen bestehende Gruppe dieser Bauart wurde im Jahre 1933 auf dem Gaswerk West-Frankfurt in den Vereinigten Staaten erbaut; inzwischen ist die Anlage um zwei Gruppen von je 8 Öfen auf 26 Einheiten erweitert worden. Die dort durchgesetzte Kohle läßt sich wegen ihres hohen Treibdruckes im normalen Koksofen nicht verarbeiten.

5. Blümner-Verfahren.

Um eine Fließkohle als vollkommen stetiges, dem Kolloidzustand sehr nahe kommendes Gemisch herzustellen, schlug Blümner [3]) mit seinem weiter unten beschriebenen Verfahren ganz neue Wege ein. Dabei wurde von der Voraussetzung ausgegangen, daß, wenn die Fließkohle einer thermischen Behandlung unter besonderen Bedingungen und in geeigneten Einrichtungen ausgesetzt wird, physikalische Veränderungen in der Beschaffenheit der Kohlenteilchen hervorgerufen werden, die für die Stetigkeit der Mischung viel günstigere Bedingungen schaffen gegenüber der auf den üblichen Wegen hergestellten Fließkohle. Über die thermische Behandlung der Fließkohle hinaus werden aber gleichzeitig noch weitere Einflüsse zur Geltung gebracht, und zwar eine Druckdestillation, und es wird dann noch mit einer extrahierenden Wirkung des heißen Öls auf die darin in der Schwebe gehaltenen Kohlenteilchen gerechnet, so daß gleichzeitig wertvolle Treibstoffe gewonnen werden.

Die Fließkohle wird bei einer stufenweise sehr langsam ansteigenden Temperatur auf etwa 450° erhitzt unter gleichzeitiger Anwendung von Druck, so daß das Öl einer molekularen Umwandlung (Crackung) unterworfen wird, wobei gleichzeitig eine sehr schonende Schwelung der Kohlenteilchen eintritt. Dieser Schwelung geht in den niedrigeren Temperatur ausgesetzten Zonen eine Extraktion voraus, insofern, als die Kohlenteilchen sich unter dem herrschenden Druck durch Ölaufnahme gewissermaßen sättigen. Da die feinst gemahlenen Kohlenteilchen an sich sehr klein sind und vom Öl in der Schwebe gehalten werden, so erfolgt der Wärmeangriff gleichmäßig von allen Seiten. Bei der geringen Wegstrecke bis zum Kern jedes Kohlenteilchens sind die Schwelbedingungen äußerst günstig, und es genügt eine verhältnismäßig niedrige Temperatur, insbesondere unter Berücksichtigung der vorangegangenen Extraktionseinflüsse, um die Bitumenbestandteile der Kohle zur Destillation zu bringen.

Während bei den normalen Schwelverfahren die entbundenen dampfförmigen Teerbestandteile immer noch einer, wenn auch nur geringen Zersetzung unterworfen werden und eine gewisse Menge Gas abspalten, kann eine solche Zersetzung, verursacht durch heiße Flächen oder überhitzte Hohlräume, hier nicht eintreten, weil die aus den Kohlenteilchen entbundenen Dämpfe sofort von dem umgebenden Öl aufgenommen werden, um dann an der durch Druck und Wärme hervorgerufenen Druckdestillation teilzunehmen, so daß sie ebenfalls der im Öl bewirkten molekularen Umlagerung unterworfen werden. Eine Ölschicht, insbesondere wenn sie mit Kohle vermischt ist, läßt sich nur schwer gleichmäßig erwärmen, und da ungleichmäßige Temperaturen eine Entmischung der Fließkohle begünstigen und die Bildung von festen Niederschlägen auf den beheizten Metallwänden verursachen würden, so wird die Mischung während der ganzen Dauer ihrer Behandlung mit Hilfe mechanischer Rühreinrichtungen in lebhafter Bewegung gehalten, die noch durch die Durchflußgeschwindigkeit erhöht wird. Die Rühreinrichtung für die Fließkohle wird so ausgestaltet, daß ihre äußeren, beweglich angeordneten Kantenflächen durch Federkraft sowie durch den Widerstandsdruck der Fließkohle selbst angepreßt über die Innenflächen der beheizten Metallwände gleiten und so die Ablagerung von Ansätzen wirksam verhindern.

Durch die gleichmäßige Extraktion, die Druckdestillation und die Schwelung der Fließkohle entstehen leicht siedende Öle, die an den einzelnen Stufen des Verfahrens dampfförmig abgezogen und in Kühlern niedergeschlagen werden, wobei die Gewinnung dieser Motortreibstoffe den Hauptzweck des Verfahrens ausmacht. Gegenüber anderen, der Leichtölgewinnung dienenden Verfahren ist bei dem Blümner-Verfahren infolge der Abwesenheit hoch erhitzter Flächen, mit denen die Dämpfe in unmittelbare Berührung kommen könnten, die Gasbildung äußerst gering.

Durch die Schwelung der Kohlenteilchen und die dabei eintretende Teerentbindung wird ihr Gefüge wesentlich verändert. Die glatten Flächen werden aufgerauht und porös, die Raummenge vergrößert sich je nach der Beschaffenheit der angewandten Kohle, und das scheinbare spezifische Gewicht der Kohle wird durch die Überführung in Schwelkoks beträchtlich herabgesetzt. Die Bedingungen für eine sich nicht mehr entmischende Fließkohle sind beim Vorliegen der rauhen, leichteren Schwelkoksteilchen, die von dem Öl in der Schwebe gehalten werden, viel günstiger als bei den glatten, spezifisch schweren Rohkohlenteilchen. Trotzdem unterwirft Blüm-

[3]) Brennstoff-Chem. 17 (1936) S. 381.

ner das behandelte Gemisch einer nochmaligen Zerkleinerung in einer besonderen Mahleinrichtung, um die durch die Schwelung aufgeblähten Kohlenteilchen wieder auf den größtmöglichsten Feinheitsgrad zu bringen und die Verwendung der Fließkohle der des reinen Heizöls nach Möglichkeit anzugleichen. Blümner nimmt dabei für sein Verfahren in Anspruch, daß die auf dem von ihm beschrittenen Wege erzeugte Fließkohle ein wirklich kolloidales Kohle-Ölgemisch, also eine sich nicht mehr trennende, vollkommen homogene Flüssigkeit darstellt.

Da für die Fließkohle, wie bereits eingangs erwähnt, gegenwärtig kaum ein Markt vorhanden ist, erfordert ihre Einführung den Beweis, daß ihre Verwendung gegenüber der Lagerung und Verfeuerung reinen Heizöls keine Nachteile und eine erhöhte Wirtschaftlichkeit mit sich bringt und die Betriebssicherheit des Kesselhauses oder der damit beheizten Öfen in keiner Weise gefährdet wird.

Solange jedoch in Deutschland keine Absatzmöglichkeiten für eine durchaus beständige, einwandfreie Fließkohle bestehen, sind die Aussichten für die Einführung des Blümner-Verfahrens bei uns ungünstig. Um das Verfahren auch den gegenwärtig bei uns in Deutschland herrschenden Bedingungen anzupassen, die es von dem Absatz der Fließkohle unabhängig machen, hat Blümner die Anlage in der Weise ergänzt, daß an Stelle der Mahleinrichtung eine Entgasungsanlage tritt, in deren Öfen die Fließkohle hineingepumpt und bei einer Temperatur entgast wird, die für die gewünschte Beschaffenheit des in Stückform anfallenden Kokses am günstigsten ist. Während die fertige Fließkohle in der Regel zu 60% aus fester Kohle in Form von Staub und zu 40% aus Öl besteht, wird in diesem Falle der Ölgehalt durch nachträgliche Destillation oder durch Zugabe von Feinkohle auf etwa die Hälfte herabgesetzt, und zwar soweit, daß der Rückstand noch eben flüssig genug ist, um in die Schwelöfen gepumpt werden zu können.

Abb. 115. Schnitt durch eine Retorte des Blümner-Verfahrens.

Die Verkokung von solchen aus Kohle und Öl bestehenden Mischungen kennzeichnet in England die neueste Entwicklung der Schwelindustrie, wobei hier zunächst an das eben erwähnte Verfahren von Brassert erinnert werden soll, während eine Reihe weiterer Verfahren dieser Art zur Betriebsreife entwickelt worden und weiter unten angeführt sind.

Beschreibung der Anlage.

Die thermische Behandlung der Fließkohle unter Druck erfolgt in senkrechten zylindrischen Retorten, von denen mehrere miteinander verbunden und in eine Reihe geschaltet sind. Diese Retorten stehen in einem gemauerten, durch Umlaufgase beheizten Ofen, dessen Zusatzeinrichtungen eine sehr genaue, stufenweise Temperatureinstellung ermöglichen. Abb. 115 zeigt eine solche Retorte als den wichtigsten Teil der Einrichtung im Längs- und Abb. 116 im Querschnitt.

Jede Retorte besteht aus einem nahtlosen Stahlrohr *a* von etwa 750 mm lichter Weite und 7000 mm Höhe. In diesem Zylinder befindet sich der ebenfalls aus einem nahtlosen Rohr bestehende Hohlkörper *b*, der oben und unten geschlossen und im Verhältnis zur Retorte *a* so lang ist, daß im Oberteil der letzteren ein freier Sammelraum gebildet wird. Am Hohlkörper *b* ist unten ein Wellenstumpf eingelassen, der in ein im Boden der Retorte *a* vorgesehenes Stopfbüchsenlager *c* hineinreicht. Mitten auf dem Deckel des Hohlkörpers *b* ist die Welle *d* befestigt, die durch die gleichzeitig als Lager dienende Stopfbüchse *e* Führung erhält. Am oberen

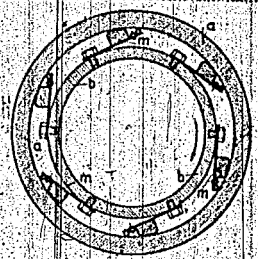


Abb. 116. Querschnitt durch eine Blümner-Retorte.

Ende ist ein Schnecken- oder Zahnrad *f* aufgesetzt, durch das der Hohlkörper von einer gemeinsamen Vorgelegewelle aus Antrieb erhält und in ziemlich schnelle drehende Bewegung gesetzt wird. Ein in den Deckel der Retorte eingelassener Rohranschluß trägt das auf einen bestimmten Druck einstellbare **Sicherheitsventil** *g*. Der Unterschied im Durchmesser des Hohlkörpers *b* gegenüber der lichten Weite der Retorte *a* ist so gewählt, daß zwischen beiden ein Ringspalt von etwa 30 mm Weite verbleibt, durch den die unter Druck stehende Fließkohle hindurchtritt. Diese wird im Boden durch die mit Rückschlagventil versehene **Leitung** *h* in vorgewärmtem Zustande mit Hilfe einer Druckpumpe eingeführt, verteilt sich gleichmäßig und durchfließt den Ringraum zwischen Hohlkörper und Retortenwand und verläßt den oberen Sammelraum durch die im Retortendeckel angeschlossene **Leitung** *i*, um wieder nach unten geführt zu werden, wo sie in die nächste Retorte in gleicher Weise eingeführt wird.

Infolge der Behandlung der Fließkohle durch Wärme und Druck sowie der lösenden Wirkung, die das Öl auf die darin in der Schwebe gehaltenen Kohleteilchen ausübt, entstehen leicht siedende Bestandteile in Dampfform sowie in geringem Maße auch beständige Gase, die aus der Kohle entbunden werden. Diese werden durch ein an der höchsten Stelle des Rohres *i* eingebautes Ventil *k* abgeführt und in einer angeschlossenen Kühleranlage niedergeschlagen. Dieses von Blümner entworfene Nadelventil hat die entgegengesetzte Wirkung eines Kondenstopfes; denn während letzterer seinen Abschluß selbsttätig nur öffnet, um angesammeltes Wasser, aber keinen Dampf abzulassen, so läßt das Ventil *k* nur Gase und Dämpfe aber keine Flüssigkeit austreten. Auf diese Weise werden die in jeder Retorte entwickelten Gase und Dämpfe abgeführt, ehe die Fließkohle in die nächste Behandlungsstufe tritt. In der Abb. 116 ist der die Retorten aufnehmende gemauerte Ofen durch die Mauern *l* gekennzeichnet; der Durchgang des Verbindungsrohres *g* durch den Ofen verhindert einen Temperaturabfall beim Durchgang der Fließkohle auf dem Wege von einer Retorte zur andern.

Der in der Abb. 116 wiedergegebene Querschnitt zeigt die in der Abb. 115 unberücksichtigt gebliebene zusätzliche Inneneinrichtung der Retorte, die durch die besondere Ausbildung des Drehkörpers *b* gekennzeichnet ist, mit dem Zweck, einen gleichmäßig zwangläufigen Durchfluß der Fließkohle durch den Ringraum zu bewirken. Zu diesem Zweck sind entsprechend der ganzen Länge des Hohlkörpers *b* Schleifleisten *m* von außen aufgesetzt, die durch je einen federnden Stahlblechstreifen gehalten und mit den wulstartig ausgebildeten Enden gegen die Innenwand der Retorte *a* gedrückt werden und auf dieser schleifen. Die Anordnung ist im übrigen aus der Abb. 116 so deutlich zu erkennen, daß die Einzelheiten ohne weiteres verständlich sind, wobei noch auf die durch den Pfeil gekennzeichnete Drehrichtung des Hohlkörpers hingewiesen sei.

Die Schleifarme *m* erfüllen mehrere Zwecke; zunächst halten sie die innere Wandfläche der Retorte stets sauber und machen die Bildung von Ansätzen, die den Wärmedurchgang behindern würden, unmöglich. Gleichzeitig wird der Retorteninhalt stark durchgerührt und der senkrechte Strom in waagerechter Richtung dauernd abgelenkt, so daß eine innige Durchmischung erzielt wird, bei der immer neue Flächen der Fließkohle mit der beheizten Retortenwand in Berührung kommen, und mit einer sehr guten Wärmeübertragung gerechnet werden kann. Schließlich verhindert diese starke Durchrührung der unter hohem Druck durchfließenden Masse die Bildung von Dampf- oder Gasblasen, die den regelmäßigen Durchgang und die Wärmeübertragung beeinträchtigen würde.

Die zusammengebaute Anlage soll an Hand der schematischen Abb. 117 kurz beschrieben werden, ausgehend von der auf Brennstaubfeinheit gemahlenen Kohle, die durch die Zuleitung *1* in die Anlage eintritt und in den Vorratsbehälter *2* gelangt. Das hereingenommene Öl wird in den Lagerbehälter *3* und aus diesem nach Bedarf in den Hochbehälter *4* gepumpt. Durch eine mechanisch betätigte Zuteilvorrichtung *5* und einen Meßbehälter *6* werden Kohle und Öl in gegenseitig genau angepaßten Mengen jeweils einem der beiden mit mechanischen Rührwerken ausgerüsteten Mischern *7* zugeführt. Diese sind am unteren verjüngten Ende mit einem gleichzeitig als Förderpumpe dienenden doppelten Nachmischer *8* verbunden, von dem beide Einheiten durch einen dazwischen eingebauten Elektromotor Antrieb erhalten. In diesen Mischern wird die Fließkohle durch ineinandergreifende Zahnräder gepreßt, um etwaige Klumpen, die in dem Gemisch noch vorhanden sein können, zu zerkleinern und eine durch Pumparbeit leicht förderbare homogene Fließkohle zu erzeugen. Der Nachmischer *8* drückt die Fließkohle in den als Ausgleichpuffer dienenden Vorratsbehälter *9* oder in den Behälter *10*, der in den Betriebsgang der Anlage eingeschaltet ist, während der Vorratsbehälter nur im Nebenschluß steht.

Die Pumpe *11* drückt die dem Behälter *10* entnommene Fließkohle mit einem Druck von 30 at durch den Wärmeaustauscher *12*, aus dem das vorgewärmte Gemisch in die erste der Retorten *13* gelangt, die in der Reihenfolge *a—f* durchströmt werden. Die Retorten sind von dem aufgemauerten Ofen *14* umgeben. In der Abb. 117 ist auf eine Berücksichtigung der nach bekannten Grundsätzen bewirkten Umlaufbeheizung nebst Abhitzeverwertung verzichtet worden, wie auch auf die Wiedergabe der Antriebseinrichtung mittels des über dem Ofen angeordneten Vorgeleges, das durch einen Elektromotor von 20 PS beeinflußt wird. Die Anordnung der Retorten wurde im einzelnen bereits an Hand der Abb. 116 besprochen, jedoch sind in der Abb. 117 die Drehkörper nicht mit flachen, sondern mit eiförmigen Enden angedeutet, denen sich die entsprechend ausgebildeten unteren Enden der Retorten anpassen. Die Retorte miteinander verbindenden Leitungen für den Durchgang der Fließkohle sind aus der Abb. 117 so klar zu erkennen, daß sie einer besonderen Beschreibung nicht bedürfen, nur soll hervor-

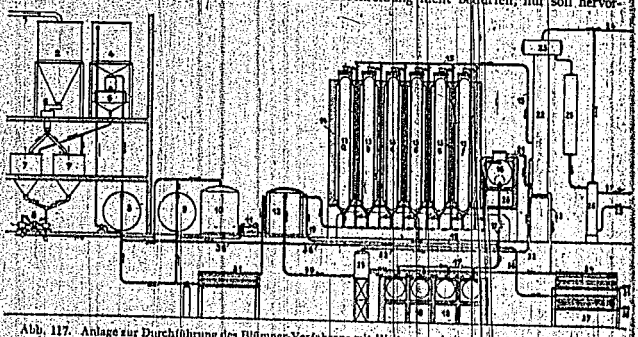


Abb. 117. Anlage zur Durchführung des Blümner-Verfahrens mit Weiterverarbeitung der Fließkohle auf Koks.

a Kohlenstaubzufuhr, *b* Staubkohlebehälter, *c* Oberraumbehälter, *d* Oberschichtbehälter, *e* Kohlenstaubzuteiler, *f* Ölvorratsgefäß, *g* Mischer für Öl und Kohle, *h* Druckpumpe für Fließkohle, *i* Vorratsbehälter für Fließkohle, *k* Betriebsbehälter für Fließkohle, *l* Druckpumpe für heiße Fließkohle, *m* Vorwärmer, *n* Retorte mit Hohlkörpern, *o* Retortenofen, *p* Dampfabzugsleitung, *q* Entspannungsgefäß, *r* Abzugsleitung, *s* Heizgasumführung, *t* Rückführleitung für Fließkohle, *u* Ofen für Entspannungsverfahren, *v* Dampfmantel, *w* Überlauf, *x* Wasserablaß, *y* Vorlage, *z* Fließleitung, *aa* Ölkühler, *bb* Gas- und Dämpfeleitung, *cc* Treiböl-Ablauf, *dd* Treibölkühler, *ee* Treibölzufuhr, *ff* Heizölleitung, *gg* Heizölkühler, *hh* Heizölbehälter.

gehoben werden, daß die Anordnung der unten waagerecht verlegten Verbindungsleitung durch entsprechenden Einbau von Ventilen die Ausschaltung einzelner Retorten ermöglicht, ohne dadurch den Betriebskreislauf unterbrechen zu müssen. Die in der Abb. 116 angedeuteten Sicherheitsventile auf den Retorten sind in der Abb. 117 nicht berücksichtigt, dagegen ist die gemeinschaftliche, an jedem Retortenkopf angeschlossene Leitung *15* zur Abführung der Leichtöldämpfe und Gase eingetragen.

Aus der letzten Retorte *13f* tritt die Fließkohle in das Entspannungsgefäß *16*, aus dessen unterem Abfluß das Gemisch durch die Leitung *17* in die nur ganz schematisch angedeuteten Entgasungsöfen *18* gelangt, um auf Schwel- oder Hartkoks verarbeitet zu werden. Durch die Umgangsleitung *19* ist die Möglichkeit gegeben, die Fließkohle in den Vorwärmer *12* zurückzuführen, falls dies, wie beispielsweise beim Anfahren, nötig werden sollte.

Im Entspannungsgefäß *16* wird die Fließkohle unter weiterer Wärmezufuhr einer Destillation unterworfen, bei der die darin enthaltenen Öle so weit verflüchtigt werden, daß der heiße Rückstand eben noch flüssig genug ist, um ihn in die Entgasungsöfen *18* überführen zu können, weshalb diese Einrichtung von einem aufgemauerten Ofen *20* umgeben ist. Die im Entspannungsgefäß *16* befreiten Dämpfe treten durch die Leitung *21* in die Abtreibekolonne *22* mit Dephlegmator *23*, aus welchem die beständigen Gase durch die Leitung *24* abgeführt werden und im

Verfahren selbst als Wärmequelle nutzbar gemacht werden können, sofern eine lohnendere Abgabe des Gases nicht gegeben ist. In Wirklichkeit führt die Leitung *24* noch in einen Schlußkühler und danach in einen Ölwascher, um das dampfförmig im Gas noch enthaltene Leichtöl durch Absorption zu gewinnen. Die den Dephlegmator *23* verlassenden Dämpfe werden im Wasserröhrenkühler *25* niedergeschlagen. Im Scheider *26* werden Leichtöl und Wasser getrennt, wobei das erstere durch die Leitung *27* einem (in der Abb. 117 nicht berücksichtigten) Sammelbehälter zugeführt wird, während das Wasser durch die Leitung *28* in die Abflüsse gelangt.

Die in den Entgasungsöfen *18* entbundenen Gase und Dämpfe treten in die Vorlage *29*, die das abgeschiedene Öl durch die Leitung *30* verläßt und durch den Vorwärmer *12* tritt, aus der es durch den Kühler *31* in den Ölkreislauf der Anlage zurückkehrt. Die die Vorlage *29* verlassenden Gase und Dämpfe werden durch die Leitung *32* in den Abtreiber *22* in der gekennzeichneten Höhe eingeleitet. Das den Abtreiber unten durch den Abfluß *33* verlassende Treiböl durchströmt den Ölkühler *34*, aus dem es durch die Leitung *35* einem (in der Abb. 117 nicht berücksichtigten) Lagerbehälter zufließt. Zu erwähnen bleibt noch, daß die die Retorten durch die Leitung *15* verlassenden Gase und Dämpfe ebenfalls in die Kolonne *22* eingeleitet werden. Überschüssiges höchsiedendes Heizöl wird mittels der Leitung *36* durch den Kühler *37* abgeführt und fließt durch die Leitung *38* in einen (in der Abb. 117 nicht angedeuteten) Vorratsbehälter.

Die bei diesem Verfahren anfallenden Erzeugnisse sind: Gas, Leichtöl, Treiböl, Heizöl und Koks. Unter Fortfall der in der Abb. 117 angedeuteten Ofengruppe *18* kann die Anlage auch auf die Erzeugung von kolloidaler Fließkohle abgestellt werden, oder es kann bei vorhandenen Entgasungsöfen auch, je nach Bedarf, Fließkohle und Koks in wechselnden Mengen gewonnen werden. Zur Erzeugung von Fließkohle wird in den Dom des Entspannungsgefäßes ein Mahlwerk eingebaut, das aus einer feststehenden waagerechten Scheibe besteht mit einer Öffnung in der Mitte, durch die die in den Retorten behandelte Fließkohle austritt. Unmittelbar über der feststehenden Scheibe ist eine zweite angetriebene Scheibe angeordnet, die in schnelle Umdrehung versetzt wird, so daß die Fließkohle zwischen den beiden Scheiben hindurchtreten muß, wobei gröbere, zusammenhaftende oder gequollene Körner fein zermahlen werden. Die Fließkohle fällt am Außenrande der Scheiben in das Gefäß *16* und wird durch den Wärmeaustauscher *12* gepumpt und gelangt nach weiterer Kühlung in den dafür bestimmten Sammelbehälter. Der Wärmeaustauscher *12* besteht zu diesem Zweck aus zwei ineinandergesteckten, stehenden Zylindern, die zwischen sich einen Ringraum bilden, in welchem eine eine Spirale bildende Rohrschlange verlegt ist. Durch den offenen Raum fließen die Umlauföle, die durch das in der Abb. 117 seitlich angedeutete Rohrsyphon abgeleitet werden und den Kühlern zufließen. Bei der Herstellung von Fließkohle als Enderzeugnis füllt diese den Ringraum und wird, da sie sich genau wie Öl verhält, ebenfalls durch das Syphon abgeführt und, wie bereits erwähnt, in einen Vorratsbehälter für die fertige Fließkohle geleitet.

Da der Bau einer solchen Betriebsanlage über die Vorarbeiten noch nicht hinausgekommen ist, lassen sich über die Ergebnisse nur Angaben machen, die auf Grund von Vorversuchen rechnerisch ermittelt sind. Bei einer als Norm gedachten Größe der Anlage für einen Durchsatz von 100 t Fließkohle täglich, die aus 60% Kohle und 40% Öl besteht, haben die sechs Retorten eine Höhe von 7000 mm bei einer lichten Weite von 750 mm und einen freien Durchgangsraum von 30 mm zwischen innerer Retortenwand und Außenfläche Drehkörper, wobei die letzteren eine Umfangsgeschwindigkeit von 200 m/min bei 90 Umdrehungen je Minute entwickeln. Bei dem oben angeführten Tagesdurchsatz beträgt die Strömungsgeschwindigkeit der Fließkohle, mit der sie die Anlage durchwandert, etwa 3,5 m/sec, und der angewandte Druck liegt etwas über 25 kg/cm². Die Temperaturen werden etwa wie folgt eingestellt:

Retorte:	a	b	c	d	e	f
°C	150—230	230—300	300—370	370—410	410—430	430—450

Durch die anschließende Entspannung fällt die Temperatur von 450 auf etwa 300°.

Die angegebenen Temperatur- und Druckverhältnisse können natürlich nur als angenäherte Werte gelten, da die genaue Einstellung fallweise von der Beschaffenheit der durchgesetzten Brennstoffe abhängig ist und auf die günstigsten Ausbeuten zugeschnitten werden muß. Bei der oberen Temperaturgrenze von 450° stehen der Anwendung von Stahlretorten bei einem Betriebsdruck von 20—30 at keinerlei Bedenken entgegen, um so mehr, als durch die Umlaufbeheizung, die eine sehr einfache und genaue Temperatureinstellung ermöglicht, örtliche Überhitzungen nirgends eintreten können und der schnelle Durchfluß neben der innigen Durch-

mischung in den Retorten die Masse so stark in Bewegung hält, daß Verstopfungen nicht zu befürchten sind.

Die im Blümner-Verfahren vereinigten Behandlungsstufen sind in der Abb. 118 in Übereinstimmung mit dem Bau einer solchen Anlage schematisch aneinandergereiht und lassen das Wesen des Verfahrens deutlich erkennen. Dabei wird ein Tagesdurchsatz von 100 t Kohle zugrunde gelegt, von denen 60 t im Gemisch mit 40 t Öl ihren Weg durch die Druckextraktions- und -destillationsanlage nehmen, während der den Entspannungsbehälter verlassende Kohle-Öl-Rückstand in einer weiteren Arbeitsstufe mit 40 t Feinkohle gemischt wird, um danach in die Entgasungsöfen zu gelangen. In dieser Hinsicht weicht die Arbeitsweise von der in Verbindung mit der Abb. 117 beschriebenen ab. Die in den Kreislauf in der Abb. 118 zusätzlich eingeführten 40 t Feinkohle vermehren durch den bei der Entgasung anfallenden Schwelteer den

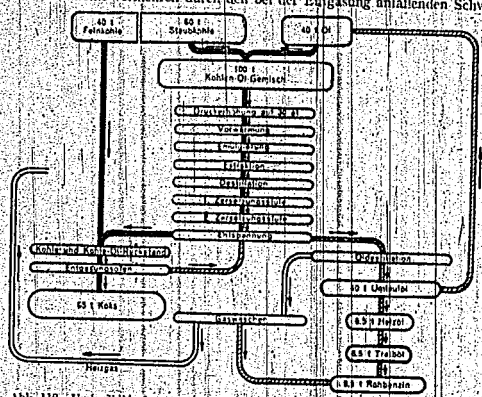


Abb. 118. Umlaufbild einer täglich 100 t Kohle verarbeitenden Blümner-Anlage.

Ölbestand im Kreislauf der Anlage und machen eine besondere Destillation des Rückstandes im Entspannungskessel unnötig, so daß der umlaufende Ölbestand je nach der Beschaffenheit der Kohle ständig behauptet werden kann, ohne eine Ergänzung zu erfordern, während bei der Verarbeitung der der Abb. 118 zugrunde gelegten Kohle sogar ein Überschuß erzeugt wird und neben der gleichbleibenden Menge an Umlauföl neben 0,5 t Treiböl und 8,5 t Leichtöl noch 0,5 t Heizöl anfallen. Im übrigen läßt die Abb. 118 mit Rücksicht auf die bereits besprochenen Einzelheiten den Gang des Verfahrens so deutlich erkennen, daß sich eine weitere Besprechung erübrigt.

5. Das Verfahren der Coal and Allied Industries Ltd.

Die nach diesem Verfahren arbeitende, im Jahre 1935 zu Seaham Harbour in der Grafschaft Durham in England erbaute Betriebsanlage wurde seitens des englischen staatlichen Brennstoff-Forschungs-Instituts im Jahre 1936 einem sich auf 168 Stunden erstreckenden Leistungsversuch unterzogen. Darüber wurde ein Bericht[1]) veröffentlicht, auf den sich die folgenden Angaben beziehen.

Gemäß des in Abb. 119 wiedergegebenen Umlaufbildes[2]) wird die in Selbstentladern *a* an-

[1]) Report of Test by the Director of Fuel Research vom 10.—17. September 1936. H. M. Stationery Office London 1937.

[2]) Glückauf 74 (1938) S. 99.

gegliederte Kohle nach Durchgang durch ein Brechwerk mittels eines Förderbandes in die Mühle 1 überführt, und aus deren Auffangbehälter gelangt sie in die mit den üblichen Staubfängern ausgerüstete Staubmahlanlage 2, unter deren Sammelbehälter ein Mischwerk eingebaut ist, um durch Zugabe von Öl eine Paste herzustellen. Diese wird mittels der Pumpe 3 durch eine angeschlossene Einspritzung gedrückt, aus der das Gemisch in Tröge 4 abgezapft wird. Sie ruhen in einem besonderen Gestell, aus dem sie von der Beschick- und Entladermaschine 5 aufgenommen und in die liegenden Eisenretorten der Ofengruppe 6 überführt werden, während die den Schwelkoks enthaltenden Tröge vorher herausgezogen und durch Rippen entleert werden.

Die in den Öfen 6 entstandenen Gase sammeln sich in der Vorlage 7, treten durch den Wasserkühler 8 und werden in dem elektrischen Teerscheider 9 entteert. Der Gasexhaustor 10 drückt das angesaugte Gas in den 500 m³ fassenden Ausgleichgasbehälter 11, und aus diesem gelangt es in einen Verdichter 12, der einen Gasdruck von 8,5 at erzeugt. Dieses verdichtete Gas strömt durch den Kühler 13 und wird in dem Scheider 14 entspannt. Das dabei abgeschiedene Leichtöl wird in der Waschanlage 15 mit Lauge behandelt und im Vorratsbehälter 16 gesammelt. Das den

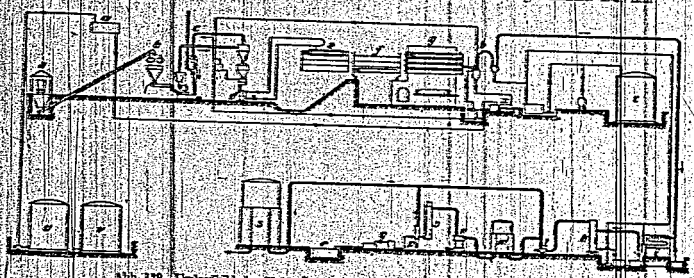


Abb. 128. Umriß-Bild des Kohle-Öl-Verfahrens der Coal and Allied Industries Ltd.

Scheider 14 verlassende Schwelgas tritt in den 2250 m³ fassenden Gasbehälter 17, aus dem es den Brennern der Retortenöfen zugeleitet wird. Der in der Vorlage 7 im Kühler 8 und Teerscheider 9 ausgeschiedene Schwelteer wird in dem Behälter 18 gesammelt und bis 265 °C destilliert, worauf der Rückstand in den Behälter 19 überführt wird, aus dem er zusammen mit dem zugekauften, im Behälter 20 gelagerten Mineralöl über den Hochbehälter 21 in den Betriebskreislauf zurückkehrt. Das Mineral- und Teeröl-gemisch aus dem Betriebskreislauf wird in der Anlage 22 einer Reinigung unterzogen, um es von Staub und Dickteer zu befreien, ehe es in den Kreislauf der Anlage zurückkehrt.

Die Schwelofenanlage besteht aus 204 liegenden Eisenretorten, die 330 mm breit, 310 mm hoch und etwa 6400 mm lang sind. Je vier Retorten sind übereinander eingebaut und werden seitlich durch gemeinsame Züge beheizt. Ähnlich einer Koksofengruppe kann man jeden Satz von vier Retorten mit den beiderseitigen Heizzügen als einen Ofen bezeichnen, die in Gruppen angeordnet sind. Um ein Verwerfen zu verhindern, sind die Retorten ganz eingemauert, und auch die Seitenwände sind mit Mauerwerk umgeben, das bei der jeweils untersten Retorte am dicksten ist, bei den oberen abgestuft dünner wird, um so einen Ausgleich für die Wärmeübertragung bei der nach oben abfallenden Temperatur der Heizzüge zu schaffen. Die Beheizung erfolgt durch Schwelgas und die Schwelung des Kohlen-Öl-Gemisches in Trögen, die in die Retorten hineingeschoben werden. Von den 51 Öfen mit je vier übereinanderliegenden Retorten sind je 13 an eine gemeinschaftliche Vorlage angeschlossen, und zwar jeder Ofen mit einem besonderen Steigrohrventil.

Während des Leistungsversuches war nur die Hälfte der Schwelöfen in Betrieb, und der Tagesdurchsatz dieser 26 Öfen mit 104 Retorten beträgt 62,5 t der aus 55% Kohle und 45% Öl bestehenden Paste. Die Temperatur an dem die Retortenseiten bedeckenden Mauerwerk betrug 950°.

so daß in diesem Betrieb die Schweltemperatur beträchtlich überschritten wird. Das Gewicht jeder Beschickung beträgt rd. 420 kg, und die Garungszeit schwankt zwischen 12,3—16,5 Stunden.

Im folgenden sind die Ergebnisse des Leistungsversuches zusammengestellt, bezogen auf 1 t durchgesetzter Kohlenpaste der erwähnten Zusammensetzung. Die Kohle hatte 5% Wasser, 35% flüchtige Bestandteile und einen Aschengehalt von 7%.

Koks (trocken)	
Insgesamt	559 kg
Kleinkoks unter 18 mm	122 kg
Flüchtige Bestandteile im Koks	4,3%
Gas	
Menge	361 Nm³
Heizwert	8750 kcal/m³
Heizwertzahl	3159
Dichte (Luft = 1)	0,815
Gasleichtöl	
Menge	28,5 kg
Spezifisches Gewicht bei 15° C	0,807
Schwelteer	
Menge trocken und entlaubt	253 kg
Spezifisches Gewicht bei 15° C	1,016
Gereinigtes Benzin bis 200° C	33,8 kg
Gesamtbenzin gereinigt	57,0 kg

Dieses Verfahren kann nur bedingt als Schwelung bezeichnet werden, da ja absichtlich mit wesentlich höheren Temperaturen in den Öfen gearbeitet wird. Das geschieht, um im Gegensatz

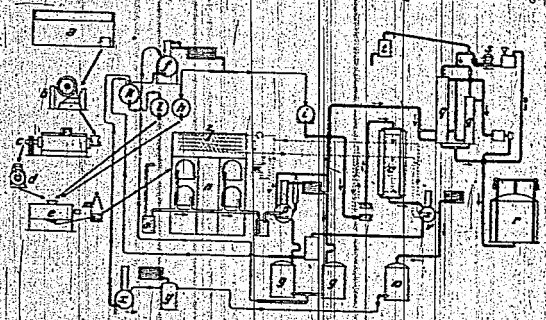


Abb. 120. Umlaufbild des Kohle-Öl-Verfahrens der Catalysts Ltd.

zur reinen Schwelung die aus den Beschickungen entbundenen Öldämpfe einer gewissen, thermischen Behandlung zu unterwerfen, wodurch der Anteil an niedrig siedenden Ölen erhöht, gleichzeitig aber auch die Gas- und Graphitbildung begünstigt wird. Kennzeichnend für diese thermischen Zersetzungen sind die in den Retorten beobachteten Graphitablagerungen, die in Mengen von 14—72 kg, in einem Falle sogar von 181 kg, bei der etwa alle vier Tage vorgenommenen Reinigung anfallen.

Bemerkenswert ist noch die aus der folgenden Zusammenstellung hervorgehende Zusammensetzung des Gases, wobei bemerkt sei, daß Kohlendioxyd und Sauerstoff in Höhe von 3,2 und 6,9% vor der Untersuchung entfernt wurden.

Gaszusammensetzung.

Äthylen	7,6%
Propylen	6,2%
Butan und Buten	4,6%
Pentan und Penten	2,2%
Kohlenoxyd	2,6%
Wasserstoff	19,5%
Stickstoff	11,6%
Methan	35,9%
Äthan	7,8%
Propan	2,3%

6. Verfahren der Catalysts' Limited.

In gewisser Übereinstimmung mit dem bei dem letztangeführten Verfahren beschriebenen Wegen haben Catalysts' Ltd.[2]) neben der thermischen Umwandlung der Ölämpfe eine katalytische eingeschaltet, um die sonst als Gas- oder Treiböl anfallende Fraktion ebenfalls in niedrig siedende Treibstoffe zu überführen.

Bemerkt sei, daß man auch bei uns in Deutschland ein ähnliches mit der Braunkohlenschwelung verknüpftes Kontaktverfahren entwickelt hat, über das Wärtsilä[3]) berichtete. Die Ölämpfe werden dabei über Floridin geleitet, und die Ausbeute an Benzin und Leichtöl wurde dadurch auf das 3,5—4fache gesteigert gegenüber normaler Spülgasschwelung der gleichen Braunkohle.

Das Verfahren der Catalysts' Ltd.[4]) wird an einer zu Dartford in England gelegenen Versuchsanlage seit etwa einem Jahr erprobt. Die Fertigstellung der Anlage soll in Kürze erfolgen. Die in der Abb. 130 wiedergegebene Gesamtbild kurz erläutert werden, wobei vorausgeschickt sei, daß die Einrichtungen der Anlage zu Versuchszwecken erbaut und einen nur kleinen Durchsatz angeschnitten sind; die gewählten Ausmaße der Retortenanlagen jedoch auch in den Betriebsanlagen beibehalten werden sollen, nur daß dabei ihre Anzahl entsprechend erhöht und die mechanische Bedienung dadurch vereinfacht wird.

Gemäß der Abb. 130 durchwandert die Kohle von dem Vorratsbehälter *a* die Mühle *b*, den Trockner *c*, die Staubmühle *d* und den Mischer *e*. Eine mit Gas beheizte Destillationseinrichtung *f*, die aus den Behältern *g* gespeist wird, zerlegt das Öl in zwei Fraktionen, wobei das bis 300° C übergehende Leichtöl im Behälter *h* und das zwischen 300—328° C übergehende Mittelöl in den Behälter *i* fließt, während der Rückstand in dem Kühlbehälter *k* gesammelt und aus diesem in den Zugabebehälter *l* nach Bedarf überführt wird. Beide Öle aus *l* und *k* werden der Staubkohle im Mischer *e* zugesetzt. Zuerst wird 15 Minuten lang das Schweröl eingemischt, und nach der darauf folgenden Zugabe des Leichtöls ist die Paste nach weiteren 5 Minuten fertig zur Beschickung. Das Verhältnis des Schwer- und Leichtölanteiles verhält sich zueinander wie 83⅓ : 16⅔. Der Gesamtölanteil zur Kohle beträgt 50%. Die Paste wird aus dem Mischer in Eisenkörbe *m* überführt, die in der Versuchsanlage mit Hilfe eines Hängebahn zum Ofen *n* befördert werden, wobei jede Beschickung etwa 34 kg wiegt. Der Ofen enthält hier nur vier Retorten, die nur je einem Abgangsrohr an die Sammelleitung angeschlossen sind, deren offenes Ende in den Sülzbehälter *p* mündet. Das Gas durchströmt die Destillationseinrichtung *f*, die Ölwascher *q* mit dünner geschalteten Gaskühler und Sauger und wird im Gasbehälter *r* gesammelt. Die Beheizungspumpe *s* der Wascher *q* ist in der Abb. 130 über diesen angeordnet und das angereicherte, im Behälter *t* gesammelte Waschöl wird in der üblichen Weise destilliert. Das in der Destillationseinrichtung *f* abgetrennte Mittelöl gelangt aus dem Behälter *i* in die Vorwärmer *u* und wird in der mit Kontaktstoff beschickten Blase *v* destilliert, wobei sich das Leichtöl im Behälter *w* sammelt und aus diesem gegebenenfalls nach Waschung mit Lauge der Rückblase *x*

[2]) Coal Carbonisation 3 (1922) S. 86.
[3]) Dissertation Freiberg 1922.
[4]) Gas Journal 74 (1926) S. 200.

zugeführt wird, deren Vorratsbehälter y das fertige Benzin aufnimmt, das als einziges Erzeugnis neben dem Schwelkoks die Anlage verläßt.

In den Retortenofen n ist zur Auswertung der Abhitze eine Rohrschlange x eingebaut, die mit weiteren in die Blasen p und e sowie in die Ölvorwärmer eingebauten Rohrschlangen einen geschlossenen Kreislauf bildet, der von einer als Wärmeträger dienenden als Fenilic bezeichneten Flüssigkeit durchströmt wird. Dieser Stoff hat die Eigenschaft, sich bei einer Temperatur bis zu 500° C chemisch nicht zu verändern, und während sein Gefrierpunkt anfänglich bei +4° C liegt, sinkt er nach Gebrauch als Wärmeträger auf unter 0° C. Das Fenilic siedet bei 248° C, und zur Erwärmung wie auch für den Kreislauf werden Rohre aus Phosphorbronze verwendet. In der Versuchsanlage wird der Druck des Fenilic auf 1,5 at gehalten und die Temperatur auf 300° C. Über die Art oder Zusammensetzung des zur Beeinflussung des Mittelöls angewandten Kontaktstoffes liegen keine Angaben vor, nur wird angeführt, daß er eine körnige Form hat und in die Destillierblase eingebracht wird, so daß ihn die angetriebenen Dämpfe durchströmen. Über seine Lebensdauer wird bemerkt, daß er gewichtsmäßig für die Behandlung einer 100fachen Ölmenge ausreicht, ehe er einer Erneuerung bedarf. Die jeweils angewandte Kontaktstoffmenge beträgt 10% des Öldurchganges.

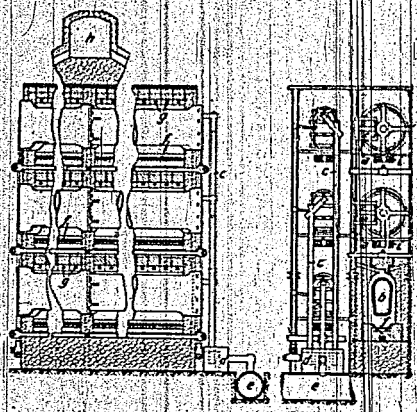


Abb. 121 u. 122. Schnitte durch den Retortenofen der Catalysts' Ltd. sowie Vorder- und Rückansicht.

Der in dem Umlaufbild Abb. 120 angedeutete Retortenofen ist in den Abb. 121 und 122 in zwei zueinander gelegten Schnitten mit teilweiser Außenansicht der Vorder- und Rückseite wiedergegeben, um die Verschlüsse zu zeigen. Die Retorten sind aus Gußeisen hergestellt, und zwar aus einem Hämatit folgender Zusammensetzung: 2% Silizium, 0,8–1% Mangan, 3,7% Kohlenstoff, weniger als 0,1% Schwefel und Phosphor. Die Türen mit bearbeiteten Dichtungsflächen sind aus Flußstahl hergestellt, wobei die Dichtung durch die Zugabe von Dampf durch die Anschlüsse *a* in Abb. 122 unterstützt wird. Die Form der Retorten ist aus dem Querschnitt *b* in der Abb. 122 erkenntlich; sie sind 6455 mm lang bei 230 mm Breite, bei 200 mm nutzbarer Höhe. Die Garungsdauer einer Beschickung beträgt 1 Stunde 40 Minuten. Die Retorten bestehen in der Länge aus zwei zusammengeflanschten Stücken. An dem den Türen entgegen-

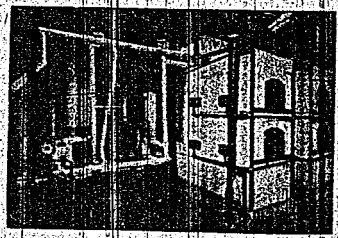


Abb. 123. [illegible]ersuchsanlage der Catalysts' Ltd.

gesetzten Ende ist jede Retorte an ein besonderes Gasabgangsrohr a angeschlossen, und diese sind durch eine Tauchvorlage b mit der Absaugeleitung c verbunden. Die Beheizung erfolgt für jeden drei Retorten fassenden Ofen durch vier senkrechte Züge, die mit den waagerechten Brennerkanälen f unter jeder Retorte verbunden sind, während die bereits früher erwähnte, vom Ventile durchströmte Phosphorbronzerohrschlange von den Aussparungen g über jeder Retorte aufgenommen wird. Der Abgaskanal h ist oben auf der Ofengruppe angeordnet. Die Zugabe der Verbrennungsluft wird durch die unter jeder Retortentür in der Kopfwand vorgesehenen Schlitzschieber i eingestellt, wobei ein unmittelbar darüber vorgesehenes Schauloch eine Beobachtung der Verbrennung ermöglicht. Die Retortentemperatur beträgt anfänglich 570° C und steigt bis zum Ende der Garungszeit auf 600—620° C.

Der Koks fällt in grobstückiger Form an, und das Porengefüge ist an den Oberflächen der Beschickung mit einer glatten, die Poren verdeckenden Haut vom Ölkoks überzogen.

Die Abb. 123 zeigt eine Innenansicht der Versuchsanlage in Dartmoor mit den beiden je zwei Retorten fassenden Öfen, deren dort mit Stadtgas gespeiste Brenner seitlich an dem Ofenmauerwerk erkenntlich sind. Im Vordergrund, stark isoliert, ist die Phosphorbronzerohrschlange für den Kreislauf des als Wärmeträger der Destillationsdämpfe und Verdünner dienenden Fenaks sichtbar.

Über die Ausbeuten der Versuchsanlage werden die folgenden Angaben gemacht:

Ausbeuten bezogen auf 1 (long) t Kohle.

Einsatz:

Kohle	1120 kg
Leichtöl bis 200° C siedend	58 „
Schweröl über 200° C siedend	425 „

Ausbeute:

Schwelkoks	770 kg
Schwelwasser	44 „
Schwelgas 120 m³ =	116 „
Leichtöl bis 200° C siedend	153 „
Schweröl über 200° C siedend	417 „

Es ergibt sich also gegenüber dem zugesetzten Schweröl in Menge von 425 kg ein Überschuß von 12 kg auf 1 (long) t Kohlendurchsatz bezogen, der wahrscheinlich zeitweise abgesenkt werden muß. Jedenfalls bietet dieses Verfahren gegenüber dem vorher erwähnten den großen Vorteil, daß die Ökonomie mit einem, wenn auch kleinen Überschuß abschneidet, so daß es sich ohne Zukauf fremder Öle selbst trägt, wofür natürlich die Beschaffenheit der durchgesetzten Kohle eine ausschlaggebende Rolle spielt.

7. Verfahren der National Coke and Oil Co. Ltd.

Auch dieses in mehreren Anlagen in England in Betrieb befindliche Verfahren wurde im Januar 1937 vom dem englischen staatlichen Brennstoff-Institut einem zweiwöchentlichen Leistungsversuch unterworfen, auf dessen Veröffentlichung[3]) sich die folgenden Angaben stützen.

Gemäß der in der Abb. 124 wiedergegebenen Umlaufbildes[4]) wird die ankommende Kohle in der Mühle a gemahlen und gelangt dann in die Mischanlage b, wo backende und nicht backende Kohle gemischt werden, und danach in die Staubtrockenanlage c, mit dem Beth-Filter d in der sie auf die nötige Staubfeinheit gebracht wird. In der aus einer Reihe von Meß- und Mischgefäßen bestehenden Anlage e wird die Kohlenpaste zubereitet, die anschließend mit Hilfe von Pumpen in mehrere gereiht verlegte, von außen beheizte Drehöfen f überführt wird. Der die Drehöfen verlassende Schwelkoks gelangt in die Aufbereitung g, in der er in Grob- und Feinkoks getrennt, in besondere Behälter überführt wird. Der Feinkoks wird in der bei h angedeuteten Anlage vermahlen und anschließend unter Zusatz von Schwelteerpech als Bindemittel brikettiert. Die Preßlinge gelangen ebenfalls in besondere Abteile der Behälteranlage g.

[3]) Report on Test by the Director of Fuel Research von 26. Januar bis 9. Februar 1937.
[4]) Glückauf 74 (1938) S. 102.

Das den Drehofen *f* am Beschickungsende verlassende Schwelgas tritt durch die beiden Kühlergruppen *i* und *k* mit davor gelagerten Scheidebehältern, und der Sauger *l* drückt es dann durch den Ölwascher *m* in den 2800 m³ fassenden Scheidebehälter *n*. Diesem wird auch Schwachgas aus einer in der Abb. 120 nicht berücksichtigten Gaserzeugeranlage zugeführt, und mit diesem Gemisch werden die Drehöfen beheizt.

Das den Wascher *m* verlassende angereicherte Waschöl wird in der hinsichtlich der Einrichtungen und Betriebsweise einer Benzolfabrik vollkommen entsprechenden Anlage *o* verarbeitet, und die Erzeugnisse gelangen in die Waschanlage *p*, in der sie gereinigt und in Behältern gesammelt werden.

Die zu Erith in der Grafschaft Kent erbaute Anlage umfaßt vier Drehöfen mit einem Tagesdurchsatz von 20 t Kohle, entsprechend 40 t Kohle-Öl-Paste je Einheit, so daß der Gesamtdurchsatz der Anlage täglich 80 t Kohle oder 160 t Paste beträgt. Die vom Festland bezogenen Drehöfen haben eine Länge von 15250 mm bei einer lichten Weite von 1525 mm. Sie haben eine Blechstärke von 28 mm und sind wassergasgeschweißt. Die Schräglage der Drehöfen beträgt 3,25° zur Waagerechten. Die Drehöfen entsprechen hinsichtlich ihrer sonstigen Einrichtung

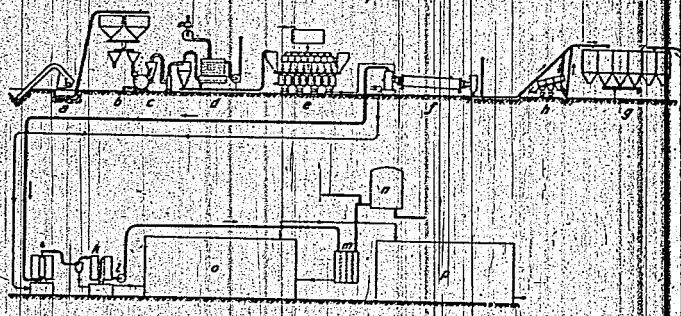


Abb. 124. Umlaufbild des Kohle-Öl-Verfahrens der National Coke and Oil Co. Ltd.

im übrigen den früher in Deutschland angewandten Schweldrehöfen; sie sind in einem gemauerten Ofen untergebracht und werden mit einer aus Schwach- und Schwelgas bestehenden Mischung durch je 15 Brenner beheizt. Der Antrieb erfolgt durch je einen Motor über ein Getriebe, dessen Einstellung eine Änderung der Drehzahl der Öfen in weiten Grenzen bewirkt. Normalerweise beträgt sie 1 Umdr./min, sie läßt sich aber so weit herabsetzen, daß die Bewegung nicht mehr wahrnehmbar ist.

Die am oberen Ende in den Ofen eingedrückte Paste bleibt zunächst an den Wänden haften und wird von drei in dem Ofen an Ketten hängenden Schabern gelöst. Trotzdem muß jeder Ofen in der Regel einmal wöchentlich gereinigt werden, in der Weise, daß die Beschickung eine Zeitlang abgestellt wird, so daß anhaftender Koks Gelegenheit hat, unter dem Einfluß der Schaber herauszubrechen.

Der Koks wird in zwei Größen getrennt, die unter dem Namen Naco-Brennstoff in Papiersäcken abgesetzt werden. Der Feinkoks wird, wie bereits weiter oben erwähnt, auf Naco-Preßlinge verarbeitet.

Das Schwachgas wird in einem Gaserzeuger mit Teergewinnung erzeugt, und der anfallende Teer wird im Verfahren mit verwendet.

Der mit der Anlage zu Erith durchgeführte Leistungsversuch hatte die in der folgenden Zusammenstellung angeführten auf 1 t Kohle bezogenen Ergebnisse:

Einsatz		Ausbeute	
Staubkohle trocken	908,7 kg	Koks über 20 mm	255 kg
Wassergehalt der Kohle	43,0 „	Koks unter 20 mm	520 kg
Kreosotöl	31,9 „	Gas (gewaschen)	170 m³
Waschöl	10,1 „	Gasheizwert	6016 kcal/m³
Destillierter Teer	5,4	Gereinigtes Benzin	32,3 kg
Generatorteer	0,9 „		
	1000,0 kg		

Zur unmittelbaren Bedienung der Anlage sind je Schicht acht Mann erforderlich, wobei noch 27 Tagschichtleute für Verladung, Brikettierung, Instandsetzungsarbeiten usw. hinzukommen. Aus den obigen, auf die Koksausbeute bezüglichen Zahlen ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Bindefähigkeit des der Kohle zugesetzten Öls bei der Drehofenschwelung durch die ständige Bewegung und Umwälzung der Beschickung sehr mangelhaft ausgenutzt wird, da der Anfall an Kleinkoks unter 20 mm, der eine nachträgliche Brikettierung erfordert, mehr als doppelt so groß ist, gegenüber dem unmittelbar verkäuflichen Grobkoks mit einer Stückgröße

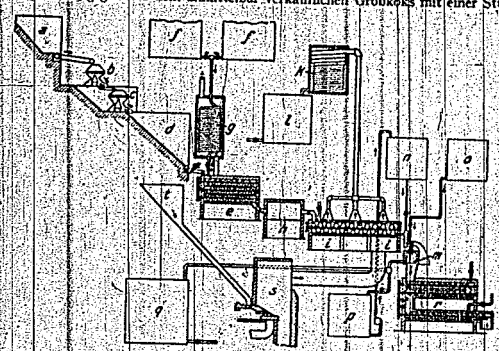


Abb. 125. Umlaufbild des Kohle-Öl-Verfahrens von Hampton und Ryan.

über 20 mm. Dieser Umstand muß mit Rücksicht auf das in der Anlage verhältnismäßig teure Verfahren als ein schwerwiegender Nachteil angesehen werden, wobei noch hinzukommt, daß die mit Pech gebundenen Kokspreßlinge nicht mehr als rauchloser Brennstoff gelten können.

Eine in Cannock[1]) nach dem gleichen Verfahren errichtete Anlage besteht aus zwei Drehöfen; eine gleiche mit vier Drehöfen ist in Tipton bei Birmingham in Betrieb, und der Bau von drei weiteren Anlagen dieser Art ist in Angriff genommen.

8. Hampton-Ryan-Verfahren.

Dieses in Amerika entwickelte Verfahren wird in einer zu York in Pennsylvanien errichteten Versuchsanlage ausprobiert und hier mit angeführt zur Kennzeichnung der verschiedenen Arbeitsbedingungen, die für die Schwelung einer aus Kohle und Öl bestehenden Paste maßgebend sein können. Das Hampton-Ryan-Verfahren[2]) war ursprünglich auf die Verarbeitung von Ölschiefern zugeschnitten; man ging aber später auf den Durchsatz geologisch

[1]) Coal Carbonisation 3 (1936) S. 96.
[2]) Gas Times (1935) S. 164.

junger Steinkohle über, die sich hierbei mit Vorteil verarbeiten lassen soll. Gemäß dem in der Abb. 125 als Umlaufbild [1]) angedeuteten Verfahren wandert die Kohle aus dem Hochbehälter *a* durch die beiden Mühlen *b* und *c* in den Zwischenbehälter *d*, aus dem sie in das Knetwerk *e* nach Bedarf abgezogen wird. In diesem erfolgt ein Zusatz von Öl aus den Behältern *f*, wobei das Öl den Erhitzer *g* durchströmt. Die das Knetwerk *e* verlassende Paste wird in der Einrichtung *h* gemahlen und gelangt dann in einen zylindrischen Behälter *i*, in welchem eine Förderschnecke verlegt ist. Der ortsfeste Zylinder *i* wird durch Schwachgas auf etwa 350° C erhitzt, wobei die Temperatur 370° C nicht übersteigen darf. Die dabei entbundenen Öldämpfe werden in dem Kühler *k* niedergeschlagen und das Öl in dem Behälter *l* aufgefangen. Die so vorbehandelte Paste wird in die Schleuder *m* abgezogen und darin mit schwerem und leichtem Öl aus den Behältern *n* und *o* gewaschen, wobei das ablaufende Öl in den Zwischenbehälter *p* und den Lagerbehälter *q* fließt. Die die Schleuder *m* verlassende Kohle gelangt in einen Schwelofen *r*, in dessen Oberteil zwei Schnecken liegen, die die Kohle erst in der einen, dann in entgegengesetzter Richtung fortbewegen. Dabei werden die leichteren Ölbestandteile unter mäßiger Wärmeeinwirkung abgetrieben. Die Kohle fällt dann in die untere Schnecke des Schwelofens *r*, in der sie bei einer Temperatur von 400° C geschwelt wird. Das den Wärmebedarf der Anlage deckende Schwachgas wird in dem Gaserzeuger *s* gewonnen, der mit dem Brennölbehälter *t* in Verbindung steht. Der Schwelofen *r* wird mit dem gewaschenen Schwelgas beheizt.

Für die Entwicklung dieses Verfahrens war der Umstand maßgebend, daß bei der thermischen Behandlung von Kohle-Öl-Pasten ein Teil der Öle thermisch zersetzt und Gas daraus gebildet wird. Das soll hier weitgehend vermieden und durch die Vorbehandlung gleichzeitig eine Extraktion des Kohlebitumens bewirkt werden, so daß hierbei mit einer unmittelbaren Leichtölgewinnung in nur geringem Maße gerechnet werden kann. Angaben über den bei der Behandlung im Zylinder *i* angewandten Druck fehlen, und ohne Druckanwendung sind größere Ausbeuten an Ölen bei der Heißextraktion von Steinkohlen erfahrungsgemäß nicht zu erwarten. Die Instandhaltungskosten einer solchen Anlage müssen bei dem starken Verschleiß der Rührer und Schnecken außergewöhnlich groß sein.

Die Verfahren zur Schwelung von Mischungen aus Kohle und Öl sind bisher in ihrer Anwendung auf England und Amerika beschränkt geblieben. Für deutsche Verhältnisse kämen dafür nur solche Kohlen und Verfahren in Betracht, bei denen eine positive Ölbildung die Voraussetzung bildet, so daß kein zusätzliches Öl für den Betrieb beschafft zu werden braucht.

[1]) Glückauf 74 (1938) S. 103.

Schrifttum: Kohle-Öl-Schwelverfahren.

A. Thau, Das Schwel- und Verkokungsverfahren „Kohle-in-Öl“; Glückauf 71 (1935) S. 10. — Kohlenveredlungsverfahren von Blümner; Brennstoff-Chem. 17 (1936) S. 301. — E. Blümner, Grundsätzliches zur Druckschwelung von Kohle-Öl-Suspensionen; Brennstoff-Chem. 18 (1937) S. 454. — A. Thau, Die Schwelung von Kohle-Öl-Mischungen; Glückauf 74 (1938) S. 97.

VI. Mitteltemperatur- und Schwelkoksöfen.

Die neuzeitlichen Einrichtungen für die Schwelung backender Steinkohle in ruhender Beschickung nähern sich hinsichtlich der Grundzüge ihrer Bauweise sehr stark den im Gaswerks- und Kokereibetrieb gebräuchlichen Entgasungsöfen. Die nach kurzer Zeit einsetzende Zerstörung der Eisenwände bei unmittelbarer Flammenbeheizung förderte die Bestrebungen, gemauerte Öfen für diese Zwecke zu entwickeln, wobei sich jedoch zeigte, daß die geringe Wärmedurchlässigkeit und die größere Wärmespeicherung gemauerter Wände die Anwendung höherer Temperaturen gegenüber den eisernen Schwelöfen bedingt. Man fand sich gern mit einer etwas geringeren Teerausbeute infolge eintretender Zersetzungen ab, um dafür einen stückigen Koks zu erzeugen, den sog. Mitteltemperaturkoks, der bei Temperaturen hergestellt wird, die zwischen Tief- und Hochtemperaturverkokung etwa in der Mitte liegen. Die bei diesen Verfahren gewonnenen Erzeugnisse liegen hinsichtlich ihrer Beschaffenheit ebenfalls zwischen den bei der Tief- und Hochtemperaturverkokung erzeugten, wobei die größere Ähnlichkeit nach der einen oder anderen Seite von der jeweils angewandten Ofentemperatur abhängig ist.

Wie bei der Schwelung geht man auch bei der Mitteltemperaturverkokung nicht von guter Kokskohle aus, sondern sucht gas- und teerreiche Kohlen, die sich für die Erzeugung von Hüttenkoks nicht eignen, auf diese Weise zu verwerten, wobei in den meisten Fällen eine Vorbehandlung der Kohle Bedingung ist. Gewöhnlich wird ein Teil der Kohle einer Oxydation durch Luft unterworfen und dieser vorbehandelte Anteil mit dem Rest der Kohle vermischt, ehe sie in die Öfen gelangt. Die hinsichtlich der Vorbehandlung der Kohlen bei diesen Verfahren erforderlichen Bedingungen hat Lorenzen[1]) sehr gründlich untersucht, insbesondere auch mit Rücksicht auf verschiedene Zusätze. Als Ableitung aus seiner Arbeit stellte Lorenzen die folgenden Regeln auf:

A. Die Kohlen sind einmal zu unterscheiden in solche, die bei Mitteltemperaturen von sich aus abbinden und solche, die dies nicht vermögen. Außerdem in solche, die gasreich sind und solche, die gasarm sind, so daß sich im ganzen vier Möglichkeiten ergeben:

1. Gasarme, bindende Kohlen können ohne weitere Behandlung der Mitteltemperaturverkokung unterzogen werden; und es ist nur zu prüfen, ob durch geeignete Korngrößenauswahl die Porenstruktur nach der einen oder anderen Richtung beeinflußt werden soll.
2. Gasreiche, bindende Kohlen bedürfen eines Magerungsmittels, damit der Koks nicht rissig und kleinstückig wird.
3. Nicht bindende gasarme Kohlen bedürfen vor der Verkokung des Zusatzes eines Bindemittels, außerdem ist eine Verdichtung durch Stampfen oder Brikettieren zweckmäßig.
4. Nicht bindende gasreiche Kohlen verlangen außerdem noch die Anwendung der Abmagerung.

B. Als Bindemittel kommen Pech, Bitumina und gut bindende Kohlen in Frage.

C. Für die Abmagerung gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Zusatz eines indifferenten Magerungsmittels, z. B. Koksmehl,
2. Abmagerung der Kohle selbst durch Entwässerung, Voroxydation und Vorwärmung.

Die Anwendung dieser beiden Möglichkeiten kann variiert werden: so kann man z. B. nur einen Teil der Kohle nach Fall 2 abmagern und ihn der übrigen, nicht abgemagerten Kohle zusetzen; man kann außerdem noch ein Mittel wie Koksmehl hinzufügen; man kann natürlich auch der unbehandelten Kohle von vornherein eine gewisse Menge indifferenten Magerungsmittels zusetzen, das an sich noch nicht genügt und dann die Mischung nach 2. soweit weiter abmagern, wie es erwünscht ist.

D. Was schon für die Magerungsmittel gilt, ist in verstärktem Maße für die Gesamtbehan-

[1]) Dissert. Techn. Hochsch. Berlin 1935.

lung der Mitteltemperaturverkokung gültig. Alle in ihrem Einfluß auf die Kokserzeugung wesentlichen einzelnen Umstände und Mittel sollten für jede Kohle geprüft werden; eine allgemeingültige Vorbehandlung, die auf alle Kohlen zutrifft, gibt es nicht. Nur der Versuch führt zum Ziel und die Erfahrung erleichtert den Weg.

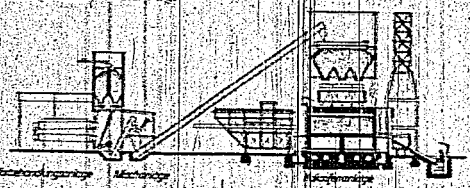


Abb. 125. Mitteltemperaturverkokungs-Verfahren von Koppers.

In England hat Roberts[1]) umfangreiche Versuche mit der Vorbehandlung der Kohle für diese Zwecke durchgeführt, auf die hier nur hingewiesen werden soll.

Als vor einigen Jahren die Absichten für eine Wiederaufnahme der Steinkohlenschwelung in Deutschland festere Form annahmen und gleichzeitig infolge der wirtschaftlichen Lage viele betriebsfähige Kokereien außer Dienst gestellt worden waren, lag der Gedanke nahe, in eine Prüfung der Frage einzutreten, ob diese Kokereien nicht zur Schwelung herangezogen werden könnten, wobei mit einem steigenden Absatz des Schwelkokses als Hausbrand gerechnet wurde. Durch eingehende Versuche bei Wittenhiller[2]) nachgewiesen, daß bei den niedrigen Entgasungstemperaturen, abgesehen von den betrieblichen Schwierigkeiten, eine Wirtschaftlichkeit mit dem Schwelbetrieb normaler Koksöfen nicht zu erreichen ist.

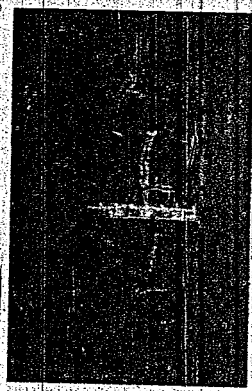


Abb. 126. Eine Beschickung Mitteltemperaturkoks im Koppers-Ofen vor dem Ausdrücken.

Demgegenüber haben Roser und Stilf unabhängig voneinander die Schwelung im normalen Koksofen mit Hilfe eingeschobener Gefäße durchgeführt, worauf weiter unten noch näher eingegangen wird.

1. Koppers-Verfahren.

Koppers[3]) war der erste, der die Mitteltemperaturverkokung in Großanlagen entwickelte und einführte im Jahre 1930 in Gemeinschaft mit der Compagnie des Mines de Bruay in Frankreich. Das Verfahren ist verhältnismäßig einfach, wie aus der in der Abb. 125 wiedergegebenen Zeichnung hervorgeht, in der ganz links ein aus Drehtrommeln bestehende Oxydator dargestellt ist, der für den der Vorbehandlung unterworfenen Kohlenanteil angeordnet ist. Aus diesem gelangt die Kohle in eine Misch- und Mahlanlage, um die vorbehandelte und die rohe Kohle innig miteinander zu mischen, wonach sie in den Kohlentürmen der Koksofengruppe überführt und in deren Kammern als Mitteltemperaturkoks verarbeitet wird. Der dazu angewandte Koppers-Kreisstromofen ist so allgemein bekannt, daß sich eine Beschreibung seiner Bauweise hier erübrigt. Für die Mitteltemperaturverkokung werden besondere schmale Kammern in Ab-

[1]) Roberts & Jenkins, International Coal Carbonisation, S. 91. Verl. Benn & Sons, London 1934.
[2]) Öl u. Kohle 2 (1926) S. 251.
[3]) Öl u. Kohle 2 (1926) S. 384. Koppers-Mitt. 15 (1933) S. 3 u. 27; Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 16 (1934) S. 33. Brennstoff-Chem. 15 (1933) S. 245; Berichtsheft Deutsche Technikwoche, S. 50. Nürnberg 1936.

hängigkeit von der Kohlenbeschaffenheit gewählt, und wie aus der Abb. 127 hervorgeht, sind die dort angewendeten 350 mm breit. Das Bild läßt weiterhin erkennen, daß die Verkokungsvorgänge bei diesen Verfahren nicht wie im normalen Koksofen, sondern gemäß einer Schwelung verlaufen, insofern, als keine Teernähte gebildet werden und die Koksstücke von einer Wand zur anderen reichen.

Die erste und bisher einzige Mitteltemperaturverkokungsanlage Deutschlands erbaute Koppers im Jahre 1935 auf der Zeche Barsinghausen bei Hannover für eine jährliche Durchsatzleistung von 130000 t Trockenkohle, entsprechend einem Tagesdurchsatz von 350 t Trockenkohle, zu deren Verarbeitung eine Gruppe von 29 Koppers-Verbund-Kreiselstromöfen dient. Bei dem Abnahmeversuch der Anlage wurden die folgenden Werte ermittelt:

† Betriebszeit der Öfen	12 h
Koksbeschaffenheit (Trommelprobe) über 40 mm Stückgröße	81%
unt. 10 mm	6%
Wärmeverbrauch bez. auf 1 kg nasse Kohle	511 kcal
Rohteerausbeute	6%
Leichtölausbeute	1,1%
Dampfverbrauch bez. auf 1 kg gereinigten Motortreibstoff	4,0%
Inerte Bestandteile im Gas unter	7,6%
Unterer Heizwert des Gases	5600 kcal/Nm³

Der ursprünglich als Carbolux bezeichnete Koks wird unter dem Namen Anthrakoks abgesetzt, er ist fest und leicht verbrennlich. Unter Einschluß der inzwischen im Ausland von Koppers erbauten Mitteltemperaturverkokungsverfahren werden jährlich über 500000 t Kohle nach diesem Verfahren in Mitteltemperaturkoks überführt.

2. Otto-Verfahren.

Die Firma Dr. Otto hat ebenfalls ein Verfahren zur Mitteltemperaturverkokung entwickelt und ist dabei grundsätzlich bei dem bewährten Otto-Zwillingsregenerativkoksofen geblieben, dessen Ausmaße entsprechenden Änderungen unterworfen wurden, um ihn mit Vorteil für die Zwecke der Mitteltemperaturverkokung verwenden zu können.

Die Firma Dr. Otto betreibt selbst seit längerer Zeit eine Anlage, bestehend aus einer Gruppe von drei Otto-Zwillingshorizontalöfen für wahlweise Beheizung mit Starkgas oder Schwachgas. Sie entspricht äußerlich einer normalen Horizontalkammerofenanlage und ist, wie aus den in den Abb. 128—130 wiedergegebenen Schnitten ersichtlich, auch in der Bauweise diesen Anlagen durchaus gleich, nur sind die Kammern schmäler als dies bei normalen Koksöfen üblich ist. Die Anlage verarbeitet eine Gasflammkohle aus dem Ruhrbezirk, die einen ausgezeichneten Schwelkoks liefert.

Die Firma Dr. Otto hat sehr ausgedehnte Versuche mit den verschiedenartigsten Kohlen aller möglichen Vorkommen gemacht und Wege gefunden, durch geeignete Vorbehandlung der Kohlen wie Mahlung, Zusatz von Magerungs- und Bindemitteln usw. gerade aus solchen Kohlen guten Schwelkoks zu machen, die sich für die Hochtemperaturverkokung nicht eignen. Die Schwelltemperaturen lassen sich auch beim Steinofen bis auf etwa 550° C herunterdrücken, so daß man es durch entsprechende Temperatureinstellung in der Hand hat, richtigen Schwelkoks oder Mitteltemperaturkoks herzustellen.

Die Teerscheidung erfolgt auf der Otto-Anlage auf elektrostatischem Wege, wobei sich ein großer Teil des Teeres über dem Taupunkt des Wassers und damit wasserfrei gewinnen läßt.

Eine Anzahl ähnlicher für die Schwelung oder Mitteltemperaturverkokung bestimmter Koksofenbauarten sind neuerdings in Deutschland entworfen worden, über die Jordan[1]) auf Grund des Patentschrifttums berichtet hat. Ihre Einführung in den praktischen Betrieb steht jedoch noch aus.

3. Englische Versuchsanlage mit drei Ofenarten.

In England hat Schwarz[2]) grundlegende Vorarbeiten geleistet, um Schwelkoks in besonders entworfenen Koksöfen[3]) zu erzeugen, die hinsichtlich ihrer Beheizung die entsprechende

[1]) Brennstoff-Chem. 18 (1937) S. 41.
[2]) Glückauf 73 (1937) S. 264.
[3]) Fax World Coking Section (1936) S. 139.

Temperatureinstellung zulassen und bei einer gegenüber normalen Koksöfen geringern Kammerbreite eine gute Durchsatzleistung ermöglichen. Schwarz erkannte auch die Notwendigkeit einer sorgfältigen Kohlenaufbereitung und -mischung für die Schwelung, denn diese Verfahren sollen ja grundsätzlich von billigen, zur Hüttenkoksherstellung nicht verwendbaren Kohlen ausgehen, deren Preis für das Feingut mangels hinreichenden Absatzes erheblich unter dem der normalen Kokskohle liegt.

Schwarz baute auf der Kokerei der im Durham-Kohlenbezirk gelegenen Grube New Brancepeth in eine von Otto errichtete Gruppe von Unterbrenner-Abhitzekoksöfen je drei Öfen dreier verschiedener Schwelkoksofenbauarten ein, über die im folgenden kurz berichtet wird. Der Einbau solcher Öfen in eine bestehende Koksofengruppe zwingt, wie auch in diesem Fall, zur Übernahme festliegender Abmessungen hinsichtlich der Länge und Höhe der Öfen, damit

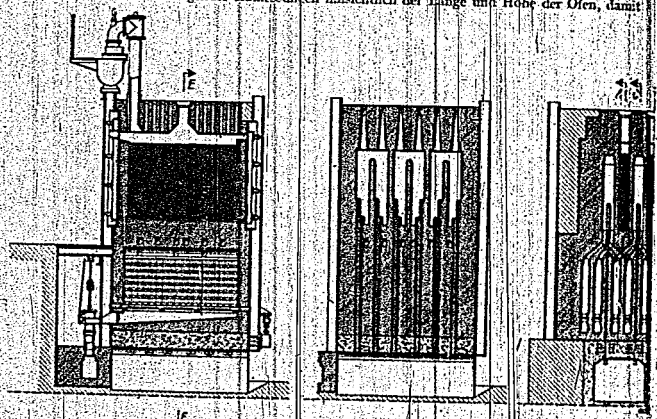


Abb. 129—130. Liegender Kammerofen zur Herstellung von Schwel- oder Mitteltemperaturkoks von Dr. Otto & Co.

sich diese in den Füll- und Stoßbetrieb der übrigen Öfen einbeziehen lassen, was hier zu berücksichtigen war.

Die Schwelkoksöfen haben eine Länge von 10,3 m, eine Höhe von 2,4 m und eine Beschickhöhe von 2,0 m; die mittlere Kammerbreite beträgt 250 m, während über die Verjüngung in der Längsrichtung keine Angaben gemacht werden. Abgesehen von der verhältnismäßig geringen Kammerbreite unterscheiden sich diese Schwelöfen nur durch die Einrichtung der Heizwände von normalen Koksöfen.

4. Schwelkoksofen von Cellan-Jones.

Die Bauart der Heizwände dieses Ofens [1]) ist aus den Abb. 131 und 132 ersichtlich, die einen Längsschnitt durch die ganze Heizwand und daneben einen senkrechten Querschnitt durch zwei Kammern und drei Heizwände zeigen. Das Gas wird wie beim alten Otto-Unterbrenner in den Begehkanälen des Ofenunterbaus durch die Bunsenbrenner a zugeführt und entzündet sich am Austritt der Mischrohre b, wobei der Kaminzug Zweitluft durch die senkrechten Öffnungen c

[1]) Coal Carbonisation 3 (1937) S. 24.

einsaugt durch die die Brennerrohre mit reichlichem Spiel eingeführt sind. Die Verbrennungsgase treten in die in Höhe der Kammersohlen ausgesparten Räume *d*, von denen jeder mit zwei nebeneinander liegenden senkrechten Heizzügen *e* in Verbindung steht. Aus diesen gelangen die Verbrennungsgase in den darüber angeordneten waagrechten Schaukanal *f* und durch die beiden auf der Koksseite angeordneten senkrechten Züge *g* und *h* in die Schlitze *i*, die mit dem zum Schornstein führenden Abgaskanal verbunden sind. Jede Schwelkammer *j* wird für sich von einer unabhängigen Zugreihe beheizt, was man dadurch bewirkt, daß die feste, die Mitte durchziehende Trennmauer *k* jede Heizwand der ganzen Länge nach teilt, wobei das Mauerwerk der dicken Mittelwand in gewissem Maße als Wärmespeicher dient. Der Schaukanal *f* hat daher eine entsprechende Breite, die auch deshalb erforderlich ist, weil in ihm zwei Reihen von kleinen Steinschiebern *l*, eine für jede Heizzugreihe, liegen, die das wichtigste Einstellmittel für die Beheizung des Ofens bilden und die durch den Endschieber *m* auf der Koksseite die Einstellung des

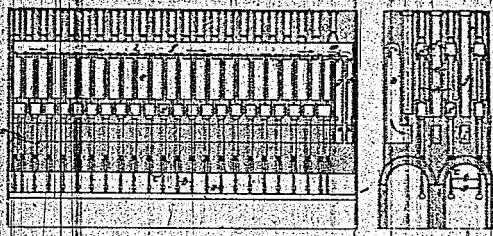


Abb. 131 u. 132. Längs- und Querschnitt durch den Schwelkasten von Collin-Jones.

Zuges für die ganze Wand bewirken. An den beiden Enden der Heizwände sind die Doppelbrenner *n* in geringem Abstand voneinander zu dem Zweck vorgesehen, die durch die Wärmeabstrahlung der Türen verlorengehenden Wärmemengen zu ersetzen und die Bildung ungarer Kokspfropfen an den Enden der Beschickung zu verhüten. Wie die Abbildungen erkennen lassen, ist abwechselnd der eine Verteilungsraum *d* mit einem Zugpaar *e* der einen Kammer *j* und der nächste mit einem Zugpaar der andern Kammer verbunden.

Diese Beheizungsart ermöglicht, den Teil des Ofenmauerwerks, der hoch genug erwärmt ist, um eine Zündung des Gases unter allen Umständen zu gewährleisten, so tief zu legen, daß sich die darin entwickelte hohe Temperatur nicht auf die Kohlenbeschickung auswirken kann, wie es auch aus den Abbildungen hervorgeht.

5. Schwelkoksofen von Lecocq.

Mit Schwelversuchen in dem auf französischen und belgischen Anlagen verbreiteten Koksofen von Lecocq[1]) wurde bereits im Jahre 1928 begonnen. Daraus ging eine brauchbare Bauart hervor, nach der man in Montrambert in Frankreich eine Ofengruppe zur Erzeugung von Mitteltemperaturkoks errichtete, die seit 1933 in Betrieb steht. Das Heizgas wird dabei den einzelnen Zügen des halbgeteilten Ofens durch einen waagrechten Rohrkanal mit Hilfe von Düsenbrennern zugeführt.

Bei den drei auf der Kokerei der Grube New Brancepeth erstellten Lecocq-Öfen[2]) mußte man sich nicht nur in den Abmessungen, sondern auch hinsichtlich der Heizgaszuführung den gegebenen Bedingungen der alten Otto-Öfen anpassen. Die Abb. 133 und 134 zeigen einen Längsschnitt durch die Heizwand dieses Ofens und daneben einen senkrechten Querschnitt durch die drei auf der genannten Anlage eingebauten Einheiten. Die mittlere Kammerbreite beträgt 225 mm, während die übrigen Abmessungen den bereits angeführten entsprechen. Bemerkens-

[1]) Fuel, Coal Carbonisation 2 (1935) S. 138.
[2]) Coal Carbonisation 3 (1937) S. 23.

wert an dieser Bauart ist die senkrechte Dreiteilung der Heizzüge in der Weise, daß das durch Bunsenbrenner von unten zugeführte Gas in den mittlern Zugteilen aufwärts brennt, während die Verbrennungsgase in den beiden außen liegenden Zugteilen unmittelbar neben den Entgasungskammern nach unten strömen, so daß die Wärmeübertragung sowohl durch die Berührung mit den Gasen als auch durch Strahlung erfolgt. Diese Dreiteilung der senkrechten Heizzüge in den Mittelteil *a* und die beiden Seitenteile *b* ist aus Abb. 134 zu ersehen. Die Seitenzüge *b* sind mit dem Mittelzug *a* oben und unten durch die seitlichen Öffnungen *c* und *d* verbunden. Die in den Mittelzügen *a* entwickelten Verbrennungsgase strömen zunächst in den gemeinschaftlichen waagrechten Schaukanal *e*, wobei die Einstellung der Verbrennung in bekannter Weise durch die Steinschieber *f* bewirkt wird. Werden diese vollständig geöffnet, so strömen die Verbrennungsgase aus den Mittelzügen *a* unmittelbar in den Schaukanal *e*, die Wärmeübertragung auf die Entgasungskammern erfolgt bei einer solchen Einstellung lediglich durch Strahlung. Je mehr der freie Querschnitt am obern Ende der Mittelzüge durch die entsprechende Einstellung der Schieber *f* verengt wird, desto größere Mengen von Verbrennungsgas strömen durch die Seitenzüge *b* nach unten, wo sie durch die Öffnungen *d* wieder in die Mittelzüge *a* gelangen. So entsteht in diesem Gaskreislauf ein der im Mittelzug verbrannten Gasmenge entsprechender Überschuß an Verbrennungsgas. Dieser tritt durch die abfallenden Züge an beiden Ofenenden in die Sohlkanäle *g*, die durch einen Gasbrenner an jedem Ofenende zusätzlich beheizt werden. In der Ofenmitte gelangen dann die Verbrennungsgase in den Sammelzug *h* und aus diesem in den zum Schornstein führenden Abhitzekanal *i*. Eine aus den Abbildungen nicht ersichtliche weitere Besonderheit dieses Ofens stellen die an der Heizseite der Kammern waffelartig ausgebildeten Wandsteine dar, die in der Mitte dünn sind, wodurch die Wärmeübertragung verbessert werden soll. Durch die zusätzliche Sohlenbeheizung des Ofens erhält die Bodenlage der Kohle eine harte, waagrecht verlaufende Kruste, die das Ausstoßen des Kokses erleichtert.

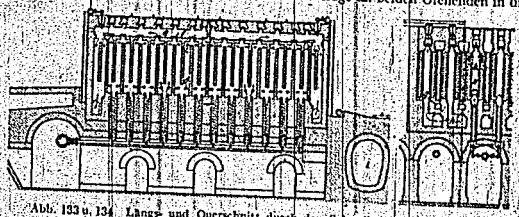


Abb. 133 u. 134. Längs- und Querschnitt durch den Schwelkoksofen von Lecocq.

Bei der Entwicklung der ersten Schwelkoksöfen von Lecocq[1]) wurden bemerkenswerte Versuche mit Kammern durchgeführt, die aus Eisenplatten zusammengebaut und an den Außenseiten zum Schutz gegen den unmittelbaren Einfluß der Wärme mit dünnem Mauerwerk belegt waren. Diese Bauart bewährte sich nicht und mußte wieder aufgegeben werden, weil sich Verwerfungen und Ausdehnungen, bekannt als sogenanntes Wachsen, nicht verhüten ließen. Dies ist nach den inzwischen gesammelten Kenntnissen und Erfahrungen auf diesem Gebiete durchaus verständlich. Die neuzeitlichen deutschen Steinkohlenschwelöfen mit den aus Stahlblech zusammengeschweißten Entgasungskammern werden lediglich durch umgewälzte Verbrennungsgase, deren Temperatur auf 550–600° C abgetönt ist, beheizt, während beim englischen Coalite-Schwelverfahren[2]) die Wärmeübertragung auf die gußeisernen Rohrbündelretorten ausschließlich durch Abstrahlung von einer unmittelbar beheizten, leicht durchlässigen Steinwand erfolgt.

Die Verwendung von Eisen für den Bau der Schwelkammern bringt neben guter Wärmeleitfähigkeit den großen Vorteil eines schnellen Wärmedurchgangs mit sich, besonders weil man sich dabei mit verhältnismäßig geringen Wandstärken begnügen kann. Die Ergebnisse neuzeitlicher Werkstofforschung und -verbesserung sind auch auf den Schwelofenbau nicht ohne Einfluß geblieben, so daß fast alle neuen in Deutschland entwickelten Steinkohlenschwelverfahren Eisen-

[1]) Finn., Coal Carbonisation 2 (1930) S. 139.
[2]) S. S. 31.

kammern einer einzigen Einsicht verwendet. Solange die Verschlammen keinen unmittelbaren Zutritt zu den einzelnen Wandflächen der Kammern haben, sind Verschlämmungen nicht zu erwarten. Hier taucht die Frage, ob man Betrieb oder Ruhewerk zum Bau von Schwellkammern verwenden soll, keineswegs irgendwie gestaltet, wie auch Lewentz bestätigt, der, gestützt auf umfangreiche Untersuchungen, die Frage der Eignung von Spritzkammern für die Rückkompressorenverbindung erörtert. Die für diese Aufgabe erkannten Übelstände lassen ausschließlich Stockkammern, wie sie auch Lessing gewonnen war, auf ihre Verwendung von Essen als Teile der Kammerwände zu erörtern.

6. Schwellkasseten von Kemp.

Die Kasse auf der gemeinsamen Kokerei verfügte Schwellkastenbatterie von Kemp ist in den Jahren 1905—1907 in drei Schichten übergestellt, und zwar ist hinter ein Längsschnitt durch die Batterie, in der Mitte ein Längsschnitt durch den Schlämmkasten und rechts ein senkrechter Querschnitt durch eine Kammer mit dem daneben aufliegenden Beschwinden wiedergegeben. In die Beschickung werden die Öfen von dem Becher benutzt beschrieben, sodann ab, als der Gasraum durch Rauchschwaden, sondern durch die unten mit Gasschlüssen versehenen Kanäle a gespeist und die Luft durch die nicht dargestellten gleichmäßigen Kanäle b mit Hilfe Kammergas eingesaugt wird. Die Verbrennung erfolgt am Eintritt in die Heizzüge c. Durch

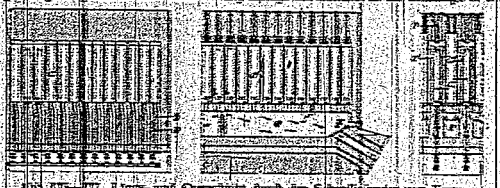


Abb. 115—117. Längs- und Querschnitt durch den Schwellkasten von Kemp.

diesen Öffnungen man eine ausreichende Durchmischung der Heizgase rechtwinklig zu den Gasströmen vorgenommen (Abb. 115), dadurch jedoch auch in dem gemeinschaftlichen Schamottegewölbe an der Decke der Zone verursacht. Jeder Heizzug ist für sich einstellbar. Die im Mauerwerk entstehenden und aufsteigenden Verbrennungsgase verlassen durch Öffnungen d die Schwellkammern und treten in den Schlämmkasten e. Durch die in Abb. 116 in jedem Heizzug angedeutete quadratische Öffnung tritt eine von der Einstellung abhängige Menge des Verbrennungsgases wieder in den Mauerzug zurück, während der Überschuß durch die mit dem Schamottedeckel f überdeckten Öffnungen in den Schlämmkasten gelangt, aber durch den mit dem Steinschieber g versehenen Kanal mit dem zum Schornstein führenden Abgaskanal verbunden ist. Die Heizzüge sind zwecks Umstellung der Schieber f durch Steigeisenleiter von oben in bekannter Weise zugänglich.

Ergebnisse.

Der seltene Umstand, daß 9 Schwellkasseten in drei von die letzten Kammern in einer Gruppe mit kleinen Abweichungen vereinigt sind, verleiht einen Vergleich der Leistungen möglich. Solche Vergleichsergebnisse sind aber die jetzt noch nicht bekannt geworden. Die angestellten Angaben[1] beziehen sich wesentlich auf den zweiten genannten Ofen von Gelsenkirchen. Wie bereits erwähnt, handelt es sich in diesem Falle um eine Schwellkasse, die man nur zur Verbesserung des Garbrandes in eine ältere Koksofenbatterie eingebaut hat. Sie sind an die nach einem Vorschlag auch die Entschädigung dieser Übergangsart angeschlossen, sodaß Feststellungen über die Dauer- und Leistungsfähigkeit etwa der Wärmeverbrauch nicht vorgenommen werden konnten. Die Versuche haben sich dementsprechend auf die Beschaffenheit des Schwellkokses erstreckt.

Die Öfen wurden einmalig mit einer Kammerfüllung von 8,0 t eingestellt und mit

1. Tonind. Ztg. Berlin 1905, S. 7.
2. Centralbl. d. Bauverw. 3. Juni 1905, S. 22.
3. Journ. Gas Lighting, Dec. 1906 (Bd. 98), S. 1231; Colliery Guard. 91. Bd. 1906, S. 1304.

etwa 5 t Kohle beschickt, die innerhalb von 16—18 h verkokt waren. Mit diesem Hochtemperaturbetrieb sollte eine zusätzliche Abdichtung der Wandfugen durch Graphitniederschläge erreicht werden. Danach wurde die Kammertemperatur auf 600° C herabgesetzt und normale Kokskohle bei einer Garungsdauer von 26—28 h geschwelt. Im weitern Verlauf der Versuche gelangten verschiedene Kohlenmischungen unter Zusatz von 10% Koksstaub bei 600° C Kammertemperatur und einer Garungsdauer von 28 h zur Schwelung. Das aus überwiegend schwach backender Northumberland-Kohle gewonnene Erzeugnis konnte als ein guter Schwelkoks mit einem Gehalt von 9,4% flüchtigen Bestandteilen angesprochen werden. Erwähnenswert sind in diesem Zusammenhang noch Versuche zur Nutzbarmachung von Anthrazitstaub für die Schwelkokserzeugung, bei denen 8 t gewaschener und 2 t ungewaschener Anthrazitstaub mit der gleichen Menge Kokskohle gemischt wurden. Der darauserzeugte Schwelkoks hat ein dichteres Gefüge als normaler Schwelkoks, er brennt gut, jedoch liegt sein Entzündungspunkt erheblich höher. Mit diesem Versuch sollte ein Weg gezeigt werden, wie man dem sonst schlecht verwertbaren Anthrazitstaub in Form von Schwelkoks ein lohnendes Absatzgebiet schaffen könnte. Die Entleerung der Öfen mit Hilfe einer vorhandenen Ausdrückmaschine, die einen Druckkopf von 178 mm Breite erhalten hat, verursacht keine Schwierigkeiten. Der Schwelkoks wird durch eine Löschhaube in einen Selbstentlader mit Schrägböden gedrückt und darin zur Koksaufbereitung gefahren. Die Möglichkeit, den Unterbau einer alten Abhitzeofengruppe für die Errichtung solcher Schwelkoksöfen auszunutzen, setzt deren Baukosten beträchtlich herab.

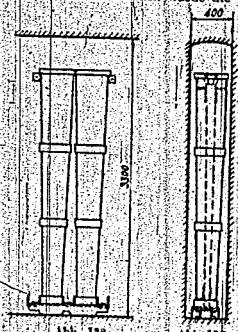


Abb. 138. Abb. 139.

Abb. 138. Kohlenzylinder von Roser zur Schwelung im Koksofen.
Abb. 139. Koksofen mit Kohlenzylindern beschickt.

7. Roser-Verfahren.

Die bereits erwähnten Bestrebungen, den Koksofen in seiner normalen Bauweise zur Schwelung oder Mitteltemperaturverkokung heranzuziehen, führten zur Entwicklung des von Roser[1]) bereits im Jahre 1930 angegebenen Verfahrens. Zu jener Zeit waren viele Kokofengruppen außer Betrieb, die Roser durch sein Verfahren zur Schwelkoksherstellung nutzbar machen wollte. Die Versuche wurden in Otto-Koksöfen der Zeche Karolinenglück durchgeführt in der Weise, daß dünnwandige, sich nach oben leicht erweiternde Stahlblechzylinder von 3,3 m Höhe paarweise auf einem kleinen Wagen befestigt und in die 400 mm breiten Ofenkammern hineingeschoben wurden. Die nach unten verjüngten Schwelgefäße, die paarweise auf einem mit Laufrollen versehenen Untergestell befestigt sind, können in die Ofenkammern eingefahren werden. Nach der Entgasung werden die ausgefahrenen Gefäße hochgehoben und gekippt, so daß der einen Ring bildende Schwel- oder Mitteltemperaturkoks herausgleitet.

Die Abb. 138 zeigt die zu Paaren auf einem gemeinsamen Fahrgestell befestigten Blechgefäße

[1]) Brennstoff-Chem. 12 (1931) S. 86.

Abb. 140. Mitteltemperaturkoks nach dem Roser-Verfahren im Koksofen erzeugt.

von der Seite, während in der Abb. 139 die in die Koksofenkammer eingefahrenen Gefäße als Endansicht wiedergegeben sind.

Die Garungszeit betrug je nach der angewandten Temperatur 4 oder 4½ und es wurde, wie in Abb. 140 sichtbar, aus entsprechenden Mischungen von Fett- und Magerkohle ein abgestufter Mitteltemperaturkoks erzeugt. Bei diesem Verfahren werden die Zylinder während der Beschickung in Zitterbewegung versetzt, um durch Verdrängung der zwischen den Kohlenteilchen befindlichen Luft eine sehr dichte Lagerung der Kohle mit einem Raumgewicht von 1,0 zu erzielen, die die Bildung eines dichten Koksgefüges so sehr begünstigt, daß Roser den Koks als Preßkoks bezeichnet, dessen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen je nach der angewandten Endgarungstemperatur und -dauer zwischen 6,78 und 1,59 lag. Die ausgezeichnete Beschaffenheit des auf diese Weise erzeugten Koksei ist aus der in der Abb. 140 wiedergegebenen Aufnahme ohne weiteres erkenntlich; in der Mitte sieht man den stehengebliebenen Koksrundstab.

8. Still-Verfahren.

Auf einer ähnlichen, auf den Großbetrieb zugeschnittenen Grundlage, jedoch ganz unabhängig von Roser, hat die Firma Carl Still[1]) G. m. b. H. ein solches Verfahren im großen Maßstabe

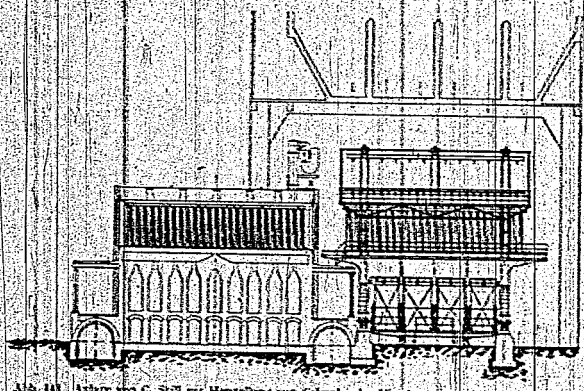


Abb. 141. Anlage von C. Still zur Herstellung von Schwel- oder Mitteltemperaturkoks in Koksöfen.

in neuerer Zeit auf einer oberschlesischen Kokerei entwickelt, um vor allem, infolge mangelnden Koksabsatzes stillgelegte Kokereien zur Herstellung von Hausbrandkoks heranzuziehen. Hierbei spielte die Frage der Wirtschaftlichkeit der teilweisen Umstellung von der Hochtemperatur- auf die Mitteltemperatur-Kokserstellung insofern eine untergeordnete Rolle, als es in derartig schlechten Zeiten wie den zurückliegenden zunächst einmal darauf ankam, den Brennstoffabsatz für ein frachtlich und bezüglich der Koksqualität derart benachteiligtes Revier wie Oberschlesien unter allen Umständen aufrechtzuerhalten. Unter diesen Gesichtspunkten muß das Verfahren, mit dem mehrere hundert Tonnen Hausbrandkoks hergestellt wurden, zunächst bewertet werden. Darüber hinaus sind jedoch die damit gemachten Erfahrungen allgemein gültig.

Eine so ausgerüstete Kokereianlage ist in der Abb. 141 als Schnitt durch eine Ofenkammer

[1]) Brennstoffwirtschaft: Hellenische Treibstoffe, S. 45. Nürnberg 1936.

wiedergegeben. In die entsprechend schwach beheizte Ofenkammer, deren Wandtemperatur 750—780° C beträgt, wird ähnlich wie beim Stampfbetrieb eine Sohle geschoben, auf der eine Reihe eiserner nach oben leicht verjüngter Retorten befestigt sind. Die Retorten sind doppelwandig, wobei der innere, ein nach oben verjüngtes Rohr bildende Mantel auf Füßen fest mit der Bodenplatte derart verbunden ist, daß die in die Ofenkammer eingeführten Spülgase die Retorten auch von innen beheizen, wodurch die Garung erheblich beschleunigt wird, was sich ebenfalls auf die Koksfestigkeit günstig auswirkt. Die Kohle wird in dem Ringraum zwischen dem nach oben abstreifbarer äußeren Mantel und dem inneren festen Mantel in 70—80 mm Schichtdicke aus dem über den Retorten liegenden Kohlenbunker auf der Beschickmaschine eingefüllt. Hierbei tritt gleichzeitig eine Verdichtung der Kohle auf ein Raumgewicht von wenigstens 0,9 ein, bewirkt durch Rüttelung der Retorte mittels eines Preßluftmotors. Um den Abzug der zu Beginn der Verkokung sich besonders stark entwickelnden Wasserdämpfe und der Entgasungsprodukte auf kürzestem Wege zu erreichen, ist der innere Mantel der Retorte gelocht.

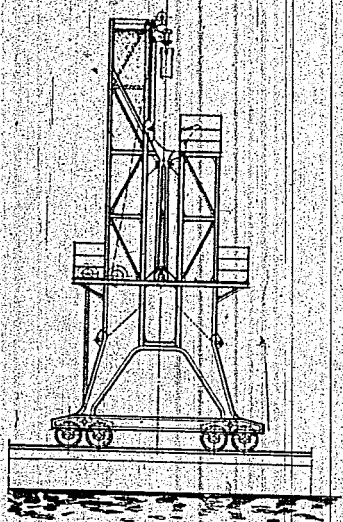


Abb. 142. Beschickmaschine zur Kokerei für die Herstellung von Schwel- oder Hausbrandkoks nach dem Still-Verfahren.

An den Ofen selbst tritt keinerlei Änderung ein, und die zur Einführung des Verfahrens erforderlichen Ergänzungen beziehen sich lediglich auf die in der Abb. 142 wiedergegebene Einrichtung zur Beschickung und Entleerung der Retorten, und zwar ist diese Aufgabe in ebenso sinnreicher wie einfacher Weise gelöst worden. Die Abb. 142 zeigt ein Fahrgestell ähnlich einer Stampf- und Beschickmaschine, in welcher der die Retorten tragende Boden ein- und ausgefahren werden kann. Die Verbindung mit dem Kohlenbehälter wird durch Trichter hergestellt bei gleichzeitiger Rüttelbewegung der Retorten. Nach erfolgter Entgasung werden, wie in der Abb. 142 oben angedeutet, die äußeren Retortenmäntel hochgezogen und der Koks fällt in den untergeschobenen Koks-

wagen zur Löschung oder Trockenkühlung. Dieser Kokswagen ist in der Abb. 141 unter der Beschickmaschine angedeutet. Bis zu 27 derartiger Retorten können in einer Kammer von normalen Abmessungen (450 × 3300 × 12000) Aufnahme finden. Bei 150 kg nasser Kohle je Retorte und bei viermaligem Besetzen einer Horizontalkammer innerhalb 24 h können je Ofenkammer über 16 t Kohle geschwelt und daraus 12,6 t Hausbrandkoks täglich hergestellt werden; diese Durchsatzleistung entspricht der gleichen Kammerleistung bei Hochtemperaturverkokung, so daß also mit einer ganzen Koksofenbatterie ungefähr die gleiche Leistung wie bei der Hochtemperaturverkokung trotz der niedrigen Temperaturen erzielt wird, ein Ergebnis, das auf die Wahl der geringen Schichtdicke und die damit verbundene kurze Garungszeit von 5½ h zurückzuführen ist.

Der Koks wird in der Sieberei der betreffenden oberschlesischen Anlage in vier Körngrößen klassiert, die in der folgenden Zahlentafel angeführt sind.

Vergleichswerte.

Ausbeuten bei:	Hochtemperatur-Verkokung	Mitteltemperatur-Verkokung nach S. 123
Koksausbringen	76,5%	82 %
Teerausbringen	3,5%	6,5%
Benzolausbringen	1,5%	2,0%
Überschußgas	136 Nm³/t Kohle	75 Nm³/t Kohle

Maschinenprobe nach Micum	über 80 mm	80—40 mm	40—20 mm	unter 20 mm
Hochtemperatur-Koks nach Sellmann Koksofen („Schamotteofen")	30,6%	5,8%	1,8%	12,8%
Hochtemperatur-Koks aus dem gleichen Kokskohlen-Gasflammkohlenmisch	69,0%	22,0%	7,0%	11,0%

Die Festigkeit des Hochtemperaturkokses nach der Kammerprobe ist ebenfalls in der Tafel in Vergleich gesetzt mit der auf der gleichen Anlage verkokten normalen Besatzkohle, die eine Mischung darstellt aus verschiedenen oberschlesischen Kohlen mit durchschnittlich 31—32% flüchtigen Bestandteilen.

Der Gehalt des Hochtemperaturkokses an flüchtigen Bestandteilen liegt bei etwa 1%, und darunter, die Garungszeit beträgt durchschnittlich 3½ h bei der angegebenen Schüttdichte der Kohle von 760 mm und bei der angegebenen Temperatur, der Zündpunkt des Koksesliegt bei 490° C.

Die Unterschiede bezüglich des Koks- und Nebenproduktenausbringens zwischen Hoch- und Mitteltemperaturverkokung bei der gleichen Kühlungsart sind aus der Tafel ersichtlich.

Mit diesem Verfahren ist die Möglichkeit geschaffen, unter Anwendung verhältnismäßig einer großen Betrieb befindlicher Koksanlagen, bei verhältnismäßig geringer maschineller Ergänzung die Schwefelgewinnung in kürzester Zeit aufzunehmen.

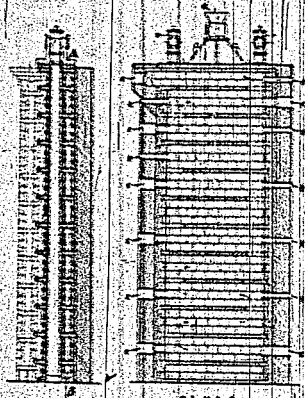


Abb. 144. Stehend betriebener senkrechter Kammerofen mit Kühlmantelung.

9. Gemauerter senkrechter Kammerofen für stetigen oder unterbrochenen Betrieb in der Versuchsanlage des staatlichen englischen Brennstoff-Forschungsinstituts.

Nachdem die für stetigen Betrieb eingerichteten in Verbindung mit dem staatlichen englischen Brennstoff-Forschungsinstitut aus Eisen erbauten senkrechten Kammeröfen[5], die sogenannten „E-Retorten", vollkommen versagt hatten, versuchte man die Schwehring- und Mitteltemperaturverkokung in gemauerten senkrechten Kammeröfen[6], die sowohl für einen stetigen als auch unterbrochenen Betrieb eingerichtet sind. Der Ofen, ohne die an sich bekannte Koksaus-

[5] E. S. 686.
[6] Gas- u. Wasserfach 55 (1912) S. 685.

tragvorrichtung ist in den Abb. 143 und 144 in zwei senkrechten Schnitten rechtwinklig zueinander wiedergegeben. Die Kammer ist 6,5 m hoch, 9 m lang und oben 290, unten 300 mm breit. Die Heizwand ist durch gemauerte Zungen in waagerechte Züge unterteilt, wobei nur dem untersten durch den Brenner *a* Gas und Luft zugeführt wird. Durch sieben weitere, über die Höhe des Ofens gleichmäßig verteilte Öffnungen *b* wird jeweils eine entsprechende weitere Luftmenge zugesetzt, um die Temperatur über die ganze Wand einstellen und abstönen zu können. Die Öffnungen *c* nehmen Schauklappen oder Meßeinrichtungen auf. Oben auf dem Ofen ist der Anschluß an den Fülltrichter *d* erkenntlich sowie zu beiden Seiten darunter die Gasabzüge *e*. Der in der Abbildung nicht berücksichtigte Unterteil des Ofens entspricht der bekannten Koksaustrag-, Lösch- und -abzugsvorrichtung, wie sie bei stetig betriebenen Vertikalöfen allgemein Anwendung findet.

Bei einer Entgasungstemperatur von 600—700° C wurde mit diesem Ofen täglich 7,5—10 t Kohle der Zeche Dalton Main durchgesetzt und daraus ein Schwelkoks erzeugt, der noch 10,6% flüchtige Bestandteile enthielt. Bei einem abgeschlossenen Leistungsversuch mit einem täglichen Kohlendurchsatz von 6,3 t wurde, auf der inneren Kammerwand gemessen, die Temperatur unten auf 605° C gehalten und im Oberteil der Kammer auf 680—690° C. Dabei wurden die Ergebnisse erzielt, die den in eisernen Kammern erreichten in der folgenden Aufstellung bei Verwendung der gleichen Kohle an die Seite gestellt sind.

Ausbeuten, bezogen auf Trockenkohle.

	Steinkammer	Eisenkammer
Schweltemperatur . . . °C	665—690	600
Kohlendurchsatz je Tag . t	6,3	3,63
Wassergehalt der Kohle . %	2,5	2,2
Schwelkoksausbeute . . . %	73,8	75,8
Teerausbeute . . . . . %	10,9	9,3
Spezifisches Gewicht des Teers bei 15° C	1,035	1,026
Gasausbeute . . . . m³/t	194	145
Heizwert des Gases . kcal/m³	5970	6570
Spezifisches Gewicht des Gases (Luft = 1)	0,592	0,673

Aus diesen Zahlen kann man ableiten, daß die gemauerte Kammer wesentlich günstiger abschneidet gegenüber der Gußeisenkammer mit den gleichen Abmessungen. Bei dem etwas langsameren Wärmedurchgang der Steine im Vergleich zum Gußeisen und der besseren Haltbarkeit der Steine in der Wärme konnte mit einer um 60—90° C höheren Entgasungstemperatur in der gemauerten Kammer gearbeitet werden. Unter diesen Verhältnissen sind die für die Steinkammer gültigen Ausbeutezahlen als wesentlich günstiger anzusprechen, ganz besonders aber, wenn man dazu die längere Lebensdauer der Steinkammer und ihre leichtere Betriebsüberwachung in Betracht zieht.

Schrifttum: Mitteltemperaturverkokung.

E. Roser, Tieftemperaturveredlung von Steinkohlen; Brennstoff-Chemie 12 (1931) S. 86. — A. Thau, Die Steinkohlenschwelung in Gaswerksöfen; Gas- u. Wasserfach 75 (1932) S. 685. — H. Wittenhiller, Schwelen in Koksöfen; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 351. — H. Koppers, Steinkohlendestillation bei Mitteltemperatur; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 264. —, Steinkohlenveredlung und Treibstoffprobleme; Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 16 (1934) S. 33 u. 63; Koppers Mitt. 15 (1935) S. 3. — G. Lorentzen, Beiträge zur Untersuchung von Kohlen auf ihre Verkokbarkeit und zur Herstellung von Mitteltemperaturkoks; Dissert. T. H. Berlin 1933. — W. Fitz, Das Carbolux-Verfahren zur Verschwelung von Steinkohlen; Brennstoff-Chem. 16 (1935) S. 345. — W. Marcard, Zentralheizungsversuche mit Anthrakoks, dem Mitteltemperaturkoks der Zeche Barsinghausen, Hannover. Gesundh.-Ing. 59 (1936) S. 617. — A. Thau, Schwelkoksöfen; Glückauf 73 (1937) S. 281. — G. Ludwig, Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten von Anthrakoks; Arch. Wärmewirtsch. 18 (1937) S. 77.

VII. Alte und neue ausgeführte Schwefelofen-vorschläge.

In dem nachfolgenden Abschnitt sollen im Anschluß an die ersten Bände jetzt in Betrieb befindliche ältere und neuere Schwefelöfen beschrieben werden, die zwar praktisch in kleinem Maßstabe oder auch als einmalige Betriebsanlagen versucht worden sind, die jedoch nicht in den Großbetrieb eingeführt wurden oder deren Einführung noch aussteht. Die einzelnen Verfahren sollen möglichst durch ihre besonderen Merkmale in knapper Umrissen gekennzeichnet werden, während für ausführlichere Angaben auf das jeweils angegebene Schrifttum verwiesen werden muß. Mit der Einreihung in diesen Abschnitt soll nicht gesagt

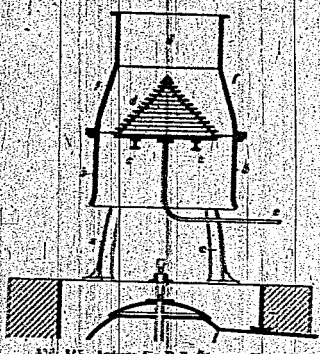


Abb. 145. Antaura für Kies-Öfen zur Verarbeitung der Kohle nach Rambler.

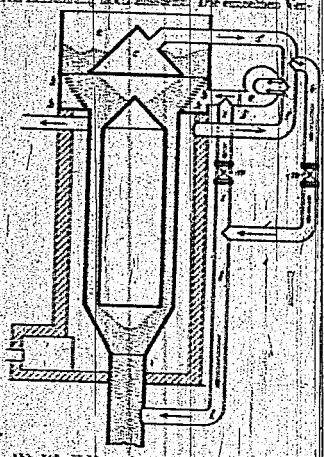


Abb. 146. Kühlungsvorrichtung für Kies-Öfen von Lunsberg.

sein, daß die betreffenden Verfahren, schon es sich dabei nicht bezüglich um geschützte Daten handelt, in jedem Falle aussichtsreich sind, sondern es würde bei dieser Gruppierung nur der Umstand berücksichtigt, daß eine Einführung des betreffenden Verfahrens in den Großbetrieb bisher nicht erfolgt ist.

Einige Verfahren, die bereits in ersten Bande angeführt sind, haben inzwischen ihren Namen geändert und brauchen daher hier nicht besonders berücksichtigt zu werden. Es sind dies das Holzapfy — früher Zapfenhoff — Verfahren sowie das Schmidt, früher L. & N.-Verfahren von Nielsen[1]. Bei letzterem verwendet man jetzt anstatt des normalen Druckes einen

[1] — S. 774. [1] 1. S. 363.

Bündelrohrdrehofen mit Spülgasdurchgang, wie er früher mit Außenbeheizung von Fellner & Ziegler[1]) angegeben wurde.

Bei der Zusammenstellung der einzelnen Verfahren wird eine Reihenfolge gewählt, in der zuerst die Braun- und dann die Steinkohlenöfen angeführt sind, wobei beide Gruppen wiederum in der Ordnung Öfen mit Außenbeheizung und danach Spülgasöfen erscheinen. Diese Gliederung kann jedoch nur unvollkommen eingehalten werden, weil einige Verfahren von vornherein für beide Kohlenarten entwickelt worden sind und andere neben einer mittelbaren Wärmeübertragung gleichzeitig die Spülgasschwelung anwenden und weitere Verfahren während der Drucklegung nachgetragen wurden.

1. Rolle-Ofen von Ramdohr.

Bereits im Jahre 1878 befaßte sich der Begründer der Spülgasschwelung Ludwig Ramdohr[2]) mit der Vortrocknung der Braunkohle und errichtete auf der Ofendecke unmittelbar neben jedem Ofenzylinder einen Trockner gemäß der Abb. 145, bestehend aus den Füßen *a*, Zylinder *b*, Auflager *c*, Hut *d* aus gelochtem Blech, Dampfzuleitung *e*, konischem Zylinder *f* und dem zylindrischen Kopf *g*. Die Trocknung wurde mittels direkten Dampfes durchgeführt.

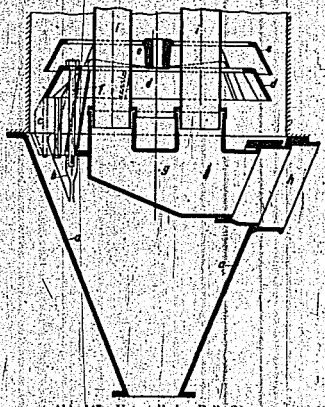


Abb. 147. Unterteil des Rolle-Ofens von Prieser.

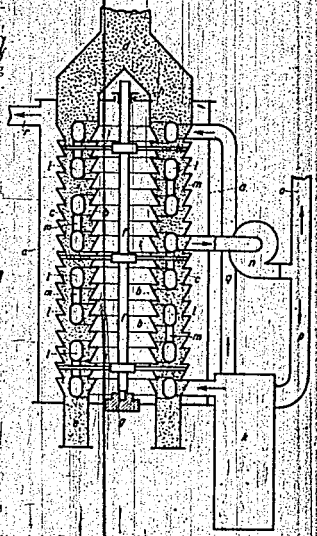


Abb. 148. Braunkohlenschwelofen von Tillmetz und Schumacher.

2. Rolle-Ofen von Landsberg.

In neuerer Zeit machte F. Landsberg[3]) Versuche, den Oberteil des Rolle-Ofens gemäß der in der Abb. 140 wiedergegebenen schematischen Skizze als Trockner auszubilden. Die Einrichtung besteht aus dem Füllrumpf *a*, Ringtreppenrost *b*, Blechmantel *c*, Absaugrohr *d*, Ventilator *e*,

[1]) I. S. 367.
[2]) Braunkohle 29 (1930) S. 131. DRP. 6313.
[3]) Braunkohle 29 (1930) S. 131.

Rohrabzweig *f*, Druckleitung *g*, Ringkammer *h* und Leitungen *i*, *k*, *l*, um die Wrasen im Unterteil des Ofens zur Koskühlung verwenden zu können, wobei die Einstellung durch die Schieber *m* bewirkt wird.

3. Rolle-Ofen von Frieser.

R. Frieser[1]) hat einen neuen Einsatz an Stelle der Topfglocke des Rolle-Ofens erfolgreich eingeführt, und infolge des dadurch geschaffenen größeren Rauminhaltes des Konus wird die Schwelkoksbeschaffenheit sichtlich verbessert. In der Abb. 147 ist der Konus mit *a* bezeichnet. Auf den angegossenen Knaggen *b* ruht mit Füßen *c* die Tragglocke *d* und darüber die Kreuzglocke *e*. Unter der Tragglocke *d* ist, von Bolzen gehalten, das Stiefelrohr *g* eingebaut, das im Stutzen *h* aufgedichtet und die Gasabzugrohre *i* aufnimmt. Die Einrichtung hat sich beim Durchsatz von Rohbraunkohle bestens bewährt.

4. Rolle-Ofen der Werschen-Weißenfelser Braunkohlen A.G.

Die Werschen-Weißenfelser Braunkohlen A. G. in Halle versuchte die Leistung des Rolle-Ofens[2]) dadurch zu steigern, daß sie die Trocknung der Kohle im Ringraum des Ofens durch die Einführung von Spülgasen unterstützte. Die Spülgase werden durch den unteren Gasabgang eingeführt und in den Glockenraum der Trockenzone geleitet, aus dem sie ins Freie oder auch in den oberen Heizzug des Ofens zum Schornstein entweichen.

Eine weitere, bei der gleichen Gesellschaft entwickelte Maßnahme[3]) besteht sich auf senkrechte Zahnleisten, die zwischen Glockenrand und Zylinderwand den Schwelraum unterteilen. Außerdem wird neben anderen unwesentlichen Ergänzungen unmittelbar über der Topfglocke ein drehbarer Koksabstreicher eingebaut.

Bei einem anderen Rolle-Ofen der genannten Gesellschaft wurden an der Innenseite der Glocken, also im Gassammelraum in kurzen Abständen von einander Isolierplatten[4]) befestigt, die eine nachträgliche Zersetzung der Dämpfe verhindern und die Teerausbeute verbessern sollen.

5. Rolle-Ofen von Tillmetz und Schumacher.

Tillmetz und Schumacher[5]) entwarfen auf der Grundlage von Rölle den in der Abb. 148 wiedergegebenen Ofen, bestehend aus dem Eisenzylinder *a*, den Glockenreihen *b* und *c*, Fülltrichter *d*, Austrag *e*, Spindel *f*, Fußlager *g*, Stopfbüchse *h*, Rührarme *i*, Brennkammer *k*, Rohrschlangen *l*, Übertrittstutzen *m*, Ventilator *n*, Abblasrohr *o*, Rückleitung *p* und Druckleitung *q*. Die Trocknung der Kohle im Oberteil des Ofens erfolgt im Gleichstrom, wobei die Heizgase von oben nach unten geleitet werden.

6. Rolle-Ofen von Hobson.

Hobson[6]) entwickelte in Amerika, vom Rölle-Ofen ausgehend, die in der Abb. 149 wiedergegebene Schwelofenbauart, bestehend aus dem Zugmantel *a*, Schwelzylinder *b*, Verfeuerung *c*, Stoßwände *d*, Fuchs *e*, Schwelboden *f*, Schurre *g*, Auskragung *h*, Ringkanal *i*, Absaugleitung *k*, Kettenförderer *l*, Glockeneinbau *m*, Zwischendeckel *n*, Gasabgängen *o* und *p*. Auf dem Schwelboden *f* ruht der Ständer *q* mit den Hebelarmen *r* und *s*, die durch die Antriebskette *t* beeinflußt werden. Der Glockeneinbau hängt durch Gestänge *u* an dem Ring *v*, so daß er mit Hilfe der Hebelarme *r* und *s* leicht bewegt werden kann. Im Schwelraum hängen, in die Beschickung eingebettet, Ketten *w*, die mit dem Glockeneinbau gehoben und gesenkt werden.

7. Rolle-Ofen von Hobson und Cater.

Hobson und Cater[7]) entwickelten den in der Abb. 150 wiedergegebenen Schwelofen, der ebenfalls als Rolle-Ofen bezeichnet werden kann. Die Buchstaben bezeichnen: *a* die Brennkammer, *b* den Mittelzylinder, *c* die Schwelglocken, *d* das Abgangsrohr, *e* einen Schornstein, *f* ein Abzweigrohr, *g* einen eingemauerten Ring, *h* einen Aufsatz, *i* ein Seilgehänge, *k* einen Ab-

[1]) Braunkohle 29 (1930) S. 133.
[2]) DRP. 451654 (gelöscht).
[3]) DRP. 540882 (gelöscht).
[4]) DRP. 526384 (gelöscht).
[5]) DRP. 488075.
[6]) Braunkohle 29 (1930) S. 133.
[7]) Braunkohle 29 (1930) S. 149.

triebsdampfzylinder, *l* das Schüttelwerk mit Tragsäulen *m*, *n* einen Doppelzylinder, *o* Spiralzüge, *p* Zutrittskanal, *q* einen zweiten Schornstein, *r* Verbindungsrohr, *s* den Außenmantel, *t* den Schwelgassammelraum, *u* den Absaugeanschluß, *v* einen Kühler und *w* Verbindungsstücke als Halt für den Eisenzylinder.

8. Schwelofen mit Zickzackretorte.

Széki und Albel[1]) haben den in der Abb. 151 dargestellten Schwelofen angegeben, und auf der gleichen Grundlage erbaute Braunkohlenschwelöfen waren einige Zeit im mitteldeutschen Braunkohlenrevier in Betrieb. Der Ofen hat ein im Querschnitt fast quadratisches Gehäuse *a*, in das die Zickzackretorte *b* von rechteckigem Querschnitt mit innen abgerundeten Ecken eingebaut ist. Der Kohlendurchgang wird eingestellt durch den Schieber *c* unmittelbar hinter dem Kohlenbehälter *d*, während der Koks durch das Zellenrad *e* ausgetragen wird. Die Beheizung erfolgt durch den Gasbrenner *f* bei Umleitung der Gase durch die

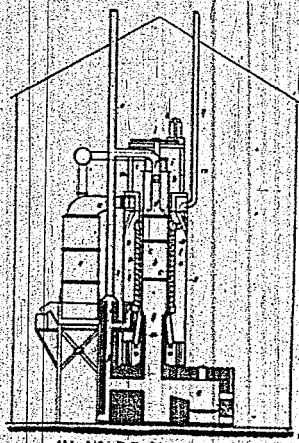


Abb. 149. Rolle-Ofen von Hobson.

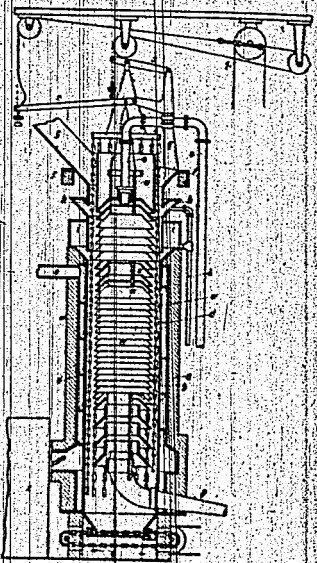


Abb. 150. Rolle-Ofen von Hobson und Carey.

keilförmigen Stoßbauern *g*. Die Gasabgänge *h* an jedem Retortenknie münden in die Saugleitungen *i*, und die Verbrennungsgase entweichen durch den Schornstein *k*. Da die Kohle beim Durchgang durch die Retorte ihre physikalische Beschaffenheit dauernd ändert, müßte auch eine diesem Umstand Rechnung tragende Neigung jedes Retortenteiles vorgesehen sein, um eine gleichmäßig dicke Kohlenschicht durch den ganzen Ofen beizubehalten, was nicht durchführbar ist.

9. Schwelofen der Elektrowerke A. G.

Während der Jahre 1927—1930 entwickelten die Elektrowerke A. G. auf dem Kraftwerk Zschornewitz einen Schwelofen[2]), der in den Abb. 152—154 in schematischen Schnitten dar-

[1]) Braunkohle 29 (1930) S. 151.
[2]) DRP. 503515.

gestellt ist, die die Grundlagen der Bauart erkennen lassen. Die Inneneinrichtung dieses Ofens erinnert in gewisser Beziehung an den Spülgasschwelofen mit dachartigen Einsätzen von Drawe[1].

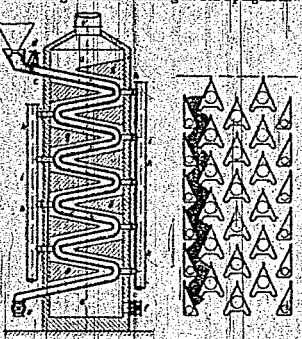


Abb. 151. Retortenschwelofen von Szécsi und Abel.

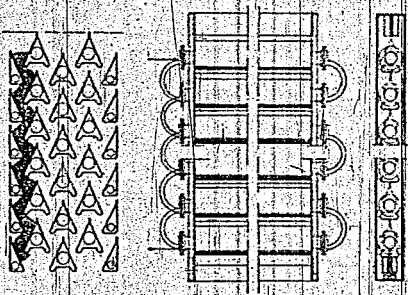


Abb. 152—154. Ausschnitte aus dem Schwelofen der Elektrowerke A. G.

Im vorliegenden Falle wurde aber die Trocknung und Vorwärmung der Kohle durch mittelbare Wärmeübertragung bewirkt. Die einzelnen Heizkörper mit dreieckigem Querschnitt bilden hier nicht Dächer, die unten offen sind, wie bei dem Schwelofen von Drawe, sondern sie sind, wie aus den Abb. 152 und 153 hervorgeht, allseitig geschlossen und für den Durchgang des Heizdampfes bzw. Kondensates durch Doppelrohrkrümmer untereinander geschaltet. Diese Heizkörper dienen, wie bereits erwähnt, zur Trocknung und Vorwärmung der Kohle, während im unteren Teil des Ofens in Heizkörpern gleicher Bauart die Schwelung durch heiße Gase bewirkt wird, die in gleicher Weise wie der Heizdampf, nur mit entsprechend höherer Temperatur die Heizkörper durchstreichen und durch einen Schornstein abgeführt werden.

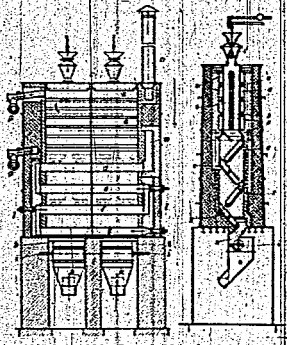


Abb. 155 u. 156. Braunkohlenschwelofen von Krosjva im Längs- und Querschnitt.

Es war auch vorgesehen, anstatt Heizdampf heiße Gase für die Trocknung im Gleichstrom mit dem Kohlendurchsatz zu verwenden, die dann anschließend, auf entsprechende Temperaturen eingestellt für die Schwelung benutzt werden konnten. Der Ofen besaß außer den geschlossenen Heizkörpern für Trocknung und Schwelung auch noch Einrichtungen, um beide Vorgänge durch Spülverfahren zu unterstützen. Für die Trocknung wurde dazu die Warmluft aus dem Kokskühler benutzt, für die Schwelung die gleichen Heizgase wie für die Innenheizung der Schwelheizkörper. — Der Versuchsofen hatte eine Höhe von etwa 21 m und setzte bei einem Querschnitt von 3 m² täglich rd. 30 t abgesiebte

[1] Braunkohle 29 (1930) S. 152.

Braunkohle in der Korngröße 0—30 mm durch. Der Weg der Kohle durch den Ofen ist in der Abb. 152 angedeutet; die erkennen läßt, daß die Kohle beim Absinken gezwungen ist, ihre Richtung dauernd zu ändern, so daß immer andere Kohleteile an mit den beheizten Flächen der Einsätze in Berührung kommen.

Der Ofen wurde zur Betriebsreife entwickelt und der erzeugte Schwelkoks als Brennstoff im Kraftwerk verfeuert. Durch die inzwischen eingeführten Spülgasschwelöfen mit hohem Durchsatz wurde die Bauart als überholt angesehen und nicht weiter eingeführt. Immerhin bietet die Einrichtung dieses Schwelofens bemerkenswerte Einzelheiten, die es verdienen, hier festgehalten zu werden.

10. Schrägherdschwelofen für Braunkohle.

Der in der Abb. 155 im Längs- und in Abb. 156 als senkrechter Querschnitt wiedergegebene Schwelofen von Krupa[1]) ist gekennzeichnet durch die Züge *a* im eisernen Oberteil *b*, der durch die Fülltrichterschleusen *c* beschickt wird. Die Kohle gleitet über die beheizten Schrägherde *d*, *e*, *f* und *g* in einer Dicke von 4 cm und fällt dann in den Koksaustrag *h* mit Zellenrad *i*

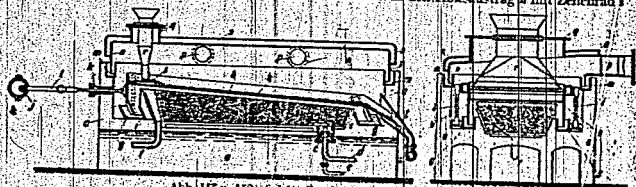


Abb. 157 u. 158. Schüttherdschwelofen von Bartling.

und Abzugstrichter *k*. Die Beheizung erfolgt durch Gasbrenner *l*, und die Verbrennungsgase treten durch den Kanal *m* und entweichen schließlich in den Schornstein *n*. Die entbundenen Schwelgase treten durch die hohle mit Öffnungen versehene Mittelwand *o* in die Absaugrohre *p*.

11. Schüttelherdschwelofen zur Dünnschichtschwelung.

Als Bartling[2]) seinen Ringtellerschwelofen für große Durchsatzleistungen entwerfen wollte, ergaben sich Ausmaße, die eine praktische Durchführbarkeit bezweifeln ließen, und um die bewährte Dünnschichtschwelung beizubehalten, entwickelte er den in Abb. 157 im Längsschnitt als senkrechter Querschnitt und in Abb. 158 wiedergegebenen Schüttelherdschwelofen[3]). Die ebenso einfache wie leistungsfähige Bauart ist durch den Tod von Bartling nicht über eine Versuchseinheit hinausgekommen. Der Unterbau nimmt das mit Quarzbrocken gefüllte Feuerbett *b* auf, das von dem Gasbrenner *c* mit Gasleitung *d* und Druckluftleitung *e* beheizt wird. Die Verbrennungsgase entweichen durch *f*. In einer Sandtasse abdichtend, liegt die Herdplatte *h* an Schwingen *i* aufgehängt und wird durch Exzenter von der Welle *j* und der in der Stopfbüchse *k* abdichtenden Zugstange *l* angetrieben. In der äußeren Sandtasse *m* dichtet die Haube *n* ab, die mit dem Mantel *o* umgeben ist. Das Gas wird durch die Anschlüsse *p* abgesaugt, während die Kohle durch den Hals *q* eintritt als Verlängerung des Kohlentrichters *r*. Der Teil *s* des Herdes ist in der Höhe verstellbar, um die Kohlenzufuhr zu regeln. Der Koks wird in die Schurre *t* abgeworfen und fällt in die Förderrinne *u*.

12. Tunnelschwelofen von J. Pintsch K. G.

Auf dem Reichsbahnkraftwerk Muldenstein bei Bitterfeld erbaute die Jul. Pintsch K. G.[4]) einen Tunnelofen zum Durchsatz von täglich 100 t Braunkohle. Die Anlage ist in der Abb. 159 dargestellt, während die Abb. 160 einen der durch den Tunnelofen fahrenden Schwelwagen zeigt.

[1]) Braunkohle 29 (1930) S. 150.
[2]) I. S. 680.
[3]) Braunkohle 29 (1930) S. 155; 30 (1931) S. 348.
[4]) Braunkohle 29 (1930) S. 900.

Die grob gemahlene Rohkohle gelangt in einen Hochbehälter, aus dem sie einem mit Brennstaub beheizten Feuergas-Trommeltrockner und aus diesem, auf etwa 12% Wassergehalt vorgetrocknet, dem Vorratsbehälter des Ofens zugeführt wird. Der Ofen selbst besteht aus einem 60 m langen gemauerten Kanal mit Ein- und Ausfahrtschleuse am Ende. Die vorgetrocknete Kohle wird in Taschen aus dünnem Blech gefüllt, die 30—60 mm breit, ein oben und unten offenes Gestell bilden, das auf der Schamotteplatte eines Wagens steht. Zwischen diesen Reihen von Taschen ziehen die Spülgase hindurch, so daß die Kohle größtenteils mittelbar erwärmt wird. Die Temperatureinstellung der Spülgase erfolgt so, daß der mit einem Wagenzug vollkommen besetzte Ofen der Länge nach in eine Schwel- und Kokskühlzone unterteilt ist. Der Betrieb entspricht dem der bekannten Tunnel- oder Kanalöfen, wie sie für die verschiedensten Zwecke, insbesondere in der keramischen Industrie, weite Verbreitung gefunden haben. Der am Austragende jeweils ausgeschleuste Wagen wird in der Weise entleert, daß das Taschengestell abgehoben und der auf der Schamotteplatte verbleibende Koks, dessen Temperatur bei 60—80°C liegt, abgeräumt wird.

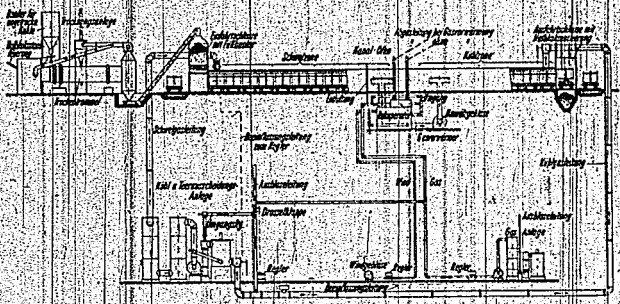


Abb. 150. Umlaufbild der Pintsch-Tunnelofenschwelanlage in Muldenstein.

Die aus dem Ofen abgesaugten, mit Teerdämpfen beladenen Gase werden in einer Kühl- und Waschanlage entteert und dann durch die Kühlzone des Ofens gedrückt, in der sie die fühlbare Wärme des Kokses aufnehmen. Sie werden dann in einem Rekuperator auf die richtige Temperatur aufgeheizt und durchströmen die Schwelzone des Kanalofens, womit der Gaskreislauf des Verfahrens geschlossen ist.

13. Braunkohlenspülgas-Schwelverfahren von Trumble.

Um Braunkohle unter erhöhtem Gasdruck im Spülgasstrom zu schwelen, hat Trumble[1] das in der Abb. 151 wiedergegebene Verfahren entwickelt. Die Kohle wird durch die Hängebahn *a* in den Fülltrichter *b* geschüttet und in den Vorwärmer *c* überführt, um danach in der Schweler *d* zu gelangen. Der als Spülgas dienende Wasserdampf wird im Ofen *e* überhitzt, während die Abgase der Feuerung den Teervorwärmer *f* durchströmen, ehe sie durch den Schornstein *g* entweichen oder durch Anschlüsse mit Schiebern auch an den Vorwärmer *c* angeschlossen sind. Der ausgetragene Koks fällt auf die Fördervorrichtung *i*. Die den Schweler verlassenden Dämpfe werden in dem Scheider *k* von Öl befreit. Die Schwelung erfolgt unter einem Gasdruck von 10 at.

14. Reichgaserzeuger und Schwelverfahren für Braunkohle von Dr. K. Bube.

Ein sehr bemerkenswertes Verfahren, um Braunkohle zu schwelen und gleichzeitig ein als Stadtgas verwendbares Gas zu erzeugen, hat Dr. K. Bube[2]) entwickelt. Die Einrichtung ist

[1]) Braunkohle 29 (1930) S. 152. [2]) DRP. 540554 u. 566315.

in zwei zueinander gelegten senkrechten Schnitten in den Abb. 162 und 163 schematisch dargestellt. Sie besteht aus dem Schwelschacht *a*, dem die auf 15—18% Wassergehalt vorgetrocknete Braunkohle aus dem Vorratsbehälter *b* durch die Förderschnecke *c* in genau eingestellter Menge zugeführt wird. Der erhöht angeordneten mit Unterwind betriebenen Pilzrostfeuerung *d* fließt aus dem Hochbehälter *e* feinkörniger Braunkohlenschwelkoks in genau einstellbaren Mengen durch ein Zellenrad zu, und aus der Feuerung tritt der glühende Koks von der durchströmenden Verbrennungsluft bewegt in die Zwischenkammer *f*, aus der die aus Kohlendioxyd und Stickstoff

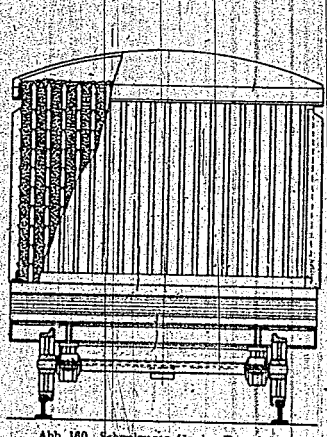


Abb. 160. Schwelwagen für den Tunnelofen von Pintsch im Seitenriß.

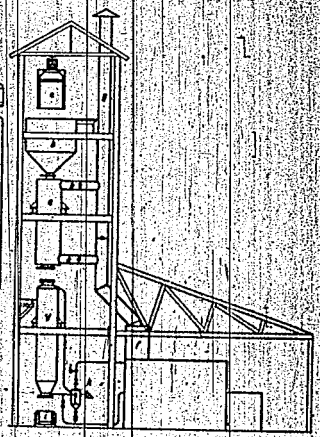


Abb. 161. Spülgas-Druckschwelverfahren von Trumble.

bestehenden Gase durch den Schornstein *g* entweichen. Zwischen der Kammer *f* und dem Schacht *a* ist in den engen Verbindungshals ein durch Kurbelantrieb mit verstellbarem Hub betätigter Schieber *h* eingebaut, der entsprechend seiner Bewegung bei jedem Hub eine gewisse Menge glühenden Kokses ausfallen läßt, die zusammen mit der das Ende der Schnecke *c* verlassenden Braunkohle in den Schacht *a* fällt, auf ihrem Fallwege sich jedoch schon durch die eingebauten Stoßplatten *i* innig miteinander mischen. Der Schacht *a* hat unten trichterförmige Glockeneinsätze *k*, die sich stark verjüngen, und das unterste Ende mündet in die Koksaustragschnecke *l*. Durch die Leitungen *m* besteht die Möglichkeit, Wasserdampf einzublasen, der in chemischer Hinsicht durch Wassergasbildung die Gasbeschaffenheit beeinflußt, daneben auch eine mechanische Wirkung ausübt, um eine Brückenbildung in dem Trichtereinsatz *k* zu vermeiden. Das im Schacht *a* entbundene Gas wird durch den Rohranschluß *n* abgesaugt und in der üblichen Weise entstaubt, entteert und gereinigt. Der durch die Schnecke *l* ausgetragene Koks wird hochgefördert und gelangt in den Koksbehälter *e*, während der entstehende Überschuß abgesetzt oder anderweitig verbraucht wird. Die durch die Verbrennung in der Feuerung *d* gebildeten Aschenteile entweichen als Flugasche durch den Schornstein *g*, während gröbere, mit dem Koks vermischte Aschenanteile beim Löschen des Überschußkokses leicht abgeschieden werden. Unter Verzicht auf eine Teergewinnung kann bei gleichzeitiger Herabsetzung des Gasheizwertes der Schacht *a* bei Luftzuführung auch als Gaserzeuger betrieben werden. Das Verfahren bietet den besonderen Vorteil, daß sein Wärmebedarf durch die Verbrennung des an-

fallenden Feinkokses bestritten wird und die gesamte Gasmenge mit einstellbarem Heizwert zur Verfügung steht. Der Schwelung der Kohle unter Ausnutzung der fühlbaren Wärme von Schwelkoks durch unmittelbare Berührung wird in neuerer Zeit auch bei der Steinkohle Aufmerksamkeit geschenkt, wie das auf S. 86 angeführte Schwelverfahren von Morgan zeigt.

fallenden Feinkokses bestritten wird und die gesamte Gasmenge mit einstellbarem Heizwert zur Verfügung steht. Der Schwelung der Kohle unter Ausnutzung der fühlbaren Wärme von Schwelkoks durch unmittelbare Berührung wird in neuerer Zeit auch bei der Steinkohle Aufmerksamkeit geschenkt, wie das auf S. 86 angeführte Schwelverfahren von Morgan zeigt.

Betriebsergebnisse auf 24 h bezogen.

Versuch	I	II	III
Durchsatz an Braunkohle mit 10% Wasser t	2,3	2,20	2,28
Umgewälzte Grudekoksmenge t	12,4	13,8	14,5
Davon zur Deckung des Wärmebedarfs zugesetzt t	0,8	0,9	0,86
Gaserzeugung bei 15° 760 mm[1]) Nm³	1230	1200	1565
Oberer Heizwert des Gases (15° 760 mm) kcal	4100	4400	3950
Gaserzeugung je t Durchsatzkohle (15° 760 mm) Nm³	535	531	687

Abgasmenge	10000 Nm³
Abgastemperatur	1100—1120° C
Oberer Heizwert des Abgases	640 kcal/Nm³
Leichtölgehalt des Gases (A-Kohlebestimmung)	45,8 g/Nm³
Ammoniak im Gase	3 g/Nm³
Temperatur des ausgetragenen Kokses	500—650° C
Temperatur des in den Schacht fließenden Kokses	1000—1050° C
Zeitlich im Umlauf befindliche Koksmenge	400—450 kg
Aschengehalt der Kohle	10%
Aschengehalt des Kokses	18%
Aschengehalt des Umlaufkokses	33%
Heizwert des 6% Wasser enthaltenden Grudekokses	6260 kcal

Aschenbilanz.

Eingebracht als Kohle und Koks	625 kg Asche	
Davon in der vom Rost entfernten Schlacke	195 „ =	31,2%
Davon im Flugkoks der Abgase	383 „ =	61,3%
Davon als Flugkoks im Reichgas (aus dem Staubscheider)	22 „	
Davon im Flugkoks des Reichgases (aus dem Wascher)	25 „ =	7,5%
	625 kg =	100,0%

Aschengehalt des im Staubscheider gefundenen Koksstaubes 38%

Aschengehalt des im Wascher gefundenen Koksstaubes 10%

[1]) Bei Versuch III starke Wasserdampfzugabe im Schacht.

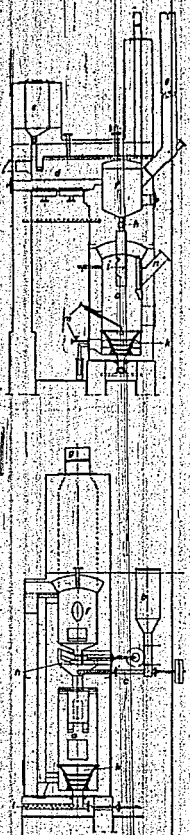


Abb. 162 u. 163. Schwelofen und Starkgaserzeuger für Braunkohle von K. Buhr.

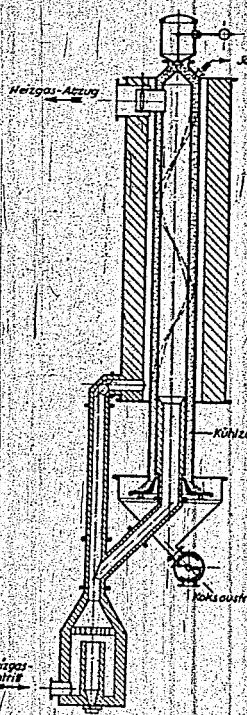


Abb. 164. Spiralringretorten-Schwelofen von Delkeskamp.

Gasanalysen.

		Reichgas	Abgas
Kohlenoxyd	%	20,8	6,4
Schwere Kohlenwasserstoffe	%	7,5	0,0
Sauerstoff	%	0,4	0,4
Kohlendioxyd	%	29,8	14,2
Wasserstoff	%	10,2	4,3
Methan	%	18,5	1,5
Stickstoff	%	13,1	73,2
Oberer Heizwert kcal	Nm³	14640	694
Schwefelwasserstoff im Reichgas	%	2,2—2,4	

15. Ringschwelofen mit Spiralkammern und Außenbeheizung von Delkeskamp.

Der in der Abb. 164 im Schnitt wiedergegebene Ofen von Delkeskamp ist wiederholt erbaut worden. Da diese Bauart gegenüber der auf S. 60 bereits angeführten Spülgasschwelofens, inzwischen verlassen wurde, soll sie nur mit wenigen Worten gekennzeichnet werden. Der Ofen[1]) besteht aus zwei ineinander gesteckten Eisenzylindern, die durch schraubenartig gewundene Querbleche so miteinander verbunden sind, daß die Beschickung ebenfalls einen schraubenförmigen und dadurch verlängerten Weg von oben nach unten zu nehmen gezwungen ist. Der Eisenzylinder ist von einem ebenfalls in einen Blechmantel eingebundenen, gemauerten Schacht umgeben, aus dem er unten ein Stück herausragt, um eine Kühlzone für den Schwelkoks zu schaffen, während sich ganz am unteren Ende die mechanische Koksaustragvorrichtung mit Teller und Zellenschleuse befindet.

Die Beheizung des Ofens erfolgt sowohl von innen als auch außerhalb des Eisenzylinders. Ganz unten in der Abb. 164 erkennt man eine Brennkammer mit zwei Abgängen für die Verbrennungsgase, von denen einer durch die Ofenmitte, der andere außen um den Ofen führt. Die Gase werden oben durch den Stutzen abgesaugt. Beschickungseinrichtung und Schwelgasabzug sind in der Abb. 164 oben am Ofen ebenfalls erkenntlich.

Einen grundsätzlich gleich eingerichteten Schwelofen hatte Delkeskamp für den Durchsatz empfindlicher Preßlinge entwickelt, die in einen Koksstaub eingebettet, die Spiralzellen durchwandern und nach dem Austrag auf einem Sieb von dem wieder zurückgeführten Koksstaub getrennt werden. Diese, von der Abb. 164 nur unwesentlich abweichende Bauart[2]) soll hier unter Hinweis auf das Schrifttum übergangen werden.

[1]) Berichtheft: Heimische Treibstoffe, Nürnberg 1936, S. 38.
[2]) Berichtheft: Heimische Treibstoffe, Nürnberg 1936, S. 37.

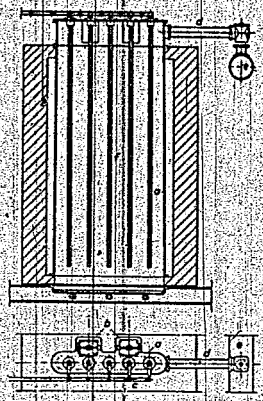


Abb. 165—167. Senkrechter Kammerschwelofen von Hird in zwei Schnitten und Draufsicht.

16. Kammerschwelofen von Hird.

Der in den Abb. 165—167 in zwei Schnitten und Draufsicht wiedergegebene Kammerofen von Hird[1], wurde auf dem Richmond-Gaswerk in England erbaut. In die aus kalt erblasenem Eisen gegossenen Kammern *a*, die durch die Öffnungen *b* beschickt werden, sind senkrechte Stocher eingebaut, die durch die Zugstange *e* in drehende Bewegung gesetzt werden. Das Abgangsrohr *d* ist mit der Vorlage *g* verbunden. Die Stocher *f* sollen einen Gasabzug nach der Mitte ermöglichen. Der Schwelkoks wird durch Öffnen der Bodentür in, eine in den Abbildungen nicht berücksichtigte Kühlkammer abgezogen.

17. Schwelofen von Boson.

Der in den Abb. 168 und 169 wiedergegebene Schwelofen von Boson[2] wurde in Frankreich in sechs Einheiten erbaut. Jeder Ofen besteht aus einer Doppelretorte, in deren Mitten je eine angetriebene Welle mit Rührflügeln verlegt ist.

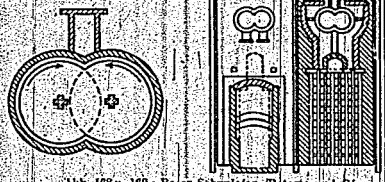


Abb. 168 u. 169. Boson-Schwelofen, Retorte und Ofen.

Das Schwelgas wird oben abgesaugt, während das Unterteil des Ofens den Wärmespeicher für die Beheizung aufnimmt. Die Retorten sind 7 m lang und 2,9 m breit, die ganze Ofenhöhe beträgt 6,3 m. Die Einrichtung erinnert stark an die in Verbindung mit dem amerikanischen Carbocoal-Verfahren[3] verwandten Schwelöfen, die vollkommen versagt haben.

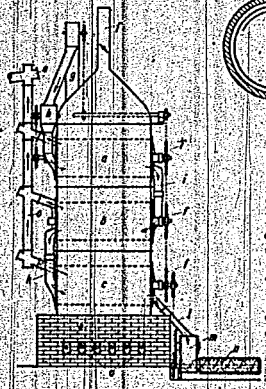


Abb. 170.
Braunkohlenschwelöfen von Bonnevie.

18. Mehrkammerschwelofen von Bonnevie.

In Frankreich entwickelte Bonnevie[4] den in der Abb. 170 wiedergegebenen, aus drei übereinanderliegenden zylindrischen Kammern *a*, *b* und *c* be-

[1] Roberts & Jenkner, International Coal Carbonisation, S. 210. London 1934.
[2] Feuerungstechn. 17 (1929) S. 141.
[3] I. S. 209.
[4] Braunkohle 29 (1930) S. 151.

stehenden Schwelöfen, wobei die Kohle durch mechanisch angetriebene Flügel fortbewegt und durchgeführt wird, so daß sie in die nächst tiefere Kammer gelangt. Die Beheizung erfolgt durch die Gasbrenner *d* mit Hilfe der Verbrennungskammer *e*. Die Flügelwellen erhalten Antrieb durch die Kettenräder *f*. Die Kohle wird durch das Becherwerk *g* hochgefördert und

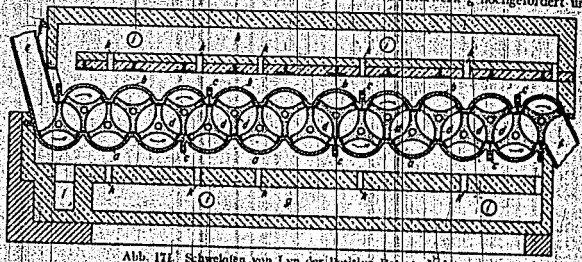


Abb. 171. Schwelofen von Lyn der Positive Retorts Ltd.

durch das Zellenrad *h* eingeschleust. Die Kammern sind durch die Übergänge *i* und *k* miteinander verbunden. Der Koks wird durch die Schurre *l*, die Schleuse *m* und die Schnecke *n* ausgetragen.

19. Rührerschwelofen von Lyn.

Dieser in England früher betriebene Schwelofen der Positive Retorts Limited[1]) erinnert stark an den Salerni[2])-Schwelofen, wie er an der Saar in mehreren Einheiten erbaut worden war. Gemäß der Abb. 171 besteht der Ofen aus zwei Reihen Gußträgen *a* und *b*, die durch Flanschen *c* verbunden sind, und in denen die Kohle durch die angetriebenen Drehkörper *f* fortbewegt und gerührt wird. Die Kohle tritt bei *d* ein, und der Koks verläßt den Ofen bei *f*. Den Verbrennungskammern *g* und *h* wird das Gas durch Brenner *i* zugeführt. Die Verbrennungsgase gelangen durch Schlitze unter und über die Retorte, und durch den Fuchs *l* entweichen sie zum Schornstein.

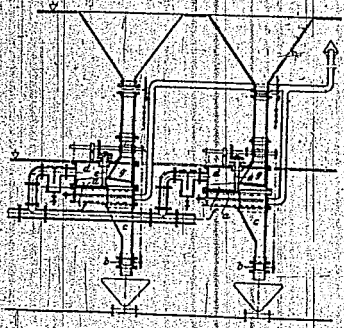


Abb. 172. Schwelofen von Wiedemann; zwei nebeneinander angeordnete Einheiten im Schnitt.

20. Tellerherdschwelofen von Wiedemann.

Der in der Abb. 172 in zwei Einheiten wiedergegebene Schwelofen von Wiedemann[3]) wurde in einer Versuchsanlage entwickelt und auf einer Braunkohlengrube in der Lausitz erbaut, ohne in Betrieb zu kommen. Er besteht aus dem ortsfesten Teller *a* mit Ausschnitt und darunter angeordneter Austragschleuse *b* an dem Schacht *c*. Die Schwelgase werden aus der Haube *d* abgesaugt. Eine senkrechte Welle *e* trägt zahlreiche Arme *f* am

[1]) Braunkohle 29 (1930) S. 153.
[2]) I. S. 443.
[3]) Öl u. Kohle 2 (1934) S. 198.

unteren Ende, und die Kohle wird durch das Mundstück *g* zugeführt. Die Kohle wird durch die Arme über den von unten beheizten Teller zum Austrag befördert.

21. Kratzbandschwelofen der Copée Co.

Die Firma Coppée [1]) in Brüssel hat den in der Abb. 173 und 174 in zwei Schnitten dargestellten Schwelofen entwickelt mit dem Zweck, hochbituminöse Steinkohlen zu schwelen, und

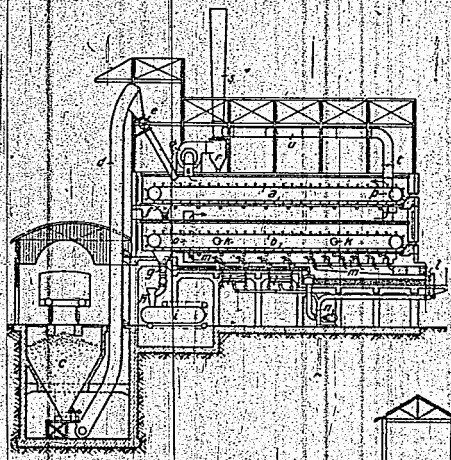


Abb. 173. Anlage der belgischen Coppée Co. für die Brikettierung bituminöser Kohle ohne Bindemittelzusatz.

zwar nur so weit, daß noch genügend Bitumen im Schwelkoks verbleibt, um diesen anschließend ohne Bindemittelzusatz brikettieren zu können.

In dem langgestreckten Ofen sind die beiden aus Stabsieben gebildeten Bänder *a* und *b* verlegt, die als Obergurt tragend und als Untergurt kratzend fördern. Die auf den Bändern angebrachten Kratzer werden über je eine aus Stahlplatten gebildete, von unten beheizte Sohle von rd. 11 m Länge und 1,8 m Breite geschleppt. Die obere dieser Sohlen scheidet den Ofen in zwei unabhängige Kammern, von denen die obere als Trockner dient. Die Kohle wird aus der Grube *c* mit Hilfe des Becherwerks *d* hochgehoben und gelangt durch die als Zellenrad ausgebildete Zugabeschleuse *e* gleichmäßig verteilt auf das Band *a* zwischen die Kratzer. Sie wird im Gegenstrom zu den als Wärmeträgern dienenden Gasen auf dem Ober-

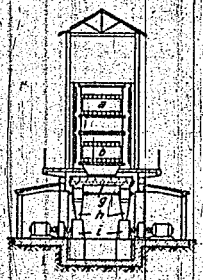


Abb. 174. Querschnitt durch den Coppée-Ofen.

[1]) Glückauf 70 (1934) S. 376.

gurt des Bandes nach der rechten Seite befördert und fällt am Ende auf die Sohlplatte, auf der die Kohle von den Kratzern fortbewegt wird, bis sie am Aufgabeende des Bandes *a* in den Trichter *f* fällt; diesen schließt am untern Ende ein Zellenrad ab, das die Kohle dem untern Band *b* zuführt. Das Gut macht hier den gleichen Weg wie im Oberteil des Ofens und wird am Ende von dem Schraubenförderer *g* aufgenommen, der die Kohle auf die beiden Trichter *h* verteilt, aus denen sie, zweckentsprechend vorgewärmt, den beiden Brikettpressen *i* durch Zellenradschleusen aufgegeben wird.

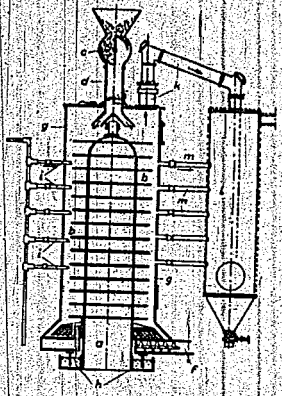


Abb. 175. Holford-Verfahren mit Spülgas- und Außenbeheizung.

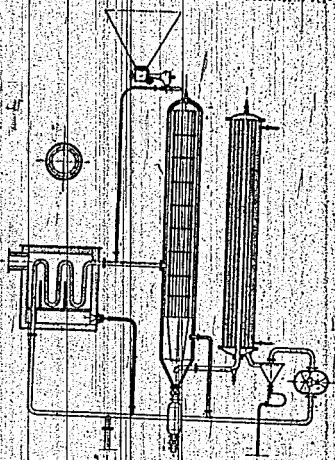


Abb. 176 u. 177. Druckschwelverfahren für Staubkohle nach Haken. Schnitt durch die Anlage und Querschnitt durch den Ofen.

Das auf der Sohle der untern Kammer aus der Kohle entbundene Gas tritt durch die Spalten des untern Förderbandstranges hindurch, der hierbei als Staubfilter wirken soll, und gelangt zu den Rohranschlüssen *k*, durch die es angesaugt und in eine Kühl- und Entteerungsanlage gedrückt wird. Das Gas strömt dann zu den Brennern *l*, die in den die untere Kammer umgebenden Verbrennungsraum *m* hineinreichen und die nötige Luft durch das kleine Gebläse *n* erhalten. Durch die Verbindung *o* treten die Verbrennungsgase unter die Sohle des obern Bandes, erhitzen sie und gelangen dann durch den Kanal *p* in die obere Kammer, in der sie, als Spülgase wirkend, im Gegenstrom zu der auf dem Obergurt des Bandes *a* lagernden Kohle von dem Ventilator *q* abgesaugt und vermischt mit der verdampften Kohlenfeuchtigkeit durch den als Staubscheider dienenden Zyklon *r* gedrückt werden, worauf sie durch den Auspuff *s* entweichen. Diesen verbindet die mit der Drosselklappe *t* versehene Umgangsleitung *u* unmittelbar mit dem Verbindungskanal *p*, so daß bei plötzlichem Stillstand des Ventilators *q* ein unmittelbarer Abzug der Gase und Dämpfe möglich ist oder auch, je nach dem Wärmebedarf der Kohle, ein Teil der Verbrennungsgase durch entsprechende Einstellung der Drosselklappe *t* auf diesem Wege durch den Auspuff *s* abgeführt werden kann. Die Kohle wird also in der untern Kammer nur durch mittelbare Wärmeübertragung erhitzt, während in der obern neben einer mittelbaren auch eine unmittelbare durch Spülgase bewirkte Trocknung und Erwärmung auf 150—200° C stattfindet. Ein Ofen mit der oben angegebenen Sohlengröße soll täglich 60 t Kohle durchsetzen.

22. Druckschwelverfahren von Holford.

Der von Holford[1]) in England entwickelte und zunächst nur als Versuch erbaute, in der Abb. 175 schematisch wiedergegebene Ofen besteht aus dem sich langsam drehenden Drucktzylin der *a*, der aus Stahlblech geschweißt und durch gespannten Wasserdampf von innen erwärmt wird. Er trägt außen eine Anzahl übereinander angeordneter gelochter Ringteller *b*, deren oberster durch die mit Zellenrad *c* versehene Fülleinrichtung *d* mit Kohle beschickt wird. Durch fest stehende, in der Abb. 175 nicht berücksichtigte Abstreifer gelangt die Kohle von Teller zu Teller, und der Koks wird am unteren Ende über eine Haube mittels der Schnecke *f* ausgetragen. Der den Ofen umgebende Mantel *g* dichtet unten in der Tasse *h* ab. Die Wärmeübertragung erfolgt neben der von dem Zylinder *a* abgegebenen Wärme durch Spüldampf, der durch die mit Regelventil versehenen Rohranschlüsse *i* zwischen je zwei Tellern *b* eingeführt wird. Die Schwelgase entweichen durch das Abgangsrohr *k* in den Vorkühler *l*, jedoch wird bei dem Verfahren besonderer Wert darauf gelegt, die Gase außerdem in verschiedener Höhe des Ofens abzuziehen und zwar durch die mit Hähnen versehenen Verbindungsrohre *m*.

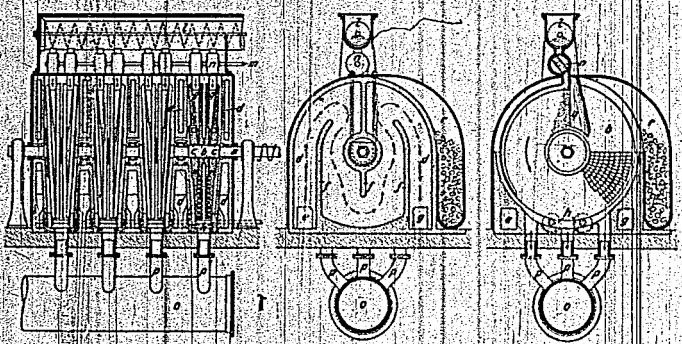


Abb. 175—180. Stetig betriebener Druckschwelofen von Termin zum Durchsatz backender Kohle.

23. Druckschwelverfahren für Staubkohle.

Von Haken entwickelte ein Verfahren, bei dem die Kohle in feinster Staubform von heißem wirbelndem Spülgas in der Schwebe bei einem Druck von 15—20 at geschwelt wird.

Gemäß der schematischen Abb. 176 wird die Kohle aus dem Vorratsbehälter mit Hilfe einer Pumpe bei gleichzeitiger Gaszugabe oben in einen stehenden, innen aufgerauhten Zylinder eingestäubt. Dieser hat einen Blecheinsatz mit zahlreichen senkrecht verlaufenden Tangentialschlitzen. In den zwischen dem Einsatz und der Zylinderinnenwand gebildeten, auch im Querschnitt der Abb. 177 erkenntlichen Ringraum wird heißes Gas mit Hilfe eines Verdichters hineingedrückt, das laminar von allen Seiten nach dem Mittelpunkt des Zylinders strömt und die oben eingestäubte Kohle innig aufwirbelt und thermisch beeinflußt. Der staubförmige Koksrückstand wird unten ausgeschleust, während die mit dem Gase fortgetragenen Oldämpfe niedergeschlagen werden. Das Gas macht also hierbei einen ständigen Kreislauf durch Erhitzer, Druckschwelzylinder, Wasserkühler und Verdichter, wobei der entstehende Überschuß durch eine Abzweigleitung fortgeführt wird. Die feine Verteilung der sehr fein gemahlenen Kohle in der Schwebe schafft eine für den Wärmeangriff günstige, sehr große Oberfläche, der die Schwelzeit stark

[1]) Coal Carbonisation 2 (1936) S. 164.

herabsetzt, während der gleichzeitig angewandte Gasdruck eine molekulare Umlagerung der Kohlenwasserstoffe im Sinne einer hohen Leichtölausbeute bewirken soll.

Eine Versuchsanlage nach diesem Verfahren ist auf einer in der Nähe von Halle gelegenen Braunkohlengrube erbaut worden. Versuche mit einer Gasflammkohle aus dem Ruhrgebiet ergaben eine Ausbeute von 18% Öl bei einer zwischen 520 und 540° C liegenden Temperatur im Schwelzylinder. Von dem erhaltenen Öl destillierten bis 170° C 24% über, woraus man ohne weiteres schließen kann, daß die Teerdämpfe gleich bei ihrer Entbindung einer durch Druck und Temperatur bewirkten molekularen Umlagerung zugunsten der Leichtölausbeute unterworfen werden. Die Einführung des Kohlenstaubes in den Ofen unter so hohem Druck sowie die Trennung des Koksstaubes von den entgasenden Ölen sind Aufgaben, die durch Versuche noch zu lösen sind.

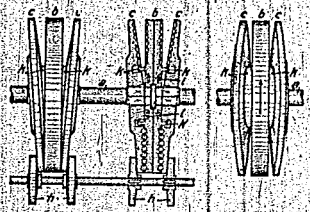


Abb. 181 u. 182. Scheibenpresse im Schwelofen von Tormin.

24. Scheibenofen von Tormin zur Druckschwelung.

Die Schwelung unter Druck zur Ausnutzung des plastischen Zustandes der Kohle für die Herstellung von Briketts hat Tormin[1]) in sinnreicher Weise in den von ihm entwickelten Schwelofenbauarten verwirklicht, die allerdings auf die Versuchsanlage beschränkt geblieben sind. Die Abb. 178—180 zeigen den Scheibenschwelofen in drei Ansichten im Längsschnitt durch die Heizkammer und durch den Schwelraum geschnitten. Die Abb. 181 und 182 zeigen den Scheibeneinbau gesondert. Auf einer Welle *a* sind die Scheiben *b* befestigt, während lose Scheiben *c* daneben seitlich unten angedrückt und oben auf gespreizt werden. Die Beheizung erfolgt durch die Züge *d*, von den Brennern *e* gelenkt durch Führungswände *f* und bei *g* zum Fuchs austretend. Die Losscheiben *c* werden durch die Andruckrollen *h* unten zusammengepreßt. Die Festscheiben *b*, aus zwei Teilen bestehend, werden durch Schrauben *i* zusammengehalten, und die vorstehenden Ringe *k* passen in Kreisrillen der Scheiben *c*. Die Kohle wird durch die Schnecke *l* zugeführt, und die Welle treibt die Zellenradschleuse *m* für die Zuteilung. Die Schwelgase gelangen in die Vorlage *o* durch die Abgangsrohre *p*. Die Preßlinge, deren Form aus der Abb. 183 erkenntlich ist, werden durch den Anschlag *q* abgehoben und fallen in die Kühlkammer *r* zur Abförderung.

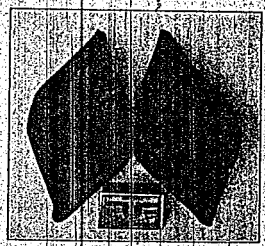


Abb. 183. Schwelkokspreßlinge aus dem Druckschwelofen von Tormin.

25. Herdofen von Tormin zur Druckschwelung.

Der Herdschwelofen von Tormin[2]) ist in Abb. 184 und 185 in zwei Schnitten wiedergegeben, bestehend aus dem dachförmigen Doppelherd *a*, beheizt von den an Gasleitungen *b* angeschlossenen Brennern *c* und Zügen *d* mit Fuchs *e*. Die Einstellung der Brenner erfolgt vom Meistergang *f* aus. In den Herd sind Vertiefungen *g* eingelassen mit Hängedecken *h* darüber. Der Herd ist durch Gewölbe *i* unterteilt, und darunter liegen die Austragschleusen *k*. Die Steigerohre sind mit *l*, die Vorlagen mit *m* bezeichnet, die Absaugleitungen mit *n*. An Zugstangen *o* sind Gußplatten *p* befestigt, die mit Hilfe der über die Seilscheiben *q* geführten Drahtseile auf die Be-

[1]) Glückauf 65 (1929) S. 1730.
[2]) Glückauf 65 (1929) S. 1732.

schickung gelegt werden. Die Kohle fällt durch den Auslauf *r* in den Ofen, und die Zugabeschieber werden von Zugstangen *s* geführt, und die Kohle gelangt auf die Schrägbrücke *t*, die sich in den Kanal *u* versenken läßt. Durch Anheben der Leisten *v* gleitet der Schwelkoks von dem Herd, der jetzt neu beschickt wird.

26. Schwelofen von Shimomura für Kokereien.

Das von dem verstorbenen Prof. K. Shimomura[1]) in Japan entwickelte Verfahren zur Schwelung von Steinkohle dient zur Ergänzung von Kokereien, um der gasreichen und stark blähenden Kohle durch Schwelung einen Teil der flüchtigen Bestandteile zu entziehen, so daß der feinkörnige Schwelkoks der Kokskohle zur Abmagerung zugesetzt werden kann, um die Koksbeschaffenheit zu verbessern, wie dies bei uns auf der Kokerei Heinitz im Saargebiet früher durchgeführt wurde. Die gleichen Wege beschritt Shimomura bereits im Jahre 1898, als die bis dahin zur Abmagerung dienende Anthrazitkohle in Japan nicht mehr zu beschaffen war.

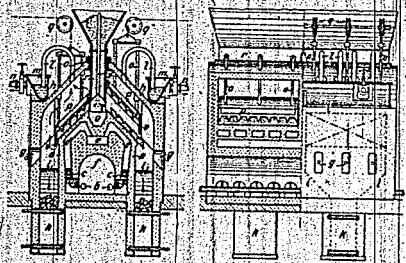


Abb. 184 u. 185. Unterbrochen betriebener Druckschwelofen von Tormin zum Durchsatz backender Kohle.

Die zur Vorbehandlung der Kokskohle dienende Schwelanlage[2]) ist in den Abb. 180 und 187 in Schnitten schematisch wiedergegeben. Die Kohlenbeschickung erfolgt durch den Trichter *a*, aus dem sie in die offene, von unten beheizte und als Trockner dienende Förderschnecke *b* fällt. Durch das Zellenrad *c* und den Schneckenförderer *d* gelangt die Kohle in die beiden Schwelretorten *e*. Die in der Mittelachse jeder Retorte verlagerte, mit Rühr- und Förderflügeln besetzte Welle *f* sorgt sowohl für die Förderung als auch für die ständige Durchmischung der Kohle. Diese Wellen sind der Länge nach durchbohrt und werden durch Wasser gekühlt, was in Abb. 186 die Rohranschlüsse *g* andeuten. Die Schwelretorten haben eine lichte Weite von etwa 600 mm und rd. 3,7 m Länge. Mit einer Umlaufzahl den Rührwelle von 130—150 je min leistet ein solcher Ofen 7,8 t Kohle täglich, wobei eine Schwelteperatur von 400—600° C den Gehalt an flüchtigen Bestandteilen in der Kohle auf 15—20% herabsetzt. Die abgeschwelte Kohle fällt aus den beiden Schwelretorten in den Schraubenförderer *h*, der, im rechten Winkel nach unten gebogen, in die mechanisch angetriebene Schüssel *i* endet. Aus ihr wird der Schwelkoks durch einen Abstreicher entfernt, ähnlich wie die Asche aus einem Drehrostgaserzeuger. Der Antrieb des Trockners ist durch *k*, der der Schwelretortenrührer durch *l* angedeutet. Der die Retorten umgebende gemauerte Schwelofen *m* wird durch Gas beheizt, und die Verbrennungsgase entweichen durch den Schornstein *n*, während die entbundenen Schwelgase durch den Anschluß *o* abgesaugt werden.

Die verhältnismäßig hohe Umlaufzahl der Rührwellen soll eine gründliche Durchmischung der Kohle während des Schwelens herbeiführen, gleichzeitig aber auch die Bildung von Schwelkoksstücken verhindern, deren nachträgliche Zerkleinerung die Schleudermühlen unnötig belasten würde.

Die Einrichtung der Schwelöfen von Shimomura lehnt sich eng an die Schwelöfen an, die in Verbindung mit dem Carbocoal-Verfahren[3]) in Amerika versagt haben und niedergerissen wurden. Allerdings handelt es sich in Japan um ganz andere Kohlen und hinzu kommt noch, daß die japanischen Retorten ganz aus Eisen bestehen zum Unterschied von den gemauerten

[1]) A. Shimomura, J. Fuel Soc. Japan 14 (1935) S. 150.
[2]) Thau, Glückauf 65 (1929) S. 1487.
[3]) I. S. 307.

Carbocoal-Retorten[1]). Auf die sonstigen den Bau der Rührflügel betreffenden Unterschiede braucht hier nicht näher eingegangen zu werden. Im übrigen wird in Japan[2]) zur Erzeugung stückigen Schwelkokses aus Stückkohle das Lurgi-Spülgasschwelverfahren angewandt, das auf mehreren Anlagen vertreten ist.

27. Schwelofen mit Förderschraube von Hayes.

Die waagrechte Eisenretorte mit Schraubenförderer stellt wahrscheinlich das älteste bekannte Schwelverfahren überhaupt dar. Es wird, weil der Verschleiß groß, die Leistung gering und ein stückiger Schwelkoks nicht zu erzielen ist, fast immer nach kurzer Betriebszeit aufgegeben, wofür Beispiele in genügender Anzahl vorliegen. Um so mehr setzt es in Erstaunen,

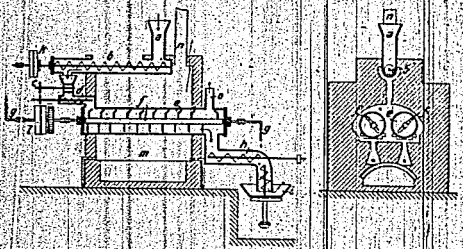


Abb. 186—187. Schwelofen von Shimomura.

daß in Amerika wiederum ein solches Verfahren auf dieser aussichtslosen Grundlage von Hayes entwickelt worden ist, worüber McQuade[3]) gelegentlich der Kohlentagung in Pittsburg berichtet hat.

Auch hierbei handelt es sich um waagrecht verlegte eiserne Rohrretorten mit Schraubenförderern. Sieben Retorten sind zu je einer Gruppe vereinigt. Die Retorten bestehen aus einer besonderen Legierung und haben bei 6,1 m Länge und 18 mm Wandstärke eine lichte Weite von 425 mm. Eine aus sieben Retorten bestehende Ofengruppe setzt täglich 60 t Kohle durch. Der Schwelkoks wird mit dem bei der Schwelteerdestillation als Rückstand gewonnenen Pech in einer Walzenpresse auf Formlinge verarbeitet. In Schlangen, welche die Fuchsgase der Öfen umspülen, wird Dampf überhitzt und dann in die Retorte eingeblasen. Neu bei dieser Einrichtung ist eine zeitweilige Rückwärtsdrehung der Retortenschnecke, wodurch die Kohle im Pilgerschritt durch die Retorte befördert wird.

Eine solche aus einer Ofengruppe bestehende Anlage steht seit mehreren Jahren zu Moundsville in Westvirginia und ist zeitweise in Betrieb. Die verhältnismäßig kurze Betriebsdauer reicht nicht aus, um den außerordentlich großen Verschleiß dieser Einrichtungen genügend erkennen zu lassen, wobei noch daran erinnert sei, daß Rolle[4]) eine ähnliche Retortenbauart zum Durchsatz von Braunkohle bereits im Jahre 1857 angewendet und wieder aufgegeben hat.

28. Drehofen der International Bitumenoil Corporation.

Über die Möglichkeiten, die dieses Verfahren bietet, hat Vandegrift[5]) auf der zweiten Kohlentagung in Pittsburg berichtet, ohne auf die Bauweise des dabei zu verwendenden Drehofens näher einzugehen, weshalb auch hier von einer ausführlichen Besprechung abgesehen wird.

[1]) I, S. 298.
[2]) Y. Ban, Chemical Engineering Congress of World Power Conference 1930, Ber. Nr. 10.
[3]) Proceedings of the Second International Conference on Bituminous Coal, Carnegie Institute of Technologie, 1928, Bd. I, S. 209.
[4]) I, S. 40.
[5]) Proceedings of the Second International Conference on Bituminous Coal, Carnegie Institute of Technologie, 1928, Bd. I, S. 540.

Die früher den Namen American Hydrocarbon Co. führende Gesellschaft benutzte ursprünglich einen doppelwandigen Drehofen. Der enge Raum zwischen den beiden Mänteln war teilweise mit flüssigem Blei angefüllt, das durch seine Bewegung bei der Drehung der Trommel die Wärmeübertragung begünstigen sollte.

Inzwischen hat die Gesellschaft ihren Namen gewechselt und den Drehofen weiter ausgebildet. Er stellt einen Zwillingsofen mit zwei nebeneinander liegenden Trommeln dar, zwischen und über denen sich die Gaskühler befinden.

Eine aus sechs Drehöfen bestehende, 600 t Kohle durchsetzende Anlage dieser Art, die später auf 2000 t Tagesdurchsatz ausgebaut werden soll, wurde in England errichtet, während in Amerika eine kleinere Anlage in Tennessee geplant war. Über die zahlreichen Versuchsergebnisse, die in Verbindung mit diesem Verfahren vorliegen, berichtet das angeführte Schrifttum, auf das hier verwiesen wird.

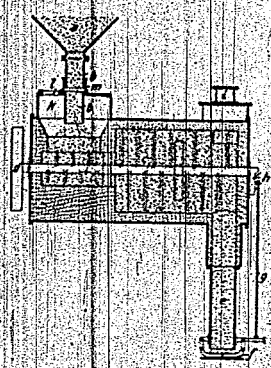


Abb. 188. Waagerechter Spülgasschwelofen von Hanl.

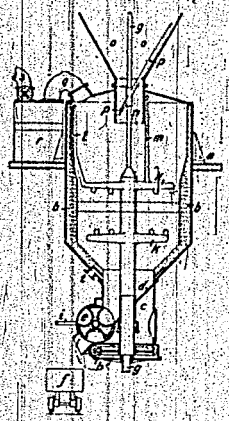


Abb. 189. Senkrechter Spülgasofen von Hanl.

29. Spülgasschwelverfahren von Hanl für Kokereien.

Für die Zwecke der Abmagerung von Kokskohlen mit Schwelkoks hat Hanl[1]) den in der Abb. 188 wiedergegebenen liegenden Spülgasschwelofen entworfen, in den die Kohle aus dem Trichter *a* durch das Paßstück *b* in den Ofen fällt, in dem die Mittelwelle *c* verlagert ist, die durch die Scheibe *d* Antrieb erhält. Der Koks rutscht durch das Rohr *e* in den Austrag *f*, der durch die Zugstange *g* von der Kurbel *h* beeinflußt wird. Die Spülgase, wofür Abgase verwendet werden können, treten bei *i* ein und sammeln sich im Raum *k* mit Austritt *l* und Tasse *m* zur Abdichtung des Rohres *b*.

30. Stehender Spülgasschwelofen von Hanl.

Der von Hanl entwickelte, in der Abb. 189 wiedergegebene stehende Ofen schließt sich grundsätzlich an die früheren Bauarten[2]) dieses Schwelofenerbauers an. Die Kragstücke *a* tragen den Eisenmantel *b*, der sich in dem Ansatz *c* mit schrägem Boden *d* unten fortsetzt. Der Koks

[1]) Glückauf 65 (1929) S. 1482.
[2]) Glückauf 65 (1929) S. 1481.

wird durch das Zellenrad *e* ausgetragen und fällt in Wagen *f*. Die Rührerwelle *g* wird durch das Schneckenvorgelege *h* angetrieben, die Zellenschleuse durch den Hebel *i*. Die Rührarme *k* verlaufen waagrecht, der obere *l* ist seitlich hochgebogen, ein weiterer *m* senkrecht angesetzt. Im Kohlenbehälter *o* ist der Rührer *p* vorgesehen. Das Gas entweicht durch den Anschluß *q* in den Staubscheider *r* mit Ausgangsschieber *s*.

31. Dvorkovitz-Spülgasschwelofen mit Außenbeheizung.

Das von Dvorkovitz[1]) angegebene Verfahren ist in der Abb. 190 wiedergegeben. Der Ofen mit dem Unterteil *a* ist durch den Schieber *b* mit dem Zylinder *c* verbunden, den der Oberteil *d* mit der Eintragschleuse *e* abschließt. Die Koksaustragschleusen sind mit *f* bezeichnet. Die Spiralrührer *g* im Ofen erhalten Antrieb von dem Schneckenrad *h* und werden unten von dem Kreuz *i* geführt. Im Schrägrost-Gaserzeuger *k* mit Füllöffnung *l* wird das Gas entwickelt, das durch den Kanal *m* in die Schwelofenzüge tritt. Der mit dem Schornstein *n* versehene Überhitzer *o* hat einen Verbrennungsraum für das Generatorgas. Durch die Leitung *q* wird überhitztes Schwelgas durch den Anschluß *r* von oben in die Beschickung geleitet. Die Schwelgase entweichen durch den Anschluß *s*. In den Unterteil *a* wird heißes Gas durch den Anschluß *t* eingeleitet und hier entweichen die Schwelgase durch das Rohr *u*.

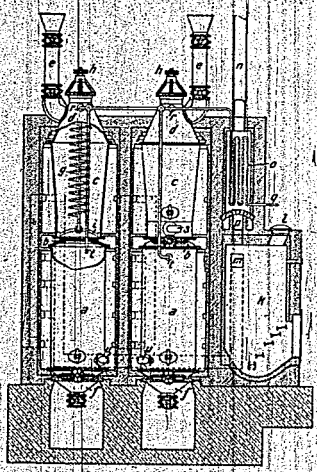


Abb. 190. Schwelofen von Dvorkovitz mit innen- und Außenbeheizung.

32. Bussey-Spülgasschwelverfahren.

Der nach oben stark verjüngte, etwa 14,5 m hohe Schachtofen[2]) ist in der Abb. 191 und 192 in zwei Schnitten wiedergegeben. Die lichte Weite beträgt unten 2800 × 860 mm und oben 760 × 610 mm. Die Buchstaben bezeichnen: *a* den Betonunterbau, *b* den Schacht, *c* den Gassammelraum, *d* den Fülltrichter, *e* die Eintragschleuse, *f* den Fülltrichter, *g* ein Kohlenförderband, *h* eine Zugstange, *i* Gasaustritte, *k* Einstellplatten, *l* Einstellspindeln, *m* ein Übersetzungsvorgelege, *o* Einsteigöffnungen, *p* einen Rost mit Wasserkühlung, *q* Schneckenvorgelege mit Rostantrieb, *r* eine Antriebswelle, *s* den Koksammelbehälter, *t* die Koksaustragschleuse, *u* das Koksförderband und die Schleusenspindel *v*. Eine Gruppe von 14 solcher Öfen wurde in Schottland erbaut, war aber nur teilweise in Betrieb.

33. Schwelverfahren zur Formkokserzeugung mit Außenbeheizung von Hardy.

Die Herstellung von Formkoks, d. h. von Schwelkoks mit bestimmten Abmessungen ohne zu brikettieren, wurde in neuerer Zeit durch das auf S. 43 angeführte Verfahren von Berg & Co. verwirklicht sowie durch das von Hinselmann, das auf S. 47 beschrieben ist. Bereits im Jahre 1928 entwickelte H. Hardy[3]) zu Zandvoorde in Belgien ein Verfahren, bei dem die

[1]) I, S. 221.
[2]) Glückauf 65 (1929) S. 1440.
[3]) Brownlie, Petroleum Times 1932, S. 665.

Kohle in Gußeisenrahmen geschwelt wurde, die in kleine Quadrate unterteilt waren, so daß der Schwelkoks in Würfelform anfiel. Die Abb. 193 zeigt einen senkrechten Schnitt durch einen Ausschnitt des Ofens mit einem darin liegenden Schwelrahmen *a*, der auf der von unten beheizten Herdplatte *b* aufliegt. Der unten offene Rahmen wird oben mit zwei in der Mitte überlappenden gelochten Blechplatten abgedeckt, die durch den exzentrisch an der Welle *e* befestigten Klotz *d* fest angedrückt werden, um eine Ausdehnung der Kohle unter Bildung eines schwammigen Schwelkokses zu verhindern.

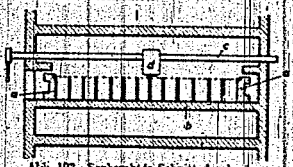


Abb. 193. Senkrechter Schnitt durch eine Kammer des Schwelofens von Hardy.

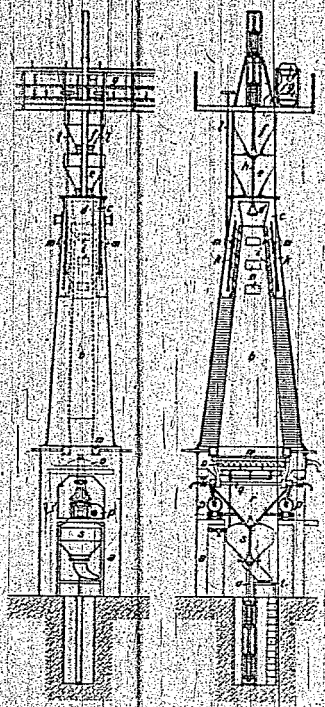


Abb. 191 u. 192. Schachtschwelofen von Bussey in zwei Schnitten.

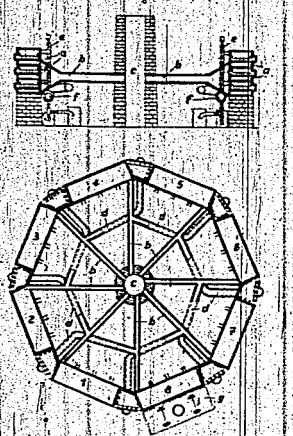


Abb. 194 u. 195. Schnitt und Grundriß des Formkokschwelofens von Hardy.

Die Gesamtanordnung des Schwelofens ist aus dem Grund- und Aufriß Abb. 194 und 195 zu erkennen, der die karussellähnliche Bauweise zeigt. Im Grundriß bildet der Ofen ein Achteck und zwischen je zwei Ecken liegen übereinander je drei Schwelkammern 1—8, so daß der Ofen in drei Stockwerken insgesamt aus 24 Schwelkammern besteht, die je einen Rahmen aufnehmen.

Die Heizräume *a* unter den Herdplatten sind durch Rohre *b* mit dem Schornstein *c* verbunden und um die Wärme der Verbrennungsgase besser auszunutzen, sind die Rohre *b* durch Zwischenstücke *d* miteinander verbunden, so daß durch entsprechende Stellung der in den Abb. 194 und 195 nicht berücksichtigten Schieber das Verbrennungsgas mehrere Heizzellen durchstreicht, ehe es durch den Schornstein *c* entweicht. Jede Schwelkammer ist an ein Abgangsrohr *e* angeschlossen, das mit der Vorlage *f* in Verbindung steht. An den Außenseiten ist jede Schwelkammer mit einer Tür verschlossen und sowohl der herausgezogene wie auch der neu beschickte Schwelrahmen werden auf einen den Ofen umfahrenden Wagen *g* geschoben, dessen Tragplatte in der Höhe verstellbar ist, so daß die Schwelkammern in jedem Stockwerk damit bedient werden können.

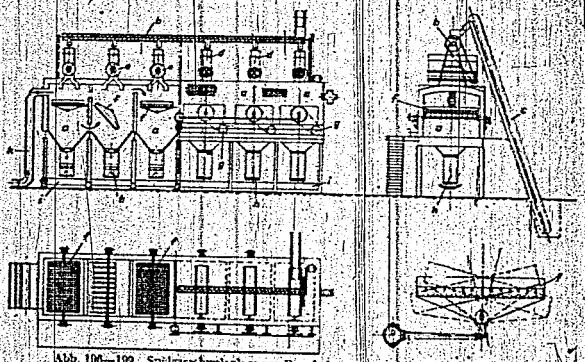


Abb. 196—199. Spülgasschwelanlage zur Formkokserzeugung von Twaite: Längs- und Querschnitt, Grundriß und Zellkörper.

Die Füllung der Rahmen erfolgt in der Weise, daß sie senkrecht in einen mit Feinkohle beschickten Trichter gestellt werden, dessen Auslaß aus zwei Walzen besteht, die in einer Entfernung voneinander liegen, daß der gefüllte Rahmen senkrecht hindurchgeht, wenn die Walzen durch eine Handkurbel gedreht werden, so daß die Kohle ziemlich fest in die Zellen des Rahmens hineingepreßt wird.

In der Versuchsanlage, in der Steinkohlen verschiedener Herkunft durchgesetzt wurden, betrug die Schwelzeit bei 550° C 2 h 45 min. Das Schwelgas hat einen Heizwert von rd. 6000 kcal/m³, während die sonstigen Ausbeutezahlen von den Eigenschaften der durchgesetzten Kohle abhängig sind.

34. Spülgasschwelofen von Twaite zur Formkokserzeugung.

Da die die Wärmespeicher der Koksöfen verlassenden Abgase eine ziemlich gleichbleibende Temperatur haben, die in der Nähe von 400° C liegt und daher noch verwertbare Wärme in diesen Kamingasen enthalten ist, versuchte C. B. Twaite [1]), diese Wärme in einer anschließend erbauten Spülgasschwelanlage auszunutzen. Die zu diesem Zweck entwickelte, aus sechs Einheiten bestehende Anlage ist in der Abb. 196—199 im Längs- und Querschnitt sowie im Grundriß wiedergegeben. Die einzelnen aus Mauerwerk bestehenden Schachtöfen *a* sind oben durch einen Schraubenförderer *b* verbunden, dem die Kohle an einem Ende durch das Becherwerk *c* zugeführt wird. Aus dem Schraubenförderer fällt die Kohle in die über jedem Ofen angeordneten Zwischenbehälter *d*, in denen jeweils eine Kohlenbeschickung aufgespeichert wird. Durch Drehung des unter jedem

[1]) Iron Coal. Trad. Rev. 126 (1933) S. 193. — Sander, Z. VDI 77 (1833) S. 326.

Behälter *d* angeordneten Zellenventils *e* fällt die Kohle in den Ofen und zwar auf den hier vorliegenden Formkasten *f*, dessen Boden mit einer Reihe Ösen auf eine in den Ofenwänden verlagerte Welle aufgekeilt ist. Die Formkästen sind, wie der Grundriß erkennen läßt, in kubische Formen eingeteilt. Während der Beschickung wird der Formkasten von einem in der Abb. 199 wiedergegebenen Exzenterantrieb in schüttelnde Bewegung gesetzt, wobei die Abb. 199 die durch den Exzenterantrieb hervorgerufenen Stellungen andeutet. Die abgemessene Feinkohlenmenge füllt dabei die Formen ganz aus. Nachdem die Kohle entgast ist, wird durch das Handrad *g*, das durch eine Kettenübertragung mit der Welle des Formkastens verbunden ist, der letztere *g* gedreht, wie dies in der zweiten Einheit von links in den Abb. 196 und 198 angedeutet ist, so daß die einzelnen Formkoksstücke herausfallen. Die Öfen sind unten verjüngt und enden in je einen Schleusenschieber *h*, der den Schwelkoks auf das Förderband *i* fallen läßt, auf dem seine Abförderung erfolgt. Das als Wärmeträger dienende Abgas der Koksöfen wird aus dem Abgaskanal durch die ausgemauerte Leitung *k* in den Ofen eingesaugt, und durch Öffnungen in den Zwischenwänden tritt es in der auf der Abb. 196 durch die Pfeile angedeuteten Richtung im Zickzackwege durch die einzelnen Öfen, in denen es seine Wärme an die Kohle abgibt und ihre Schwelung bewirkt. Mit Teerdämpfen beladen wird das Gas an dem dem Eintritt entgegengesetzten Ende durch den Stutzen abgesaugt und zur Entteerung geleitet. Es handelt sich bei dieser Einrichtung um ein Verfahren, bei dem die sonst nutzlos durch den Schornstein entweichende Wärme der Koksereiabgase nutzbringend zur Schwelung verwendet wird, und der Schwelanlage steht dadurch eine kostenlose Wärmequelle zur Verfügung. Der in den Abb. 196—199 wiedergegebene Ofen hat eine Länge von rd. 18 m und eine Breite von 4,37 m. Jeder Kasten ist in 280 Formen geteilt, die 150 × 150 mm messen und 95 mm tief sind, wobei die Schweldauer bei 400° C 4 h beträgt. Die Anlage erzeugt täglich 18 t Formkoks.

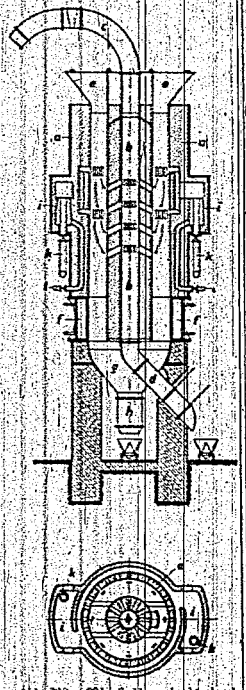


Abb. 200 u. 201. Spülgas-Schachtschwelofen für Briketts von Kroupa.

35. Spülgas-Schachtschwelofen von Kroupa.

Einen einfachen Schachtofen zur Spülgasschwelung von Braunkohlenbriketts hat Kroupa[1]) gemäß den Längs- und Querschnitt, Abb. 200 und 201 angegeben. In dem aufgemauerten Schacht *a* befindet sich in der Mitte ein zweiter Rohrschacht *b*, der oben in das Gasabgangsrohr *c* und unten in einen mit Schieberschleuse versehenes Staubabzugsrohr *d* ausläuft. Der Schacht *a* trägt oben den Beschickungstrichter *e*, während er unten auf eisernen Kühlkästen *f* ruht, die von Wasser durchströmt werden und die eine Kühlung des Kokses im Ofen bewirken sollen. Der Unterteil bildet, wie beim Rolle-Ofen einen eisernen Konus *g* mit Koksrost *h*. Der Schacht *a* ist in etwa halber Höhe von zwei Misch- und Verbrennungskammern *i* umgeben, deren Anordnung insbesondere aus dem in Abb. 201 wiedergegebenen Querschnitt des Ofens ersichtlich ist. In den von den Brennkammern umgebenen Teil des Schachtes *a* sind Schlitze zum Eintritt des Spülgases ausgespart, die die Brikettbeschickung durchdringen und durch Öffnungen

[1]) Montan. Rdsch. 26 (1934) Nr. 15.

dicken den Mittelschacht *b* eingelassen sind, in diesen treten, aus dem sie durch das Rohr *c* abgesaugt werden. Den Brennkammern *h* wird durch die Rohre *k* Schwelgas und durch die Anschlüsse *l* Verbrennungsluft oder Rauchgas zugeführt, um die Temperatur der Spülgase richtig einstellen zu können. Angaben über Betriebsergebnisse fehlen und sofern der Ofen in Betrieb war, wird man festgestellt haben, daß die Kühlrohre *f* in der angeleiteten Höhe nicht sehr wirksam sein wird, um einen kalten Koks austragen und daß man mit einer fühlbaren Staubabscheidung durch das Rohr *d* kaum rechnen kann. Bei einer geringen Strömungsgeschwindigkeit der Spülgase wird beim Durchsatz von Briketts die Staubbildung die zulässige Grenze kaum überschreiten.

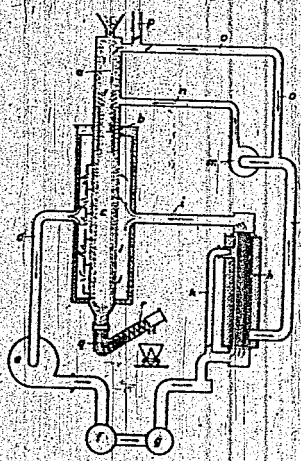


Abb. 202. Spülschwelverfahren der Gesellschaft La Grande Paroisse.

36. Französischer Spülgasschwelofen.

Cl. *Berthelot*[1]) beschreibt den Spülgasschwelofen der Société de La Grande Paroisse zu Saint-Hilaire, der täglich 100 t Ölschiefer durchsetzt, der hinsichtlich seiner Betriebsweise aber auch auf die Verarbeitung libanitischer Braunkohle zugeschnitten werden kann und der deshalb an Hand der schematischen Abb. 202 kurz besprochen werden soll. In der Grundrißgestalt dieser Ofen viel mit dem von *T. Limberg*[2]) angegebenen Verfahren gemeinsam, insofern als der Brennstoff zwischen zwei Doppelreihen schräg gestellter Leisten herabsinkt und die Wärmeübertragung mit Hilfe heißer, als Wärmeträger dienender Gase durch waagerechte Querdurchspülung erfolgt. Der rechteckige Ofen ist 1 m breit, 2 m lang und insgesamt 12,75 m hoch, wobei 6 m auf die Trockenzone entfallen. Der Brennstoff tritt aus einem Hochbehälter in die Trockenzone *a* und gleitet durch den verengten Übergang *b* in die Schwelzone *c*. Die den Brennstoff waagerecht durchströmenden Spülgase werden durch das Abgangsrohr *d* von dem Ventilator *e* abgesaugt, in der Entteerungsanlage *f* von Teer und im Wascher *g* von Leichtöl befreit und treten dann durch den Rohrerhitzer *h*, aus dem sie durch das Rohr *i* in die Schwelzone *c* gelangen. Ein Teil des entteerten Gases wird durch die Leitung *k* dem Brenner des Erhitzers *h* zugeführt, dessen Abgase durch die Leitung *l* entweichend, von dem Ventilator *m* angesaugt und mittels der Leitung *n* durch die Trockenzone *a* gedrückt werden. Der Ventilator *m* saugt zur Temperatureinstellung einen Teil der die Trockenzone verlassenden Gase durch die Leitung *o* zurück, während der Überschuß als Brüden durch den Anschluß *p* entweicht, wobei die Einstellung durch Drosselklappen erfolgt, die in die Leitungen *n* und *o* eingebaut sind. Der Ofen verläuft unten in einen Wasserverschluß *q*, aus dem der Rückstand durch die Förderschnecke *r* stetig ausgetragen wird. Bei der Schieferschwelung wird durch Luftzusatz zum Spülgas der Kohlenstoff in der untersten Zone weitgehend vergast, während man beim Durchsatz von Kohle eine andere Einrichtung für den Koksaustrag wählen wird.

37. Englisches, unterbrochen betriebenes Steinkohlen-Spülgasschwelverfahren.

Die National Carbonising Co. Ltd. in London hat seit dem Jahre 1935 auf der Zeche Mansfield bei Nottingham in England eine unterbrochen arbeitende Spülgasschwelanlage nach dem

[1]) Génie civ. 112 (1938) S. 345.
[2]) I. S. 189.

Rexco-Verfahren[1]) in Betrieb zum Durchsatz von gasreicher nicht backender Nußkohle und ihr Abb. 203 zeigt die aus zwei Schachtöfen bestehende Schwelerei im Lichtbild.

Die Schwelöfen bilden je einen ausgemauerten fast zylindrischen, nach oben leicht verjüngten Schacht von 7,6 m Höhe und einer lichten Weite die oben 3050 und unten 3150 mm beträgt. Der im Bilde an seiner helleren Farbe erkenntliche keilförmige Boden des Ofens ist mit Rädern auf einem Gleispaar verfahrbar und wird durch die Zugstange eines hydraulischen Zylinders ein- und ausgefahren. Der Bodenteil ist mit Gitterwerk zum Abzug der Schwelgase ausgemauert und, in Stellung gebracht, wird er mit einem Verbindungsstutzen an die zur Entteerungsanlage führende Saugleitung angeschlossen. Zum Beschicken wird der Boden mit einer Lage Schwelkoks bedeckt und durch ein von oben in den Ofen eingelassenes allmählich hochgezogenes Teleskoprohr wird der Schacht mit Kohle beschickt, deren Stückgröße zwischen 50 und 80 mm liegt, während der Siebanteil unter 10 mm Korngröße vorher ausgeschieden wird. Ein solcher Schacht faßt 33 t Kohle, wobei oben ein 1,5 m hoher freier Raum verbleibt in den durch einen außen am Schacht vorgesehenen Brenner Gas und Luft eingeführt und entzündet werden. Die Verbrennung wird so geleitet, daß das Spülgas keinen freien Sauerstoff enthält und gleichzeitig auf die richtige Temperatur zur Schwelung abgetönt ist. Es wird von oben nach unten durch die Beschickung gesaugt, die es durch das Bodenstück verläßt. Die Schweldauer beträgt 17 h und anschließend wird kaltes Gas durch die Beschickung gesaugt um den trocken gekühlten Schwelkoks ohne Wasserlöschung abziehen zu können. Zur Entleerung wird das Bodenstück herausgefahren und der Koks gleitet über die in der Abb. 203 erkenntlichen unter dem Ofen dachartig angeordneten Schurren in bereit gestellte Wagen zur Abfuhr. Die Zuleitung für das oben im Ofen zur Verbrennung kommende Schwelgas sind in der Abb. 203 ebenfalls erkenntlich. Der Durchsatz je Ofen entspricht 40 t Kohle täglich und bei einer Trockenkühlung des Schwelkokses außerhalb des Ofens, die beim Bau weiterer Öfen beabsichtigt ist, hofft man einen Tagesdurchsatz von 55 t Kohle je Ofeneinheit zu erreichen.

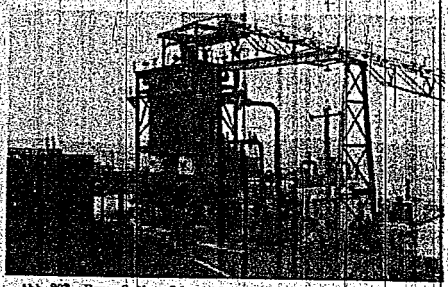


Abb. 203. Rexco-Spülgas-Schwelanlage der National Carbonising Co.

Bei der Verarbeitung nicht backender Nußkohle mit 34,6% flüchtigen Bestandteilen und 11,6% Schwelteer wurden während eines vom englischen Fuel Research Board[2]) durchgeführten Leistungsversuches die folgenden Werte ermittelt.

Ausbeuten beim Rexco-Verfahren.

	Bezogen auf 1 t	
	Rohkohle (10,7% Wasser	Trockenkohle
Trockenkoks	61,51%	68,83%
Schwelteer (spez. Gew. 1,033)	7,09%	7,96%
Überschußgas (1237 kcal/Nm³)	606 Nm³	180 Nm³
Gasleichtöl (spez. Gew. 0,850)	10,77 kg	12,05 kg

[1]) Früher als „C. R. S."-Verfahren bezeichnet. Coal Carbonisation 2 (1930) S. 73.
[2]) Report of Test, London 1936.

Schrifttum: Alte und neue Schwelverfahren.

E. Roser, Die Entgasung der Kohle im Drehofen; Stahl u. Eisen 40 (1920) S. 741. — Ders., Die Entgasung bitumenhaltiger Brennstoffe bei niedrigen Temperaturen; Brennstoff-Chem. 1 (1920) S. 20. — A. Thau, Entwicklungsmöglichkeit des Drehofens; Glückauf 58 (1922) S. 171. — Ders., Schwelverfahren von Bellby; Glückauf 58 (1922) S. 1008. — Ders., Drehretorte nach Goodwin; Glückauf 58 (1922) S. 1154. — Ders., Neues Steinkohlenschwel- und Wassergasverfahren; Glückauf 59 (1923) S. 1128. — Ders., Steinkohlenschwelung im geneigten Drehofen; Glückauf 59 (1923) S. 29. — Ders., Versuche zu einem neuen Schwelverfahren; Glückauf 60 (1924) S. 573. — Ders., Schwelverfahren von Machárius; Glückauf 60 (1924) S. 959. — Ders., Schwelverfahren von Freeman; Glückauf 60 (1924) S. 1040. — Ders., Schwelung mit Preßkoksgewinnung; Glückauf 60 (1924) S. 101. — G. Hoffmann, Über den Einfluß der Drehofenkonstruktion auf die Zusammensetzung der Urteere und Gasbenzine; Brennstoff-Chem. 5 (1924) S. 388. — A. Thau, Garland-Schwelverfahren für Kraftwerke; Glückauf 61 (1925) S. 97. — Ders., Schwelverfahren von Richards und Pringle; Glückauf 61 (1925) S. 682. — Ders., Schwelverfahren mit geneigten Drehofen; Glückauf 61 (1925) S. 972. — Ders., Schweldrehofen der Kohlen Scheidungs-Gesellschaft; Glückauf 16 (1925) S. 1000. — Ders., Schwelofen von Greene-Laucks; Glückauf 61 (1925) S. 1102. — Ders., Schwelofen von Crozier; Glückauf 61 (1925) S. 1507. — Ders., Schweldrehofen von Rollon; Glückauf 61 (1925) S. 1602. — G. Castleny, Gegenwärtiger Stand der Kohlenschwelung; Z. VDI 69 (1925) S. 847; Arch. Wärmewirtsch. 6 (1925) S. 180. — A. Thau, Debbelstein-Schwelofen; Glückauf 61 (1925) S. 969. — Ders., Schwelofen von Delatire; Glückauf 62 (1926) S. 217. — Ders., Schwelverfahren von Parr; Glückauf 62 (1926) S. 1501. — Ders., Die Schwelung von Kohlenstaub; Glückauf 62 (1926) S. 1601. — Ders., Neuere Verediung niederwertiger Brennstoffe; Z. VDI 70 (1926) S. 1025. — Ders., Schwelofen von Caselitti und Hirn; Glückauf 63 (1927) S. 350. — Ders., Dampfschwelverfahren von Turner; Glückauf 63 (1927) S. 1058. — A. Spilker, Das CTG-Schwelverfahren; Brennstoff-Chem. 12 (1927) S. 183. — H. Illies, Retortenofen für Tieftemperatur-Verkokung; Arch. Wärmewirtsch. 8 (1927) S. 250. — R. Dünckel, Englische Schwelanlage; Arch. Wärmewirtsch. 8 (1927) S. 292. — A. Thau, Die Druckschwelung; Glückauf 63 (1926) S. 1728. — A. Sander, Betriebsergebnisse englischer Steinkohlen-Schwelanlagen; Arch. Wärmewirtsch. 10 (1929) S. 288. — Rosenthal, Kanalschwelofen der Jul. Pintsch AG. auf dem Reichsbahnkraftwerk Hindenstein; Braunkohle 29 (1930) S. 900. — A. Sander, Steinkohlenschwelung in England; Z. VDI 74 (1930) S. 1049. — F. Bartling, Dünnschichtschwelung; Braunkohle 30 (1931) S. 348. — A. Thau, Drehschwelöfen von P. Salerni; Brennstoff-Chem. 13 (1932) S. 228. — H. Illies, Wärmebilanz der Tieftemperaturverkokung; Arch. Wärmewirtsch. 13 (1932) S. 180. — A. Thau, Steinkohlenbrikettierung ohne Bindemittel; Glückauf 70 (1934) S. 376.

VIII. Einrichtungen zur Gasbehandlung und Verarbeitung der flüssigen Erzeugnisse.

Die Entteerung des Braunkohlenschwelgases wurde auf den älteren Anlagen lediglich durch Luftkühlung bewirkt, was Kühler mit riesigem Platzbedarf erforderte und eine Abhängigkeit von der Lufttemperatur mit sich brachte. Bei den neueren Braunkohlenschwelereien hat man diese Art der Teerscheidung nicht übernommen und unter Anwendung von mechanischen Teerwaschern oder Elektroscheidern die Anlagen sehr vereinfacht und im übrigen, insbesondere auch auf den Steinkohlenschwelereien, Luft- und Wasserkühler eingeführt, wie sie sich neben den Ölwaschern zur Gewinnung des Leichtöls im Gaswerks- und Kokereibetriebe schon seit Jahrzehn-

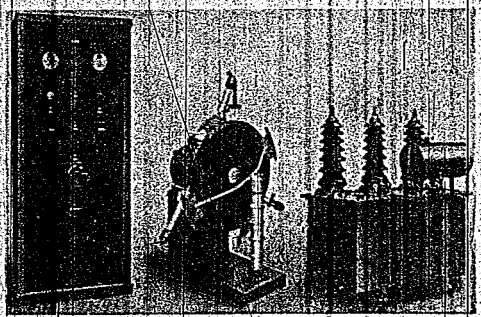


Abb. 304. Elektrische Einrichtung für einen Elektrofilter der Lurgi-Gesellschaft: links: Schalttafel, Mitte: Synchronmotor, rechts: Drehstrom-Transformator.

ten bewährt haben, so daß eine besondere Beschreibung an dieser Stelle nicht erforderlich ist. Es braucht im folgenden nur auf je eine grundlegende neuere Einrichtung zur Teerscheidung sowie auf ein neues Verfahren der Leichtöldestillation hingewiesen zu werden. Die Reinigung des Schwerleichtöls nach einem neuen Verfahren sowie die Einrichtungen zur Verwendung des Braunkohlenschwelgases als Stadtgas sind ebenfalls einbezogen worden.

1. Teerabscheidung.

Während des letzten Jahrzehnts werden große Mengen Braunkohlenteer durch Hydrierung auf leichte Treibstoffe verarbeitet, wobei hinsichtlich eines möglichst niedrigen Staubgehaltes hohe Anforderungen an die Teerbeschaffenheit gestellt werden. Im gleichen Zeitraum ist die elektrostatische Teerabscheidung[1]) aus Gasen zu hoher Vollkommenheit weiter entwickelt wor-

[1]) S. 687.

den, so daß sie auf den meisten Braunkohlenschwelanlagen und auch auf den Steinkohlenschwereien Eingang gefunden hat.

Diese Elektrofilter bilden eine von Platten und Drähten zusammengebaute Einrichtung, die von einem rechteckigen Eisenblechgehäuse umgeben ist. Die als Sprühelektroden bezeichneten Drähte sind unmittelbar mit der Hochspannung durch eine Isoliervorrichtung verbunden. Das zwischen den einzelnen Platten an den Drähten entlang strömende und mit Teernebeln beladene Gas wird durch den hochgespannten Strom ionisiert, die Teernebel werden aus ihrer Strömung in senkrechter Richtung zu den als Abscheide-Elektroden dienenden Platten hin abgelenkt. Der abgeschiedene Teer sammelt sich an diesen Platten und fließt ständig in den als Teersammelraum ausgebildeten unteren Teil der Niederschlagseinrichtung ab. Die Sprühelektrode ist immer mit dem negativen Pol der Hochspannungserzeugungsanlage verbunden, während die Niederschlagsplatten geerdet sind und somit die positive Gegenelektrode bilden. Für die Einführung des hochgespannten Stromes dient ein besonders entwickelter Isolator, der zugleich als Abtragevorrichtung für die Ausströmerdrähte ausgebildet ist. Dieser Einführungsisolator ist in einem auf der Decke der Niederschlagseinrichtung aufgesetzten Heiztopf untergebracht, dessen Heizung durch Dampf oder elektrische Heizbänder erfolgt. Die Temperatur des Isolators wird so hoch gehalten, daß er dauernd trocken bleibt, um dadurch die Isolationsfähigkeit zu erhalten. Der erforderliche Hochspannungsstrom von 50—60000 V Gleichstrom wird in einer besonderen Hochspannungserzeugungsanlage aus normalem Drehstrom von 380 oder 500 V erzeugt. Es ist gelungen, an Stelle der früher üblichen Einphasen-Gleichrichteranlagen Drehstrom auf hochgespannten Gleichstrom umzuformen. Der umgeformte und gleichgerichtete Drehstrom hat gegenüber dem umgeformten Einphasenstrom eine wesentlich größere Gleichmäßigkeit des hochgespannten Gleichstromes, der in der Niederschlagseinrichtung eine wirkungsvollere Abscheidung der Teernebel hervorruft. Ein solches Hochspannungsaggregat besteht, wie die Abb. 204 zeigt, aus einer Schalttafel, einem Drehstrom-Transformator und einem Synchronmotor, der die Gleichrichterscheibe antreibt. Zur Sicherung des Betriebes ist hochspannungsseitig ein Maxima-Automat eingebaut, der zugleich als Trennschalter ausgebildet ist.

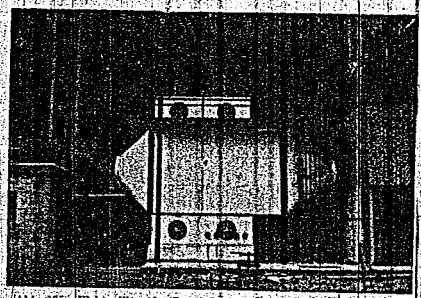


Abb. 205. Elektrofilter der Lurgi-Gesellschaft; waagerechte Bauart.

Die elektrischen Niederschlagseinrichtungen werden sowohl in senkrechter als auch in waagerechter Bauform ausgeführt, wobei die senkrechten Teerscheider für die Reinigung kleiner Gasmengen bevorzugt werden, während die waagerechten Einrichtungen hauptsächlich für größere Gasmengen vorteilhaft angewendet werden. Hierbei erhält die waagerechte, als Lichtbild in der Abb. 205 dargestellte Einrichtung zwei hintereinander liegende elektrische Felder, die vorteilhaft mit verschiedenen Spannungen betrieben werden können. Einen Elektrofilter senkrechter Bauart zur Entteerung von Braunkohlengas zeigt die Abb. 206. Die Größenabmessungen eines Elektrofilters werden bestimmt von der zu reinigenden Gasmenge, der gewünschten Reinigungswirkung und der Reinigungstemperatur.

Das vom Schwelofen kommende Gas muß zunächst gekühlt werden, um den im Gas enthaltenen Teer zu verdichten, ihn also in Nebelform überzuführen. Die Kühlung erfolgt durch unmittelbare Einspritzung von Wasser in einen einem Standrohr ähnlichen Kühler, der zugleich so ausgebildet ist, daß in ihm der im Gas enthaltene Staub weitgehend abgeschieden wird. Die Arbeitstemperatur des elektrischen Entteerers wird auf 90—130° C gehalten. Sie liegt oberhalb des Taupunktes des betreffenden Gases, so daß im elektrischen Entteerer praktisch wasserfreier

Teer abgeschieden wird. Zur Verpreßung von Wasserdampfkondensationen an den Wänden des Entteerers werden diese mit einem guten Wärmeschutz versehen. Die Höhe der Betriebstemperatur im elektrischen Entteerer hängt davon ab, welche Fraktionen im elektrischen Entteerer gewonnen werden, und welche niedriger siedenden Fraktionen im nachfolgenden Gaskühler niedergeschlagen werden sollen. Die Abscheidewirkung des elektrischen Entteerers auf die bei der jeweiligen Arbeitstemperatur vorhandenen Teernebel ist sehr hoch und liegt bei über 80 oder 90%, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht.

Wirkungsweise bei der Entteerung mit Elektrofiltern.

Elektrodenspannung Kilovolt	Teergehalt vor Filter Belastung g/m³	Reingehalt hinter Elektrofilter g/m³	Reinigung des Elektrofilters %
128	39,83	0,63	98,42
140	39,91	0,61	98,47
145	39,67	0,47	98,81
151	39,73	0,53	98,67
153	39,66	0,25	99,34
157	39,57	0,07	99,82

Wird die Arbeitstemperatur des Elektrofilters unter 130° C gehalten, so werden in ihm die Paraffin-Bestandteile des Teers abgeschieden, so daß dann das im nachgeschalteten Gaskühler anfallende Teeröl dünnflüssig ist; die Dünnflüssigkeit ist gekennzeichnet durch einen Stockpunkt, der bei −10 bis −20° C liegt. Gerade hinsichtlich der scharfen Trennung der Teerfraktionen im Elektrofilter unterscheidet es sich von der Wirkungsweise mechanischer Entteerer, wenn noch der geringe Stromverbrauch des elektrischen Entteerers kommt, der ¹/₄ bis ¹/₁₀ des Kraftverbrauches der mechanischen Entteerer beträgt.

Abb. 208. Hochspannungsisolator mit Rauschschutz.

2. Coriolis-Teerscheider von Bartling.

Der Coriolis-Satz von der relativen Beschleunigung eines Punktes ist auf die Grundlagen des von Bartling[1]) entwickelten Teerscheiders nicht anwendbar, weshalb der Name zu Unrecht angewandt ist.

Gemäß der Abb. 207 besteht der Scheider aus einem sich nach unten verjüngenden Gußeisengehäuse a, dessen unteres Ende in eine Zellenradschleuse b zur Standhaltung zum Gasraum während der Abscheidung von Teer oder Leichtöl ein Syphon an die Stelle des Zellenrades tritt. Das Gas gelangt durch den stark eingezogenen Rohrstutzen c, dessen obere Flanschebene sich als eine kreisrunde, ortsfeste Platte d verbreitert, in den Scheider. Wenige Millimeter über der ortsfesten Platte d ist eine zweite, in ihrer Größe der inneren lichten Weite des Scheiders entsprechende, drehbare Platte e angeordnet, die auf dem unteren Ende der senkrechten Welle f befestigt ist. Die letztere tritt mittels Stopfbüchse g durch den oberen Deckel h des Gehäuses und wird durch das Doppelkugellager i geführt und trägt am oberen Ende die Antriebscheibe k, sofern sie nicht unmittelbar mit einem Elektromotor gekuppelt ist. Das Gas tritt durch die am Rande in der sich drehenden Scheibe e vorgesehenen Lochreihe l hindurch und entweicht durch den im Deckel h vorgesehenen Rohrstutzen m.

[1]) Braunkohle-Chem. 11 (1939) S. 422.

Das durch das Rohr *c* eintretende Gas muß sich auf seinem Weg durch den Scheider in dem zwischen der festen Scheibe *d* und der sich drehenden *e* gebildeten Spalt gleichmäßig nach allen Seiten verteilen, wobei sich die ausgeschiedenen festen oder flüssigen Teile auf der festen Scheibe *d* niederschlagen, auf der sie von dem sich stetig ausbreitenden und durch den Deckkreis *f* entweichenden Gasstrom zur Peripherie der Platte *d* gedrängt werden, über deren Kante sie herunterfallen und sich in dem mit Austrag *b* versehenen Unterteil *a* des Scheiders sammeln.

Die Wirkung dieser neuen Einrichtung soll an Hand der in Abb. 208 wiedergegebenen Skizze kurz erläutert werden, in welcher entsprechend den Bezeichnungen der Abb. 207 *d* einen Ausschnitt aus der unteren, ortsfesten und *e* einen solchen aus der oberen sich drehenden Scheibe andeutet. In dem zwischen beiden Platten gebildeten Spalt tritt das Gas von der Mitte nach außen in der Richtung der eingezeichneten Pfeile durch. Unter dem Einfluß der sich schnell drehenden oberen Scheibe *e* wird auf den zwischen den beiden Scheiben *d* und *e* durchwandernden Gasstrom

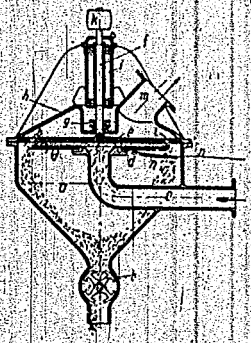


Abb. 207. Teerabscheider von Bartling.

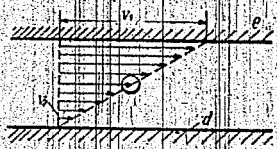


Abb. 208. Wirkung der verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten im Teerabscheider von Bartling.

eine durch die Reibung hervorgerufene Strömungsgeschwindigkeit übertragen, die sich nach oben am meisten, nach unten am geringsten auswirkt. Mit andern Worten, wenn man sich den zwischen den beiden Scheiben *d* und *e* durchwandernden Gasstrom in senkrechter Richtung geschnitten und waagerecht in mehrere Zonen zerlegt denkt, so wird die Strömungsgeschwindigkeit der Einzelzonen in der durch die Länge der einzelnen in Abb. 208 eingetragenen Pfeile entsprechend angedeutet. Die unmittelbar die sich drehende Scheibe *e* berührende obere Gaszone v^1 wird die größte, die an die feste Scheibe *d* anliegende Gaszone v^4 wird daher die geringste Strömungsgeschwindigkeit haben, während die Strömungsgeschwindigkeiten der dazwischen liegenden Zonen sich im Verhältnis etwa verhalten wie die unterschiedliche Länge der Pfeile, durch die sie angedeutet sind. Denkt man sich nun das Gas aus einem Gemisch mit festen oder flüssigen Körpern bestehend, wobei ein solches Teilchen der letzteren in der Abb. 208 durch eine stark vergrößerte Kugel dargestellt ist, so wird durch den linear von v^4 auf v^1 ansteigenden Strömungsdruck, dessen Höhe sich proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit verhält, die obere Hälfte der Kugel stärker beeinflußt als die untere. Die durch die Kugel angedeuteten festen oder flüssigen mit dem Gas vermischten Teilchen werden dadurch von den Zonen v^1 größerer Geschwindigkeit nach den Zonen v^3 mit der geringsten Strömungsgeschwindigkeit abgedrängt, auf der festen Scheibe *d* ausgeschieden und durch das stetig nachströmende Gas über die Peripherie abgeworfen. Diese Erklärung der einfachsten und hauptsächlichsten Grundlagen, die eine Trennung zwischen dem Gas und seinen Beimischungen im Bartling-Scheider bewirken, soll hier genügen, um in das Wesen dieses bemerkenswerten Verfahrens eindringen zu können. Auf eine Reihe sonstiger, in diese Wirkungsweise hineinspielender Bedingungen einzugehen, würde hier zu weit führen.

Während vorstehend die Grundlagen der Wirkungsweise des Bartling-Scheiders in knappen Umrissen erläutert wurden, sei noch nachgetragen, daß man weitere mechanische Maßnahmen ergriffen hat, um die Wirkung des Scheiders zu erhöhen. So hat man eine oder auch beide Scheiben *d* und *e* an den zueinander gerichteten Flächen mit Rippen versehen, die im Querschnitt einer Säge ähnlich sind und das Gas stärker beeinflussen, ohne die Abwanderung des ausgeschie-

denen Stoffes wesentlich zu behindern. Schließlich ist man auch dazu übergegangen, die untere feste Scheibe d durch ein Stromzuführungskabel n elektrisch anzuregen, wie dies in Abb. 207 angedeutet ist, um die Abdrängung der anzuscheidenden Teilchen im Gase nach unten zu unterstützen, womit ebenfalls sehr günstige Erfahrungen gemacht worden sind.

Der Bau des Scheiders ist in seinen Grundlagen für alle Verhältnisse der gleiche. Es ändert sich nur die Größe und die lichte Weite der Anschlüsse in Abhängigkeit von der Durchsatzleistung sowie von der Gastemperatur, unter welcher die Vorrichtung zu arbeiten hat. Die zusätzlichen, oben angedeuteten Maßnahmen hinsichtlich der dem Gasstrom zugewandten Flächenform der Scheiben oder einer elektrischen Erregung der ortsfesten Scheibe usw. hängen von den örtlichen Verhältnissen wie Gasbeschaffenheit und sonstigen Bedingungen ab, unter denen die Einrichtung betrieben werden soll. Eine weitere Leistungssteigerung hat man noch dadurch erzielt, daß zum Unterschied von der Abb. 207 mehrere Scheiben in einer Einheit übereinander angeordnet werden. Auf diese Weise kann die gewünschte Leistung sowohl durch die Wahl des Scheibendurchmessers als auch durch deren Anzahl bestimmt werden.

Die Umdrehungszahlen der Scheiben richten sich nach ihrem Durchmesser und bewegen sich zwischen 500 und 3000 U/min, wobei die Umfangsgeschwindigkeit mit Rücksicht auf die Festigkeit der Scheiben möglichst gleich gewählt wird, so daß die oben erwähnten hohen Umdrehungszahlen nur auf Scheiben verhältnismäßig kleinen Durchmessers Anwendung finden.

Zur Entteerung von rd. 4000 m³ Schwelgas täglich wurde ein solcher Scheider verwendet, der fünf Scheiben von je 350 mm enthielt. Eine solche Einheit kostet etwa 1500 RM.

Über den Kraftverbrauch dieser Einrichtung liegen genaue Messungen nicht vor, da bei den bisher gebauten Einheiten, deren Scheibendurchmesser 750 mm nicht überstieg, der Stromverbrauch zu gering war, um die Ermittlung übertragbarer Werte mit hinreichender Genauigkeit zu ermöglichen. Da die Scheiben nur im freien Gas laufen und die Gasreibung naturgemäß sehr gering ist, kommt für den Kraftverbrauch praktisch nur die Lagerreibung in Betracht.

Obwohl abgesehen von zahlreichen, sich über mehrere Jahre erstreckenden auf betriebsmäßiger Grundlage durchgeführten Versuchen keine unmittelbar aus dem Großbetriebe stammenden Ergebnisse vorliegen, wird jeder, der die Versuchsergebnisse eingeschätzt und die Einrichtung arbeiten gesehen hat, den Eindruck gewonnen haben, daß hier die Frage der mechanischen Gasreinigung in bemerkenswerter und einfacher Weise gelöst worden ist, wobei zu beachten ist, daß, da die sich drehende Scheibe keinerlei mechanische Arbeit zu leisten hat, der Kraftverbrauch der Einrichtung äußerst gering ist, und daß auch die beim Durchgang durch den Scheider verursachten Unterschiede im Gasdruck praktisch nicht wahrnehmbar sind, so daß der Gasgang der Anlage durch diese Scheidung merklich nicht belastet wird.

Hinsichtlich des Einbaues dieser Scheider in den Kreislauf des Gases ist auf die zur Abscheidung der Gasbestandteile günstigste Temperatur Rücksicht zu nehmen. Bekanntlich muß die Entteerung des Gases bei einer über dem Stockpunkt des Teeres liegenden Temperatur erfolgen, während andererseits die Entteerung um so vollkommener verläuft, je tiefer das Gas gekühlt ist. In diesem Falle werden dann mehr Leichtölanteile mit dem Teer niedergeschlagen, und es gelang auf diese Weise eine Reinigung von Schwelgas, die einem mit aktiver Kohle bestimmten Rest an Kohlenwasserstoffen von 15 g/m³ entsprach, die als sehr günstig anzusprechen ist, da sie von keiner andern mechanischen Einrichtung auch nur annähernd erreicht wird.

Bei dem auf S. 14 angeführten Borsig-Geissen-Schwelverfahren wird ebenfalls ein mechanisch wirkender Teerscheider angewendet, der in den Grundzügen mit dem vorbeschriebenen eine gewisse Ähnlichkeit hat, über den jedoch Einzelheiten nicht bekannt geworden sind.

Mechanische Schleuderwascher mit liegender Welle, wie sie von Theisen und Ding or gebaut werden, sind für die Entteerung der Schwelgase ebenfalls vielfach in Gebrauch, seit es gelungen ist, ihren Kraftbedarf stark herabzusetzen. Diese schon früher beschriebenen Bauarten[1]) können hier jedoch als bekannt vorausgesetzt und daher übergangen werden.

3. Gaswascher.

Die Waschung des Schwelgases[2]) beschränkt sich auf eine Absorption der schweren Kohlenwasserstoffe in Waschöl, entsprechend der Benzolwäsche des Koksofen- oder Stadtgases, wofür im allgemeinen stehende Türme mit ortsfestem Holzhordeneinbau angewendet werden.

[1]) I. S. 464.
[2]) I. S. 488.

Für diese Zwecke sind in neuerer Zeit Wascher mit beweglichem Einbau entwickelt und erfolgreich eingebaut worden, auf die jedoch unter Hinweis auf das Schrifttum[1]) hier nicht näher eingegangen werden soll. Hervorzuheben sind dabei die Wascher mit drehbarem Einbau von Hinselmann sowie der von Weindel. Auf der größten von der Lurgi-Gesellschaft erbauten Braunkohlenschwelanlagen wurde in Verbindung mit jedem Schwelofen ein Schleuderwascher von Walther Feld zur Gewinnung des Gasbenzins eingebaut, weshalb diese Bauart im folgenden kurz beschrieben wird.

Die neueste Bauart des Feld-Waschers ist in Abb. 209 wiedergegeben. Der Wascher besteht aus einem Blechzylinder, der durch die Böden *a* in eine Anzahl Kammern unterteilt ist, von denen jede gewissermaßen eine Wascheinheit für sich darstellt. Die Böden *a* lassen in der Mitte die senkrechte Welle *b* hindurch, die oben in dem Kugellager *c* hängt und unten von dem Elektromotor *d* über den Keilriemenantrieb *e* und das Schneckenvorgelege *f* Antrieb erhält. Für jede Waschkammer ist auf die Welle *b* eine Trichtergruppe *g* aufgekeilt, bestehend aus mehreren nach unten stark verjüngten Blechzylindern, von denen abgestuft der äußerste am niedrigsten, der innerste am höchsten ist. Dieser Trichtersatz ist von einem weiteren gleich verjüngten Zylinder *h* umgeben, dessen Oberteil fein gelocht ist. Jede Trichtergruppe taucht unten in die auf jedem Boden in gewisser Höhe stehende Waschflüssigkeit ein. Die Zugabe der Waschflüssigkeit erfolgt oben durch die Rohre *i*, und die oberste Kammer ist mit Holzlatten *k* beschickt und dient als Tropfenfänger. Das Gas tritt in die unterste Kammer durch den Schieber *l* ein und durch die auf jedem Boden vorgesehenen, gleichmäßig im Kreis verteilten Öffnungen *m* durchströmt es sämtliche Waschkammern und verläßt den Wascher oben durch den Austritt. Die Gasdurchtritte *m* in jedem Kammerboden sind mit so hohen Rändern versehen, daß ein gewisser Flüssigkeitsstand auf jedem Boden ständig erhalten bleibt und jede Trichtergruppe *g* unten stets in die Flüssigkeit taucht, die von Boden zu Boden durch die Öffnungen *m* überläuft und vom Boden der untersten Kammer durch das mit einem Tauchtopf verbundene Rohr *o* abfließt, in gleichem Maße, wie sie oben durch die Rohre *i* zugeführt wird. Bei der Auswaschung von Ammoniak oder Benzol ist zur Herabsetzung des Teildruckes eine Kühlung der Waschflüssigkeit erwünscht, was sich bei diesem Wascher durch den Einbau einer von Kühlwasser durchströmten Rohrschlange *p* in einfachster Weise ermöglichen läßt. Die Rohrschlangen sind zu diesem Zweck mit zwei in der Abb. 209 überdeckten Leitungen *q* für den Zu- und Ablauf des Kühlwassers verbunden, wobei die Schlange jeder Kammer einzeln gespeist wird oder mehrere hintereinandergeschaltet und verbunden werden. Um die Kammern vollkommen entleeren zu können, ist jeder Boden mit einem Ablaßventil *r* versehen, das gleichzeitig die Möglichkeit zuläßt, eine oder mehrere Kammern ausschalten zu können. Jede Kammer ist durch einen Stutzen *s* mit Mannlochdeckel befahrbar und an das obere Kugellager *c* ist ein Fernthermometer eingebaut mit Anzeiger *t* zu ebener Erde.

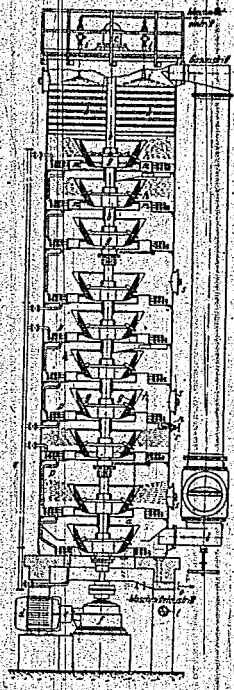


Abb. 209. Schleuderwascher von Walther Feld.

Durch die Drehung der Welle *b* wird die Flüssigkeit auf den Böden veranlaßt, auf den Innenflächen der Einzeltrichter *g* hochzusteigen, um über deren verschieden hoch gelegene Oberkante

[1]) Feuerungstechn. 25 (1937) S. 209 u. 230.

nach außen abgeschlendert zu werden, wobei durch die enge Lochung des Außenrichters eine äußerst feine Verteilung in feinste Tröpfchen bewirkt wird. Diese wenigstens teilweise Schleuderwirkung erfolgt rechtwinklig zu dem senkrecht durch die Öffnungen zu- aufsteigenden Gasstrom, so daß eine innige Berührung zwischen Gas und Waschmittel eintritt, wie sie sonst nicht zu erreichen ist. Da die Waschflüssigkeit hier im freien Raum und nicht durch Einbauten oder Füllkörper verteilt wird, ist der Druckwiderstand für das Gas sehr gering und eine sehr große Waschfläche ist in der Einheit eines Feld-Waschers vereinigt. Die Verteilung der Waschflüssigkeit durch Schleuderkraft im Feld-Wascher in diesem Fall von Wasser, ist aus der Abb. 210 erkenntlich, die die Ansicht einer oben geöffneten Kammer des Feld-Waschers zeigt. Man erkennt im Bilde den äußerst fein verteilten dichten Wasserschleier, den das Gas zu durchdringen hat. Die Wirksamkeit des Feld-Waschers zeigt sich auch darin, daß zwei Einheiten von je 8,5 m Höhe und 3 m Dmr. sechs Horden-Waschern von je 24 m Höhe und 3 m Dmr. zu ersetzen vermögen. Auf die Wirtschaftlichkeit der Feld-Wascher im Vergleich zu den üblichen Horden-Waschern kann hier nicht näher eingegangen werden, und es wird auf eine an anderer Stelle[2]) veröffentlichte zahlenmäßig belegte Gegenüberstellung verwiesen, aus der die Vergleichszahlen Abb. 211 entnommen ist, die die Unterschiede deutlich erkennen läßt.

Abb. 210. Waschmittelverteilung im Schleuderwascher von Walther Feld.

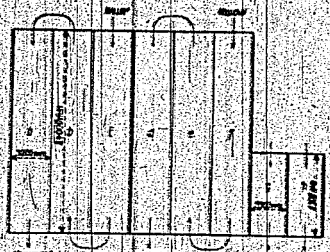


Abb. 211. Horden- und Feldwaschanlage gleicher Leistung im maßstäblichen Vergleich.

4. Waschöldestillation zur Leichtölgewinnung.

Das die Gaswascher verlassende, mit Leichtöl angereicherte Waschöl wird in den meisten Fällen in den bekannten Kolonnenabtreibern[3]) einer Wasserdampfdestillation unterworfen, wobei das Rohbenzin in Dampfform abgetrieben und in Kühlern niedergeschlagen wird, während das unten aus dem Abtreiber abfließende Waschöl in den Waschkreislauf zurückkehrt.

Von diesem altbewährten Verfahren ist die Firma Heinrich Koppers, Essen, insofern abgewichen, als sie die in der Erdöl- und Teerdestillation erprobte Röhrendestillation mit unmittelbarer Gasfeuerung im Jahre 1938 auf einer großen mitteldeutschen Braunkohlenschwelanlage erstmalig eingeführt hat. Das Verfahren soll an Hand des in der Abb. 212 schematisch wiedergegebenen Umlaufbildes kurz erläutert werden.

Das von den Waschern kommende mit Benzin angereicherte Öl wird mittels einer Pumpe *1* durch Wärmeaustauscher *2* gedrückt, in denen es durch die fühlbare Wärme des vom Benzin befreiten Waschöls vorgewärmt wird. Von den Wärmeaustauschern *2* gelangt das vorgewärmte Öl zum Röhrenofen *3*, in dessen Röhrenbündeln es auf die zum Verdampfen des Leichtöls not-

2) Brennstoff-Chem. 11 (1930) S. 453.
3) 1/ S. 499.

wendige Temperatur erhitzt wird. Der Röhrenofen 3 wird mit Gas beheizt, wozu jedes heizbare brennbare Gas verwendet werden kann. Das im Röhrenofen erhitzte Öl tritt in den Entdampfer 4 ein, in dem das Leichtöl verdampft. Die Dämpfe werden dephlegmiert, zu welchem Zweck ein Teil des gewonnenen Leichtöls mittels der Pumpe 5 in den Entdampfer 4 zurückgeführt wird. Das vom Leichtöl befreite Waschöl wird mittels der Pumpe 6 aus dem Unterteil des Entdampfers 4 abgezogen und durch Wärmeaustauschern 2 und den nachgeschalteten Waschölkühlern 7 geführt, worauf das Öl erneut zur Benzinwäsche dient.

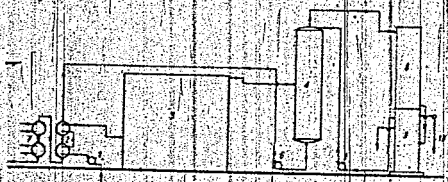


Abb. 212. Schematisches Umlaufbild der Leichtöl-Röhrendestillationsanlage von Koppers.

Die Leichtöldämpfe gelangen von dem Entdampfer 4 zum Benzinkühler 8, in dessen Unterteil eine Scheideflasche 9 angeordnet ist. Das Benzin verläßt die Scheideflasche durch die Leitung 10. In der Abb. 213 ist die Leichtölgewinnungsanlage im Lichtbild wiedergegeben, auf dem

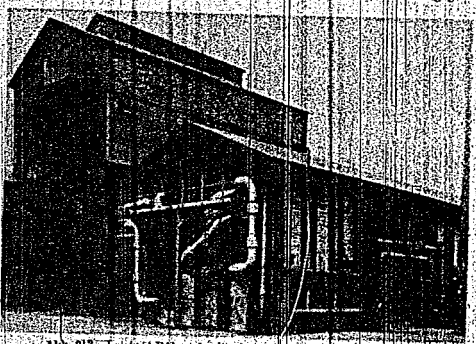


Abb. 213. Leichtöl-Röhrendestillationsanlage von Koppers auf einer mitteldeutschen Braunkohlenschwelanlage.

man die drei Gasbrenner des Röhrenofens erkennt. Hinter dem überdachten Röhrenofen ist das Haus mit den Abtreibern, Wärmeaustauschern und Benzinkühlern sichtbar, in die das den Röhrenofen verlassende hoch erhitzte Öl tritt. Bei einem an der Anlage durchgeführten Leistungsversuch wurden folgende Ergebnisse erreicht:

Waschöldurchsatz je 24 h	m^3	2 830
Wärmeverbrauch je m^3 Waschöl	kcal	44 028
Unterer Heizwert je Nm^3 Heizgas	kcal	1 814
Dampfverbrauch je m^3 Waschöl	kg	1,54
Leichtölerzeugung je 24 h	m^3	80,2
Gehalt des abgetriebenen Waschöls an Leichtöl siedend bis 180°	%	0,161

Die mitgeteilten Ergebnisse lassen die Arbeitsweise des Verfahrens erkennen. Grundsätzlich bemerkenswert ist die Verwendungsmöglichkeit minderwertiger Heizstoffe, wie jede Art von Heizgas oder von festen Brennstoffen an Stelle von Dampf. Bei großen Anlagen werden dadurch besondere Kesselanlagen für die Dampferzeugung gespart, und die Wirtschaftlichkeit der Benzingewinnung wird dadurch günstig beeinflußt.

5. Die Weiterverarbeitung des Rohleichtöls.

Das aus dem Waschöl der Schwelgaswäsche sowie das von Schwelteer abdestillierte Leichtöl muß zur Verarbeitung auf Motorenbenzin einer chemischen Weiterverarbeitung zwecks Befreiung von den darin enthaltenen, hauptsächlich aus Schwefelverbindungen und Harzbildnern bestehenden Verunreinigungen unterworfen werden. Die Reinigung des Rohleichtöls von den darin enthaltenen Schwefelverbindungen erfolgt bekanntlich durch eine chemische Wäsche mit Schwefelsäure, unter deren Einwirkung die schädlichen Schwefelverbindungen polymerisiert und abgeschieden werden. Anschließend wird das Leichtöl mit Natronlauge gewaschen, wobei die sauren Bestandteile gleichzeitig neutralisiert werden. Diese Art der Leichtölreinigung ist nicht nur umständlich und zeitraubend, sondern auch teuer, und zwar einmal infolge der dabei auftretenden Waschverluste, dann aber auch durch den unmittelbaren Aufwand an Säure und Lauge. An Versuchen, etwas Besseres an die Stelle dieses Verfahrens zu setzen, hat es nicht gefehlt. Im folgenden wird das für diesen Zweck entwickelte Verfahren von Rostin kurz beschrieben.

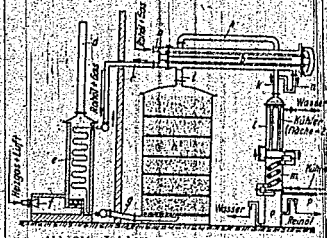


Abb. 214. Leichtöleredlungsanlage von Rostin.

6. Rostin-Verfahren.

Von der üblichen chemischen Behandlung des Rohleichtöls mit Schwefelsäure und Lauge weicht das Verfahren von Rostin[1]), das in mehrjährigen Versuchen zur Betriebsreife entwickelt wurde, vollkommen ab, insofern, als an die Stelle der nassen chemischen Behandlung des Leichtöls eine thermische tritt. Eine solche Anlage, auf einen Tagesdurchsatz von 7 t Leichtöl zugeschnitten, ist in der Abb. 214 schematisch wiedergegeben. Das Rohleichtöl, so wie es vom Abtreiber oder aus der Teerdestillation kommt, gelangt zusammen mit einem als Träger dienenden Gas, wozu sich besonders Wassergas eignet, durch den Anschluß *a* in den Wärmeaustauscher *b*, wonach das aus Gas und Leichtöldämpfen bestehende Gemisch durch die Verbindungsleitung *c* in den mit Schornstein *d* versehenen Schlangenüberhitzer *e* tritt, dessen Rohrschlange durch den Gasbrenner *f* beheizt wird. Die Schlange mündet unten in das Austrittsrohr *g*, das auf dem Boden des Kontaktturmes *k* liegt. Dieser Turm ist mit mehreren auf Rosten ruhenden Lagen eines körnigen in der Natur vorkommenden eisenhaltigen Minerals gefüllt, das auf etwa 350° C erhitzt wird, ohne Anwendung von Außenbeheizung. Der Turm *k* wird von außen mit Wärmeschutzmasse umgeben, wodurch die durch Abstrahlung entstehenden Wärmeverluste stark herabgesetzt werden. Die Berührung der durch den gasförmigen Träger fein verteilten Leichtöldämpfe mit dem auf etwa 350° C erwärmten Kontaktstoff löst gewisse chemische Vorgänge aus, deren Wesen wahrscheinlich noch nicht in allen Einzelheiten erkannt ist. Bewiesen ist nur, daß durch diese Behandlung die Beschaffenheit des Rohleichtöls wesentlich verändert wird, und nach einer anschließenden Destillation erhält man ein den bestehenden Vorschriften vollkommen entsprechendes Motorenbenzin. Das Gas-Leichtöldampfgemisch verläßt den Kontaktturm *k* oben durch den Anschluß *i* und tritt im Gegenstrom zu dem eingeführten Rohleichtöl durch den Wärmeaustauscher *b*, und aus diesem durch die Leitung *k* in den Wasserkühler *l* mit Nachkühler *m*, worin das Benzin niedergeschlagen wird. Flüssiges Benzin, das bereits im Wärmeaustauscher *b* ausgefallen sein sollte, wird durch das Syphon *n* in die Leitung *k* und dadurch in

[1]) Öl u. Kohle 13 (1037) S. 575.

den Kühler *l* überführt. Benzin und Wasser trennen sich in der Scheideflasche *f*, während das Gas durch den Anschluß *p* in den Betriebskreislauf zurückgeführt wird.

Bei diesem bemerkenswerten Verfahren werden nicht nur die Schwefelverbindungen aufgespalten und unschädlich gemacht, sondern es werden auch die mit dem Leichtöl vermischten höher siedenden Ölbestandteile durch die Berührung mit der glühenden Kontaktmasse gespalten und in leichte Kohlenwasserstoffe überführt. Es tritt dabei auch bei der Verarbeitung eines niedrigprozentigen Leichtöls ein mengenmäßiger Verlust nicht ein, was gegenüber dem Waschverfahren als größter Vorteil neben dem Fortfall der Ausgaben für die chemischen Waschmittel zu werten ist. Von dem behandelten Benzin wird die bis 180° C übergehende Fraktion durch Destillation abgenommen, die ein fertiges und den bestehenden Vorschriften durchaus entsprechendes wasserhelles Motorenbenzin darstellt, das in 100 cm³ 2—3 mg Harz enthält und 0,2—0,3% Schwefel.

Die Kontaktmasse nimmt natürlich Schwefel aus dem Benzin auf und verliert dadurch allmählich ihre Reaktionsfähigkeit. Bezogen auf 100 kg Kontaktmasse können 5 t Rohbenzol oder entsprechende Mengen Schwelleichtöl behandelt werden, ehe ein Nachlassen der Wirkung bemerkbar wird. Die Masse wird dann ohne Ausbau regeneriert, indem bei erhöhter Temperatur Wassergas hindurchgeleitet und der aufgenommene Schwefel in Form von Schwefelwasserstoff ausgetrieben wird, wonach die Masse wieder gebrauchsfertig ist. Im Rahmen der Kraftstoffwirtschaft ist diesem Verfahren eine große Bedeutung nicht abzusprechen. Eine größere Betriebsanlage zur Benzolreinigung ist in Betrieb, eine weitere für die Verarbeitung von Braunkohlenleichtöl ist im Bau.

Das Verfahren wurde auf Gaswerken[1]) entwickelt, bei denen es sich um die Reinigung von Benzol handelt. Es wurden aber auch wiederholt Schwelleichtöle durchgesetzt und dabei einwandfrei festgestellt, daß das Verfahren sich dafür in noch höherem Maße eignet und große Anteile höher siedender Öle thermisch aufgespalten werden, so daß hierbei mit besonders guten Ausbeuten zu rechnen ist.

7. Reinigung und Verwendung des Schwelgases.

Das anfallende Schwelgas der Braunkohlenschwelanlagen wird meist zur Beheizung der Schwelöfen verwendet, und der Überschuß wird in eigenen Betriebe zur Dampferzeugung oder

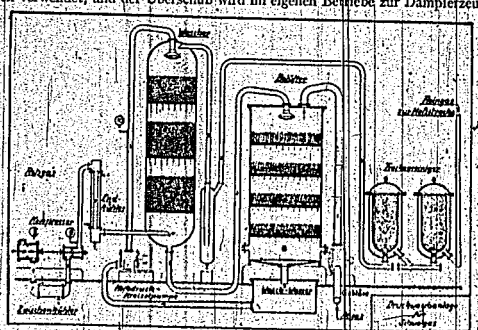


Abb. 218. Umlaufbild einer Druckgaswasch.

für Destillationszwecke untergebracht. Der Heizwert des Gases entspricht bei der Braunkohlenspülgasschwelung dem von Generatorgas, während er bei Öfen mit Außenbeheizung mit über 5000 kcal/m³ den des Stadtgases übertrifft.

[1]) Glickauf 71 (1935) S. 302; Öl u. Kohle 13 (1937) S. 575.

Das in den Gasen-Schwelöfen der Schwelanlage auf der Grube Leopold zu Edderitz anfallende Schwelgas wird durch eine 30 km lange, zu einem Strang verschweißte Leitung an das Gaswerk der Stadt Dessau abgegeben, worüber A. Jahn[1]) berichtete. Das Schwelgas mit einem oberen Heizwert von 5141 und einem unteren von 4793 kcal/Nm³ hat bei 0° C und 760 mm bei ein spezifisches Gewicht von 1,294 bezogen auf Luft = 1. An festen Bestandteilen enthält es 3,5% Schwefelwasserstoff und 33,4% Kohlendioxyd, die als schädlicher Ballast anzusprechen sind und daher entfernt werden müssen, wodurch sich der Heizwert entsprechend erhöht. Da das Gas zur Beförderung auf 30 km stark verdichtet werden muß, passiert es zunächst hinter dem Verdichter eine Druckwasserwäsche und anschließend zwei Eisenoxydreiniger, die die letzten Spuren von Schwefelwasserstoff zurückhalten. Die Druckwasserwäsche mit Trockenreinigeranlage ist in der Abb. 215 schematisch dargestellt, aus der alle Einzelheiten hervorgehen. Die Wirkung dieser Anlage zeigt die folgende Zusammenstellung, deren erste Spalte die Zusammensetzung des rohen, die zweite die des gereinigten Schwelgases wiedergibt.

	Braunkohlenschwelgas roh %	Braunkohlenschwelgas gereinigt %		Braunkohlenschwelgas roh %	Braunkohlenschwelgas gereinigt %
H_2S	3,5	0,0000	CO	12,2	19,0
CO_2	33,4	6,6	H_2	10,6	25,2
C_nH_m	3,2	3,3	C_nH_m	3,0	9,3
CH_4	13	16	CH_4	17,5	34,6
O_2	0,9	1,0	N_2	4,4	7,8

	Braunkohlenschwelgas roh	Braunkohlenschwelgas gereinigt
Spez. Gewicht (Luft = 1)	0,983	0,650
Spez. Gewicht (Luft = 1) trocken 0° C, 760 mm	1,294	0,965
Oberer Heizwert	5141 kcal/Nm³	6995 kcal/Nm³
Unterer Heizwert	4793 „	6293 „

Es werden jährlich rd. 3 Mill. m³ Gas an die Stadt Dessau abgegeben, wo sie mit etwa der gleichen Menge Wassergas gemischt auf ein normgerechtes Stadtgas verschnitten werden. Wegen weiterer Einzelheiten, insbesondere hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens muß auf das angegebene Schrifttum verwiesen werden.

[1]) Gas- u. Kraftw. 2 (1934) S. 212.

Schrifttum: Gasbehandlung und Einrichtungen.

M. Naphtali, Leichte Kohlenwasserstofföle, Verl. Knapp, Berlin 1928. — L. Steinschneider, Die Hochvakuumanlage System Steinschneider-Pforpe, Mitt. Inst. f. Kohlenvergasung, Wien 2 (1930) S. 33. — E. Graefe, Die Verwendung von Aktivkohle in der Braunkohlenindustrie, Brennstoff-Chem. 3 (1922) S. 167. — A. Thau, Elektrische Niederschlag des Teers; Glückauf 58 (1922) S. 144. — Ders., Braunkohlen- und Urteerabscheidung aus Schwelgasen; Braunkohle 22 (1923) S. 193. — J. Weyl, Elektrische Entteerung; Stahl u. Eisen 46 (1926) S. 1863. — A. Thau, Die Leichtölgewinnung aus Braunkohlenschwelgasen; Braunkohle 25 (1926) S. 741, 764, 782. — Ders., Neuzeitliche Einrichtungen zur mechanischen Reinigung von Kohlengasen; Brennstoff-Chem. 11 (1930) S. 416. — Ders., Leichtölgewinnung aus Urteer; Z. oberschles. berg- u. hüttenm. Ver. 69 (1930) S. 659. — Ders., Stehende Schleuderwascher zur Gasreinigung; Wass. u. Gas 22 (1932) S. 803. — Richter, Benzingewinnung aus Braunkohlengas durch Spaltung in Gegenwart von Oberflächenkatalysatoren; Braunkohlenarch. 1934, Nr. 42, S. 49. — H. Eiting, Betriebserfahrungen mit der elektrischen Entteerung; Gas- und Kraftw. 74 (1934) S. 103. — Kirk, Wichtige Verfahren zum Industrieschutz bei der elektrischen Gasreinigung; Braunkohlenarch. 1934, Nr. 44, S. 3. — A. Thau, Waschen für Kohlen- und Kokesgas; Feuerungstechn. 25 (1937) S. 269 u. 291.

IX. Schwelerzeugnisse.

Das Haupterzeugnis sowohl bei der Braun- als auch Steinkohlenschwelung ist mengenmäßig der Koks, und, da von seinem Wert die Wirtschaftlichkeit der Anlagen abhängig ist, hat man seiner Herstellungsweise und seinen Verwendungsmöglichkeiten große Aufmerksamkeit geschenkt, wovon ein sehr umfangreiches Schrifttum beredtes Zeugnis ablegt.

Auch auf dem Gebiete der Verwertung von Schwelteer und Leichtöl ist die Forschung sehr rege gewesen, abgesehen davon, daß durch die in großem Maßstabe eingeführte Druckhydrierung von Schwelteer und Leichtöl eine ganz neue Industrie entstanden ist. Hinsichtlich der Verwendung des Steinkohlenschwelteers bemüht man sich, auf möglichst einfachem Wege zu einem normgerechten Heizöl zu gelangen, wobei man die übliche Destillation wegen der zusätzlichen Pechbildung umgehen möchte. Die dahingehenden Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Als weiteres, allerdings sehr unerwünschtes, Erzeugnis ist noch das Schwelwasser anzuführen, dessen Beseitigung mit einem oft erheblichen Kostenaufwand verknüpft ist. Das allgemein erkennbare Bestreben geht dahin, den Schwelofen mit möglichst trockener Kohle zu beschicken und den Schwelwasseranfall dadurch auf das chemisch gebildete Wasser zu beschränken.

a) Braunkohlenschwelkoks.

Braunkohle, Lignit und Glanzkohle zerfallen während der Schwelung, und vor allem der aus Rohbraunkohle gewonnene Schwelkoks hat einen geringen Formwert, so daß er meist nur in besonderen Hausbrandöfen, den sogenannten Grudeöfen oder auch für Kesselfeuerungen, deren Roste auf diesen Brennstoff zugeschnitten sind, verwendbar ist. Im letzten Jahrzehnt hat man, abgesehen von den Brennstaubfeuerungen, Einrichtungen entwickelt, welche dem feinkörnigen Schwelkoks ein größeres Anwendungsgebiet erschließen, nämlich:

1. besondere Rostbauarten für Dampfkessel: Zonenwanderrost, Pilzrost,
2. besondere Bauarten von Gaserzeugern: Winklergenerator[2]) und das Lurgi-Hochdruckvergasungsverfahren[3]).

Die unter 1. angeführten Einrichtungen werden weiter hinten besprochen, während die unter 2. erwähnten Gaserzeuger unter Hinweis auf das Schrifttum hier außer Betracht bleiben.

Der bei der Braunkohlenschwelung anfallende Koksrückstand[4]) wurde, solange man lediglich vom Durchsatz der Rohbraunkohle ausging, als Grudekoks abgesetzt, während ein verhältnismäßig geringer Anteil Aufnahme in der Industrie fand.

Eine andere Sorte Grudekoks, hergestellt durch Spülgasschwelung von Strangpressenbriketts in den Öfen der Dea zu Rositz[5]), kam unter dem Namen Brickkoks auf den Hausbrandmarkt und fand bei grobkörniger und leichtverbrennlicher Beschaffenheit gute Aufnahme. Als man nun dazu überging, auch in den Rolle-Öfen Briketts durchzusetzen, gewöhnte sich der Hausbrandmarkt an diesen für Grudeöfen sehr geeigneten Brennstoff, während der aus Rohbraunkohle hergestellte feinkörnigere Koks überwiegend Aufnahme in der Industrie findet, soweit er nicht brikettiert wird. Als dritte Braunkohlenschwelkokssorte ist nur noch der aus Ringwalzenbriketts im Spülgasschwelofen hergestellte Braunkohlenstückkoks hinzugetreten, der gegenwärtig unter dem Namen Brikozit auf dem Markte erscheint. Diese Entwicklung in der Verbesserung der Schwelkoksbeschaffenheit ist aus der Abb. 216[6]) ersichtlich, in der ganz links der aus Rohbraunkohle in Schwelöfen mit Außenbeheizung erzeugte Grudekoks, in der Mitte Spül-

[1]) K. Baum, Berichtheft Darmstadt 1936, VDI-Verl., S. 65.
[2]) R. Drawe, Gas- u. Wasserfach 80 (1937) S. 806.
[3]) I. S. 526.
[4]) I. S. 233.
[5]) VDI-Hauptversammlung Darmstadt 1936, Fachvorträge, VDI-Verl. Berlin, S. 73.

Grudekoks aus Strangpreßbriketts und ganz rechts Braunkohlenstückkoks aus Ringwürfelbriketts wiedergegeben ist. Die grundlegenden Bedingungen für die Herstellung von stückigem Braunkohlenkoks erforschten H. Block und O. Schrader[2]) und berichteten darüber in mehreren ausführlichen Arbeiten, auf deren Inhalt hier hingewiesen wird. Das Verhältnis der einzelnen Körnungen zueinander und die Abhängigkeit der Koksfestigkeit von diesen Bedingungen ist darin auf Grund eingehender Versuche ermittelt worden.

Ein sichtlich des früheren Kenntnisstandes der Fortschritt des aus Briketts erzeugten Grudekokses gegenüber dem aus Rohbraunkohle liegt offensichtlich, und da der Briketkoks in keiner Stelle einer Überhitzung ausgesetzt wird, so ist seine brennmechanischen Eigenschaften ebenfalls vorzüglich, trotzdem beschränkt sich die Anwendung dieser Koksarte hauptsächlich auf die Gruben, in deren Brennstoff er geschaffen und bevorzugt wird. Hier soll erwähnt werden, daß das Grudekoks des Brikettkokses ausgesetzt und in Drehrostfeuerungen vergast werden kann. Aus diesem in den letzten Jahren jährlich geschwelten 3,5 Mill. t Braunkohle wurden 200 000 t Schwelkoks erzeugt und von dieser Menge würde etwa die Hälfte = 100 000 t Grudekoks für Brennstoffzwecke (rund überschlagen) 100 000 t fanden in den Kesselhäusern der mit den Schwelereien verbundenen Kraftherzeugungsanlagen Verwendung, während ein Rest von 200 000 t in der wertig unterschätzt werden mußte. Die Schwierigkeit einer Verwendung dieser Restmengen war es, die zur Einstellung der Schwelanlagen, glücklicherweise aber nicht ihrer technischen Entwicklung wirksam sind, eines Jahrzehntes stark beherrscht hat. Gewisse Mengen der Schwelkoks erzeugen sich auch für Sonderzwecke Absatz, wie beispielsweise zur Herstellung von Schwarzfarben, und bei seiner großen Oberfläche kann der Braunkohlenschwelkoks auch als Ausgangsstoff zur Erzeugung von aktiver Kohle, Entfärbungskohle und als Filterkohle. Immerhin ist der Absatz auf diesen Sondergebieten so begrenzt, daß er keinen sehr fühlbaren Einfluß auf den Gebrauch der genannten Restmenge ausübt.

Abb. 216. Braunkohlenschwelkoks von links nach rechts: Grudekoks aus Rohbraunkohle, Mitte: Schwelkoks aus Braunkohlenbriketts, rechts: Braunkohlenstückkoks.

Die in Haushaltungen verbrauchten 400 000 t Grudekoks sollen als fest stehender Absatz in diesem Zusammenhang ausscheiden, jedoch soll hier nicht unerwähnt bleiben, daß dieser Markt heute wesentlich verschärfte Bedingungen hinsichtlich der Beschaffenheit des Grudekokses fordert und auf grobkörnige und sehr leicht verbrennliche Beschaffenheit besteht. Diesen Forderungen wird durch die Schwelung von Briketts an Stelle von Rohbraunkohle entsprochen, womit die Frage bei ihrer Gegenüberstellung aufgedrängt sein mag, ob nicht auch den sogenannten Brikettkoks auf dem Markt brauche, der heute den Verbrauchern solchen Anklang fand, daß noch andere Erzeugungsstätten zum Durchsatz von Briketts übergingen, um den Anforderungen des die Hausbrandzungen bevorzugenden Grudekoksmarktes gerecht zu werden.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß etwa 200 000 t Schwelkoks in den Kesselhäusern von Kraftwerken verfeuert werden, die unter der Bezeichnung Schwelkraftwerke mit den Schwelanlagen gekuppelt sind. Vorangegangen auf diesem Wege ist das Braunkohlen-Schwelkraftwerk Hessen-Frankfurt AG. (Hefraag) zu Wölfersheim in Oberhessen. Der dort in Gossen-Ofen der Kohlenveredlung und Schwelwerke AG., Berlin, erzeugte Schwelkoks wird als Brennstoff unter den Kesseln verfeuert. Wegen der Einzelheiten, die hier übergangen werden sollen, sei auf einen ausführlichen, von Petersen[3]) erstatteten Bericht hingewiesen.

Dieser Beispiele hat die Möglichkeit bewiesen, größere Mengen von Braunkohlenschwelkoks bei einer solchen Kupplung unterbringen zu können, ohne den Brennstoffmarkt damit zu belasten. In der Gegenwart hat man diesen Weg erneut beschritten und zwei große moderne Kraftwerke durch Schwelanlagen ergänzt. Die Kupplung erfolgt in der Weise, daß auch in diesen von der Grube zum Kesselhaus des Kraftwerkes führenden Weg der Kohle eine Schwelanlage geschaltet ist. Die Kohle wird dabei durch eine Brikettierung in normalen Sortengrößen umgewandelt, um ihr die zur Spülgasschwelung erforderliche Stückigkeit zu verleihen, während die

[2]) Braunkohle 20 (1920), S. 645, 36 (1937), S. 783.
[3]) Ol u. Kohle 3 (1923) S. 206.

Brikettfabrik gleichzeitig als Puffer zwischen Förderung und Durchsatz der Schwelanlage dient. Der anfallende Schwelkoks wird gemahlen und als Brennstaub im Kraftwerk verfeuert.

Der auf diesen neuen Schwelereien gewonnene Teer wird durch Wasserstoffanlagerung in Hydrieranlagen auf leicht siedende Betriebsstoffe verarbeitet; und 20% des anfallenden Kokses werden zur Wassergaserzeugung verbraucht. Da alle Versuche, den feinkörnigen Braunkohlenschwelkoks im ruhenden Feuerbett zu vergasen, gescheitert sind, hat erst das von Winkler bei der I.-G. Farbenindustrie AG. entwickelte Vergasungsverfahren, bei dem der Koks von dem eingeblasenen Sauerstoff und Wasserdampf in der Schwebe und in Wallung gehalten wird, die lange gesuchte Lösung der Gaserzeugung aus feinkörnigem Braunkohlenschwelkoks gebracht. Damit eröffnet sich ein weiteres umfangreiches Absatzgebiet für den Braunkohlenschwelkoks, zumal da die Wassergaserzeugung noch stetig an Bedeutung gewinnt.

Zur Herstellung von Wassergas aus Braunkohlenschwelkoks eignet sich auch der Druckgaserzeuger der Lurgi, worüber Oetken[1]) berichtete. Bei diesem Verfahren wird ebenfalls feinkörniger Brennstoff in einem Schacht, der unter einem Überdruck von 10—20 at steht, unter Zugabe von Sauerstoff und Wasserdampf vergast. Erfolgreiche Versuche mit feinkörnigem Schwelkoks haben die Brauchbarkeit dieses Verfahrens erwiesen.

Die Anwendung dieser Verfahren, sowohl der Brennstaubfeuerung in Kraftwerken als auch der Wassergaserzeugung auf Grundlage des Braunkohlenschwelkokses, ist an Anlagen mit großen Leistungen gebunden, und die weitere Ausdehnung ist daher beschränkt.

Es hat auch nicht an Versuchen gefehlt, den Braunkohlenschwelkoks in kleineren Kesselhäusern zu verfeuern. Hier muß eingeschaltet werden, daß auf allen Anwendungsgebieten mit Ausnahme des Haushaltabsatzes der Preis für den Schwelkoks nur auf Grund seines Wärmeinhaltes eingesetzt werden kann, da ihm bei seiner feinkörnigen Beschaffenheit der Formwert fehlt. Der Wärmeinhalt ist nun hinsichtlich der Preisgestaltung kein fester, sondern ein relativer Begriff. Bei der Bewertung auf Heizwertgrundlage muß man immer von den auf die Kalorie bezogenen Kosten desjenigen Brennstoffs ausgehen, die der Schwelkoks zu ersetzen bestimmt ist oder der an Stelle des Schwelkokses verfeuert werden müßte. Es ist also nicht möglich, eine feststehende Bewertung des Schwelkokses auf der Grundlage seines Heizwertes anzunehmen, da diese von den Frachten und anderen örtlich gegebenen Verhältnissen wesentlich beeinflußt wird.

Die Bedeutung des Schwelkokses für die Braunkohlenwirtschaft hat Vorbrodt[2]) in einer bemerkenswerten Arbeit zusammengestellt, auf die hier nur mit einer kurzen Bemerkung eingegangen werden soll.

Danach wird der Eigenbedarf des Schwelwerkes an Wärme nur noch durch die Verwendung von Schwelkoks gedeckt, der zur Dampferzeugung für die Trocknung, Leichtöldestillation usw. verfeuert wird. Diese Möglichkeit ist jedoch stark von den örtlichen Verhältnissen abhängig, insofern, als in den mit den Braunkohlentagebauen verbundenen Kesselhäusern in den meisten Fällen eine sonst nicht verwertbare minderwertige Kohle verfeuert wird, und zwar die unmittelbar über dem Liegenden abgebaute, die sich zur Brikettierung wegen ihres hohen Letten- und Aschengehaltes nicht eignet. Wollte man diese Kohle im Kesselhaus durch Schwelkoks verdrängen, so könnte sie überhaupt nicht gefördert werden, und sie müßte in der Grube unabgebaut stehen bleiben. Gerade dieser Umstand erschwert in wirtschaftlicher Beziehung die Verwendung des Schwelkokses in Eigenbetrieben, die von Tagebauen abhängig sind, während für die mit Tiefbaugruben verbundenen Betriebe andere Bedingungen maßgebend sind, so daß die eben erwähnten Voraussetzungen zutreffen. Aber auch dabei bietet die Schwelkoksverfeuerung auf der Preisgrundlage des Heizwertes keinen starken Anreiz, wenn nicht eine Kohle mit verhältnismäßig hohem Teergehalt in den Schwelöfen durchgesetzt wird, um dadurch den infolge des niedrigen Koksertrages eintretenden Ausfall in der Wirtschaftlichkeit ausgleichen zu können.

In technischer Hinsicht ist die Verfeuerung des Schwelkokses in Verbindung mit Dampfkesseln schon seit einer Reihe von Jahren einwandfrei gelöst, und es sind mehrere Rostbauarten entwickelt worden, die der Eigenart des Braunkohlenschwelkokses in physikalischer und chemischer Hinsicht Rechnung tragend, ohne weiteres angewendet werden können.

Die Vereinigten Kesselwerke AG. in Düsseldorf entwickelten nach einem Bericht von Foos[3]) einen Wanderrost für die Verfeuerung von Braunkohlenschwelkoks, wobei der Rost, der Feinkörnigkeit dieses Brennstoffs Rechnung tragend, einen Schuppenbelag erhielt. Wegen der Ein-

[1]) 74. VDI-Hauptversammlung Darmstadt 1934. Fachvorträge. S. 73. VDI-Verlag Berlin.
[2]) Braunkohle 33 (1934) S. 694.
[3]) Braunkohle 28 (1929) S. 161.

zelheiten dieser Bauart muß hier auf das angegebene Schrifttum verwiesen, und es soll nur noch bemerkt werden, daß mit diesen Rosten bei Neuanlagen eine Dampfkesselbelastung von 40 bis 50 kg/m² bei einem Gesamtwirkungsgrad bis zu 80% der Kesselanlage einschließlich der Vorwärmerwirkung erreichbar ist, bei Verwendung eines Braunkohlenschwelkokses mit einem Wassergehalt von 5—15%. Die gleiche Gesellschaft entwickelte außerdem einen mechanischen Vorschubrost [3] für kleinere Kesselanlagen, Flammrohrkessel usw., der für die Verfeuerung von Braunkohlenschwelkoks mit besonderen, den Durchfall verhindernden Roststäben ausgerüstet und grundsätzlich dem Treppenrost nachgebildet ist.

Über eine von der Dampfkessel- und Maschinenfabrik L. & C. Steinmüller, Gummersbach, zur Verwendung von Braunkohlenschwelkoks entwickelte Feuerung berichtete Mitrat [4]. Es handelt sich hierbei um einen Zonenwanderrost, der auf der Grube Ciser in Westerhüttenhaut wurde und von Anfang an befriedigte. Wegen der Einzelheiten der Bauart und der [illegible] der ausgeführten Betriebsergebnisse muß hier auf das angegebene Schrifttum verwiesen werden.

Bei der Kohlenveredlung und Schwelwerke AG., Berlin, entwickelte Greyssen [illegible] den Zwecke einen Schräm- oder Pilzwanderrost, der zuerst von Hoppe [5] und später von [illegible] beschrieben wurde. Es handelt sich dabei um einen Unterwindwanderrost, dessen Roste aus eisernen Platten besteht, die gegeneinander dicht aufeinandergreifen und die in [illegible] Verteilung über die Fläche je 90 Durchbohrungen haben. Diese als Luftdurchtritt [illegible] Durchbohrungen sind von Gußeisenkappen in Form eines Pilzes überdeckt und so befestigt, daß sie mit dem Rand nicht aufsitzen, sondern durch einen Spalt von etwa 2 mm Höhe die Luft allseitig austreten lassen. Auf diese Weise wird bei der großen Zahl der von dem Schwelkoks umspülten Pilze eine sehr gleichmäßige Verteilung der Verbrennungsluft und damit ein guter Ausbrand erreicht. Wegen der Einzelheiten und der günstigen Ergebnisse, die nach fünfjähriger Betriebsdauer ermittelt wurden, sei auf das angeführte Schrifttum verwiesen.

Über die Sonderbauart einer in Verbindung mit Flammrohrkesseln zur Verfeuerung von Braunkohlenschwelkoks geeigneten Feuerung berichteten Bube und Nemitz [6]. Diese Feuerung bestand aus einem normalen Muldenrost für Braunkohle, auf dem mit Absicht möglichst wenig gelüftet werden sollte. Der an sich verhältnismäßig geringfügige Umbau erstreckte sich hauptsächlich auf eine Veränderung der Rostbahn und zwar wurden die beiderseitigen Rostteile in Grätenform 15 cm tiefer und gegen die Flammrohre von den Feuertüren aus leicht ansteigend mit einem Neigungswinkel von 7—8° C verlegt. Die beiderseitigen Einlaßöffnungen für die Braunkohle wurden vermauert, und nur an den Enden durch je eine Öffnung von etwa 25 × 15 cm Größe für den Zutritt des Schwelkokses, der sich nach Maßgabe seines Abbrandes über den Rost, der eine Spaltbreite von 2 mm hat, ausbreitet, und an den Flankokswänden einströmen, wurde das hintere Ende des Rostes auf eine Länge von 25 cm mit Schamotte abgedeckt. Die Feuerung arbeitet mit mittlerem Schrankzug, und um eine Schlackenbildung auf dem Rost zu verhüten, wird eine Erstluft mit 35—38° C Dampfsättigung angeführt. Wegen [illegible] mit dieser, einem älteren Flammrohrkessel vorgebauten Schwelkokstfeuerung erzielten Ergebnisse, die durchaus befriedigen, sei auf die angeführte Arbeit verwiesen. Die Bauart dieser Feuerung ist deshalb besonders bemerkenswert, weil sie als Beispiel dafür gelten kann, daß man auch mit sehr bescheidenen Mitteln den Braunkohlenschwelkoks verfeuern und ihn auch kleineren Betrieben zuführen kann, die vor einer großen Kapitalanlage zum Bau kostspieliger Feuerungseinrichtungen zurückschrecken. Eine zweite, von dem gleichen Verfasser im engen Zusammenhang beschriebene Trichterfeuerung für Braunkohlenschwelkoks, die sich auch für größere Kessel eignet, soll hier nur erwähnt werden.

Die vorstehend angeführten Rost- und Feuerungsbauarten lassen erkennen, daß die Aufgabe der Verfeuerung feinkörnigen Braunkohlenschwelkokses eine mehrfache und durchaus befriedigende Lösung gefunden hat und weder Mühe noch Kosten gescheut wurden, um für diesen Zweck brauchbare Einrichtungen zu entwickeln, ohne auf die Staubfeuerung zurückgreifen zu müssen, die sich vornehmlich für große Kesselhäuser eignet.

Ein anderer und in neuerer Zeit erfolgreich beschrittener Weg, um die Verfeuerung von

[3] Braunkohle 28 (1929) S. 163.
[4] Braunkohle 28 (1929) S. 164.
[5] Braunkohle 28 (1929) S. 170.
[6] Z. d. V. dt. Ing. 73 (1929) S. 936.
[7] Braunkohle 30 (1931) S. 425.

Braunkohlenschwelkokses zu erleichtern, besteht in der Erhöhung seines Formwertes. Die obigen Ausführungen ließen bereits erkennen, daß es sich bei dem Braunkohlenschwelkoks um einen Brennstoff handelt, der hinsichtlich seiner chemischen und physikalischen Beschaffenheit mit anderen Brennstoffen nicht in Wettbewerb treten kann. Bei dem hohen Sauerstoffgehalt der Braunkohle besitzt sie keinerlei Backfähigkeit, und schon bei der Trocknung neigt sie infolge ihres hohen Wassergehaltes stark zum Zerfall.

Die Möglichkeit, den Schwelkoks in Form fester, leicht verbrennlicher Schwelkokspreßlinge verwenden zu können, eröffnet ganz neue Wege in der Brennstofftechnik und insbesondere auf dem Gebiet der Vergasung. Wir wissen, daß der Gaserzeugerbetrieb um so leichter und regelmäßiger verläuft, je gleichmäßiger das Gas die Beschickungssäule zu durchdringen vermag, und in dieser Beziehung stehen die Schwelkokspreßlinge mit ihrer hohen Reaktionsfähigkeit unerreicht da, insbesondere, weil sie nicht erweichen und ihre Form beibehalten, bis sie vollkommen ausgebrannt sind. Vorsicht ist bei der Vergasung geboten, wenn es sich um Preßlinge handelt, deren Aschenschmelzpunkt verhältnismäßig tief liegt. Beim ortsfesten Gaserzeuger wird man in solchem Falle mit hoher Sättigung der Verbrennungsluft arbeiten, um der Schlackenbildung entgegenzuwirken, während für den Fahrzeuggenerator Preßlinge mit zu niedrigem Aschenschmelzpunkt auszuscheiden.

Die nach dem Weber-Verfahren aus Braunkohlenschwelkoks hergestellten Preßlinge wurden von unabhängiger Seite auf ihre Eignung als Hausbrand untersucht mit den folgenden Ergebnissen:

Unterer Heizwert	6501 kcal/kg	=	100,0%
Verlust durch freie Wärme der Abgase	975 kcal	=	17,7%
Verlust durch unverbrannte Gase	99 „	=	1,8%
Verlust durch Unverbranntes i. d. Herdrückständen	28 „	=	0,5%
Nutzbar gemachte Wärme	4399 „	=	80,0%
	6501 kcal	=	100%

Da das Verhalten der Preßlinge im Hausbrandfüllofen dem Gaserzeugerbetrieb verwandt ist, kann die obige Zusammenstellung[1]) auch dafür als Beispiel dienen.

Eine Brikettieranlage nach Weber war auf dem Reichsbahnkraftwerk Muldenstein in Betrieb und über die Verwendung der dort erzeugten Preßlinge aus Braunkohlenschwelkoks im Fahrzeuggaserzeuger von Motorkleinlokomotiven berichtete Jessen[2]), der zugleich errechnete, daß, während 2 kg heimisches Holz 1 l flüssigen Treibstoff ersetzen, 3 kg Schwelkoks 2 l Treibstoff ersetzen, so daß sich die Verwendung von Schwelkoks nicht nur unmittelbar günstiger stellt, sondern auch durch die Schwelung der Braunkohle die Teergewinnung im volkswirtschaftlichen Sinne begünstigt wird. Die Vergasung von Schwelkokspreßlingen im Fahrzeuggenerator hat auch deshalb große Vorzüge, weil es sich um einen vollkommen trockenen und teerfreien Brennstoff handelt, so daß das daraus erzeugte Gas auf seinem Wege zum Motor sehr leicht zu reinigen ist. Mehrere solcher Kleinlokomotiven sind seitens der Reichsbahn in Dienst gestellt worden und haben sich gut bewährt.

Wenn die Schwelkokspreßlinge sich im Fahrzeuggenerator bewährt haben, so steht ihre Verwendbarkeit im ortfesten Gaserzeuger außer Frage und zwar trifft dies sowohl für den unter Druck stehenden als auch für den Sauggasgenerator in gleichem Maße zu.

Außer dem sauberen und leicht beeinflußbaren Gaserzeugerbetrieb mit Schwelkoks in genormter Form und seiner ebenfalls günstig erprobten Verwendung in Hausbrandöfen steht die Verfeuerung in Industrieöfen, insbesondere zur Dampfkesselbeheizung noch offen, und geeignete Rostbauarten müssen für diese Zwecke noch entwickelt werden.

Die feuerungstechnisch günstigste und leicht bedienbare Einrichtung wäre der Einbau eines Gaserzeugers an Stelle der Feuerung unmittelbar in den Kessel, so daß diesem auch die fühlbare Wärme der Generatorgase zugute käme. Man kann diesem Vorschlag entgegenhalten, daß das Gas vorher entstaubt werden müsse, aber bei dem in der Form genormten Schwelkoks ist bei den glatten Außenflächen der Abrieb an sich und damit die Staubentwicklung sehr gering und keinesfalls größer als bei Kesseln, die mit Brennstaub beheizt werden. Solche Generatorfeuerungen ließen sich hinsichtlich Brennstoffzufuhr und Aschenaustrag vollkommen selbsttätig einrichten

[1]) Aus einem Gutachterbericht von L. Buck.
[2]) Glasers Ann. 117 (1935) S. 83.

und wechselnde Dampfabnahme des Kessels wurde durch entsprechende Einstellung der Luftzufuhr zum Gaserzeuger ausgeglichen werden, da deren Menge die Generatorleistung bestimmt.

Die Anwendung solcher eingebauter Gaserzeuger, wie man sie für andere Industrieöfen mit bestem Erfolg verwendet, bringt natürlich den Nachteil mit sich, daß man an den Durchsatz solchen in der Form genormten Schwelkokses gebunden und ein plötzlich notwendig werdender Übergang auf andere Brennstoffe mit Schwierigkeiten verbunden ist. Im vorliegenden Falle müßte man zu Perlkoks oder Nußanthrazit greifen, wodurch jedoch wegen der geringeren Reaktionsfähigkeit dieser Brennstoffe die Leistung beeinträchtigt würde, während die Verwendung von Braunkohlenbriketts mit Rücksicht auf die mit dem Gase vermischten Teerdämpfe wahrscheinlich zu unangenehmen Rußablagerungen und damit zu starker Verminderung der Kesselleistung führen würde.

Die chemische Zusammensetzung mehrerer Arten von Braunkohlenschwelkoksen ist in der folgenden von Wohlschläger[1]) bearbeiteten Zusammenstellung berücksichtigt, in der zum Vergleich in der letzten Spalte auch Anthrazit angeführt ist.

		Rietbeck-Hart-koks	Motor-koks der Deutschen Erdöl AG.	Schwel-koks der Brikett-u. Kohlen-handel-AG.	Helm-stedter Flamm-koks	Ruhr-Anthra-zit[2])
Oberer Heizwert des trockenen Brennstoffes	kcal/kg	5890	5935	6461	6326	8037
Unterer Heizwert des trockenen Brennstoffes	kcal/kg	5760	5854	6358	6114	7884
Schwefel, verbrennlich	%	2,21	0,14	0,23	2,57	0,70
Schwefel in der Asche	%	1,93	2,04	2,41	1,74	0,07
Ausbeute durch Verkokung:						
Flüchtige Bestandteile	%	13,14	18,38	14,00	18,08	12,40
Fester Kohlenstoff	%	63,76	59,58	65,31	63,90	81,54
Asche	%	23,10	22,04	20,69	18,02	5,76
Ausbeute durch Schwelung:						
Wasser	%	1,60	3,40	1,80	3,00	0,80
Schwelteer	%	0,75	1,80	0,20	—	0,40
Schwelkoks	%	96,00	93,20	96,00	96,00	98,40
Gasverlust	%	1,75	1,60	2,00	1,00	0,40
Feuchte	%	21,95	20,60	30,00	17,10	2,80
Aschenschmelzpunkt	°C	1240	1265	1195	1265	1300

1. Nachbehandlung von feinkörnigem Braunkohlenschwelkoks.

Infolge der kapillaren Eigenschaften hat der Braunkohlenschwelkoks eine sehr große, mit der Aktivkohle nahe verwandte Oberfläche, die sich in einer hohen Reaktionsfähigkeit äußert. Um daher Brände, die durch Selbstentzündung hervorgerufen werden, in angehäuftem Koks während der Verfrachtung oder auf dem Lager unmöglich zu machen, war man genötigt, den Koks nach dem Verlassen der Öfen vollkommen mit Wasser zu sättigen, so daß sein Wassergehalt zwischen 20 und 25% liegt. Dieser hohe Wassergehalt verteuert nicht nur die Verfrachtung, sondern setzt auch für die Verwendung zu industriellen Zwecken eine Trocknung voraus, die seinen Gebrauch wesentlich verteuert. Die Erzeugung eines feinkörnigen Schwelkokses mit geringem Wassergehalt, ohne Gefahr für eine Selbstentzündung war eine Aufgabe, mit der P. Rosin[3]) von der Braunkohlenschwelindustrie betraut wurde, und die er in verhältnismäßig kurzer Zeit auf Grund vorzüglich durchgeführter Versuche zusammen mit einem ausgewählten Stab wissenschaftlicher Mitarbeiter löste.

Ohne auf die umfangreichen in diesem Zusammenhang geleisteten Arbeiten eingehen zu können, soll nur bemerkt werden, daß durch eine Oxydation eine künstliche Alterung des Kokses bewirkt wird, in der Weise, daß die Oberflächen des noch warmen Kokses der Luft ausgesetzt werden, wobei die entwickelte Wärme durch Befeuchtung und durch Kühlung abgeführt wird.

[1]) Z. VDI 81 (1937) S. 1299.
[2]) Zum Vergleich.
[3]) Braunkohle 27 (1928) S. 241 u. 282.

Die Alterung besteht also darin, eine so starke Luftadsorption herbeizuführen, daß der Koks nachträglich keinen Sauerstoff aus der Luft mehr aufzunehmen vermag, wenigstens nicht in Mengen, die zu einer Selbstentzündung ausreichend wären.

Die von Rösin für die Schwelkoksalterung angegebene Einrichtung bestand aus zwei übereinander liegenden Rohrtrommeln nach Art der Röhrentrockner, aber ohne Mantel. Während der Koks langsam die Rohre, erst der einen, dann der anderen Trommel durchrieselte, wobei er durch zerstäubtes Wasser angefeuchtet wurde, kühlte man die Rohre von außen durch Wasserberieselung. Später ging man zu einem einfachen langen Drehrohr über, durch das mit Wasserdampf vermischte Luft geblasen wurde und eine Alterung des Koks herbeiführt.

Über eine solche neuzeitliche Schwelkoksalterungsanlage berichtete Stimmel[1]), und die von ihm erwähnte Einrichtung ist in der Abb. 217 schematisch wiedergegeben. Die Bezeichnung der einzelnen Teile dieser Anlage ist so klar, daß sich eine besondere Beschreibung erübrigt.

Mit der Oxydation des Schwelkokses, um die Selbstentzündlichkeit auszuschalten, hat sich auch Seidenschnur in Freiberg befaßt. Über seine Untersuchungen und die Entwicklung eines technisch brauchbaren Verfahrens berichtete A. Jäppelt[2]). Der Koks gleitet hier zwischen schräg gestellten Leisten langsam abwärts in einen Behälter, wobei Luft vermischt mit vernebeltem Wasser sowohl durch die im Leistergestell stehende Schicht wie auch durch den im Abzugsbehälter lagernden Koks mittels eines Ventilators hindurchgeblasen wird. Wegen der Einzelheiten muß auf das angeführte Schrifttum verwiesen werden.

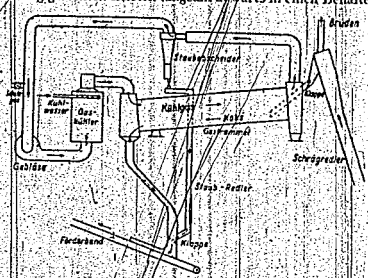


Abb. 217. Koksalterungsanlage in schematischer Darstellung.

2. Schwelkoksbrikettierung.

Feinkörniger Braunkohlenschwelkoks wird heute in großen Mengen in brikettierter Form in den Handel gebracht. Man kann dafür das Verfahren von Weber anwenden, das bereits auf S. 70 beschrieben ist, so daß die Einzelheiten hier als bekannt vorausgesetzt werden können. In Abänderung dieses Verfahrens wird in den meisten Fällen Teerpech als Bindemittel verwendet, und die Preßlinge werden danach einer thermischen Nachbehandlung im Spülgasstrom unterworfen, um die leicht flüchtigen Bestandteile des Pechs auszutreiben und die Preßlinge zu härten. Die Brikettierung von Braunkohlenschwelkoks ohne Bindemittel ist ebenfalls versucht worden, worüber H. Menzel[3]) sehr ausführlich berichtete. Auf die Einzelheiten soll hier nicht näher eingegangen werden, um so mehr als dies Verfahren in den praktischen Betrieb nicht eingeführt worden sind.

3. Stückkoks aus Braunkohle.

In Deutschland, wo bei der Schwelung der erdigen bituminösen Braunkohle ein sehr feinkörniger Schwelkoks anfällt, hat man sich seit langem bemüht, den Heizwert des Kokses zu verbessern, indem man an Stelle von Rohbraunkohle oder Trockenkohle Briketts zur Verschwelung brachte. Braunkohlenbriketts, die ohne Bindemittel auf einer Strangpresse bei einem Preßdruck von etwa 1200 kg/cm² hergestellt werden, behalten bei der Schwelung, welche vorzugsweise im Spülgasofen stattfindet, ihre Form nur teilweise bei. Bei dem Zerfall bildet sich indessen nicht ein feinkörniger Koks, wie ihn die Schwelung von Rohbraunkohle liefert, sondern man erhält mehr oder weniger grobe Stücke. Diese Stücke sind gewöhnlich von bröckliger Beschaffenheit, jedoch gelingt es bei der Absiebung derartigen Schwelkokses, einen Teil in einer solchen Form

[1]) Braunkohle 37 (1938) S. 97.
[2]) Dissert. Freiberg 1929. Verl. W. Knapp, Halle (Saale).
[3]) Dissert. Freiberg 1931. Verl. W. Knapp, Halle (Saale).

zu gewinnen, daß er an Stelle von Anthrazit für Hausbrand und im besonderen für Gaserzeuger verwendet werden kann.

Das bereits auf S. 24 beschriebene Lurgi-Krupp-Verfahren ist für die Herstellung eines stückigsten Braunkohlenschwelkokses besonders entwickelt worden. Infolge des gleichmäßigen und dichten Gefüges der bei dem Lurgi-Krupp-Verfahren zur Schwelung gelangenden Hochdruckbriketts behält ein solches Briket bei der Schwelung seine Form bei oder zerkleinert in wenige große Stücke. Man gewinnt also auf diese Weise einen Koks, der infolge seines wesentlich besseren Formwertes fast allgemein für die verschiedensten Industriezwecke und als Hausbrand verwendbar ist. Es liegen eingehende Untersuchungen über das Verhalten solchen Kokses vor, die zeigen, daß durch die Herstellung von Stückkoks aus Braunkohle die „Kokskrage der Schwelerei" für die Braunkohle endgültig gelöst worden ist. Die Auswertung dieses Erfolges ist erst am Anfang. Um hohe Schwelleistungen zur Erzeugung großer Teilmengen aus Braunkohle verwirklichen zu können, hat man in den letzten Jahren in Deutschland zunächst die Kokswertung bei der Braunkohlenschwelung so gesteigert, daß, wie bereits erwähnt, der gesamte in der Schwelerei erzeugte Koks in einem angeschlossenen Kraftwerk und zur Herstellung von Wasserstoff für die Hydrierung des Schwelteers Verwendung findet. Nachdem verschiedene Groß-Kraftanlagen in dieser Weise von der Verwendung von Braunkohle auf Schwelkoks umgestellt worden sind, werden weitere Groß-Schwelereien in der Weise geplant, daß man lediglich Braunkohlen-Stückkoks erzeugt, welcher an Industrie und Hausbrand abgesetzt wird.

Abb. 218. Geschwelte Braunkohlenbriketts; links und Mitte Ringwalzenbriketts roh und geschwelt; rechts Strangpressenbriketts roh und geschwelt.

In Abb. 218 sind die Größenunterschiede zwischen den rohen und geschwelten Ringwalzenbriketts angedeutet, und man erkennt, daß die Preßlinge trotz des durch die Entteerung eingetretenen Schwundes ihre Form vollkommen beibehalten haben und frei von Rissen oder Sprüngen sind. Zum Vergleich ist in Abb. 218 ganz rechts auch ein in der Strangpresse erzeugtes normales Steinkohlenbriket in rohem und geschwelten Zustande wiedergegeben, wobei die Stückform des entteerten Preßlings durch vorsichtige Behandlung erhalten blieb, während sonst ein Zerfall in Grobkorn eintritt. Mit der erfolgreichen und bereits in den Großbetrieb aufgenommenen Erzeugung der Ringwalzenbriketts ist die Aufgabe einer Herstellung grobstückigen Schwelkokses aus Braunkohle zufriedenstellend gelöst, und es fällt unter diesen Betriebsbedingungen bei der Braunkohlenschwelung ein Koks an, der mit anderen stückigen Brennstoffen in Wettbewerb treten kann, diese aber hinsichtlich reaktionsfreier Verbrennung und hoher Reaktionsfähigkeit übertrifft. Einer Verwendung dieses Schwelkokses für metallurgische Zwecke steht der verhältnismäßig hohe Aschengehalt der Braunkohle entgegen, während er in allen normalen Hausbrandöfen ohne weiteres verfeuert werden kann. Je nach der chemischen Zusammensetzung der Asche kann sich diese aber auch günstig bei der Metallverhüttung auswirken, worauf M. Paschke[1]) hinweist, so daß über die Brauchbarkeit des Braunkohlenstückkokses für die Eisengewinnung der letzte Wort noch nicht gesprochen ist.

b) Steinkohlenschwelkoks.

Die Beschaffenheit des Steinkohlenschwelkokses ist abhängig von den Eigenschaften der durchgesetzten Kohle sowie von der Art des angewandten Schwelverfahrens. Grundbedingung ist immer die Erzeugung eines stückigen Schwelkokses, da Feinkoks im allgemeinen nicht abgesetzt werden kann. Steinkohlenschwelverfahren, die keinen stückigen Schwelkoks erzeugen, haben keine Daseinsberechtigung, da eine anschließende Brikettierung des feinkörnig erzeugten Schwelkokses die Wirtschaftlichkeit stark beeinträchtigt. In Abhängigkeit von der Schwelkohlenbeschaffenheit und der Art des angewandten Schwelverfahrens lassen sich die Schwelkokssorten wie folgt einteilen:

[1]) Stahl u. Eisen 57 (1937) S. 1174.

a) stückiger Schwelkoks aus Ofen mit Außenbeheizung,
b) Formkoks aus Ofen mit Außenbeheizung,
c) Spülgasschwelkoks aus Nuß- oder Stückkohle,
d) Spülgasschwelkoks aus Formlingen.

Auf die einzelnen Koksarten soll im folgenden kurz eingegangen werden.

1. Stückiger Schwelkoks.

Stückiger Schwelkoks wird in allen Kammeröfen mit Außenbeheizung erzeugt, sofern sie mit backender Feinkohle beschickt werden. Der Unterschied zwischen Hüttenkoks und Schwelkoks tritt dadurch besonders in die Erscheinung, daß durch die bewußte Verhinderung thermischer Zersetzung von Kohlenwasserstoffen der graphitische Überzug von Niederschlagkohlenstoff auf den Porenrändern und Außenseiten der Stücke fehlt. Steinkohlenschwelkoks aus dem Krupp-Lurgi-Schwelofen[1]) zeigt die Abb. 219, die ein dichtes, gleichmäßiges Porengefüge erkennen läßt. Gegenüber dem Hüttenkoks hat daher der Schwelkoks eine geringere Härte und eine größere Zerreiblichkeit, dafür ist er aber infolge seiner hohen Reaktionsfähigkeit viel leichter verbrennlich und hat einen viel niedrigeren Zündpunkt.

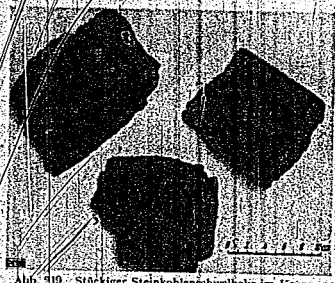


Abb. 219. Stückiger Steinkohlenschwelkoks im Krupp-Lurgi-Schwelofen erzeugt.

Über die Zündpunkte und den Heizwert verschiedener Steinkohlenschwelkokse geben die folgenden von H. Hock[2]) zusammengestellten Werte Aufschluß, in die zum Vergleich auch einige andere Brennstoffarten mit eingeschlossen sind.

Zündpunkte und Heizwerte.

Brennstoff	Zündpunkt °C	Heizwert kcal/kg
Holzkohle	270—280	7600—7700
Braunkohlenbriketts	300—320	4800—5000
Steinkohlenschwelkokse:		
Macläurin	360—370	—
Kollergenerator	350	
K. S. G.	360	
B.-T.-Koks	380—420	7300—7500
Conlite	430	
Anthrazit	460—470	7500—7600
Hüttenkoks	560—600	7000—7200

Das Schwergewicht der Verwendung des Steinkohlenschwelkokses liegt zweifellos auf dem Gebiete des Hausbrandes, wo der Schwelkoks berufen ist, den Gebrauch rauchender Kohle zu verdrängen. Deshalb hat man auch ernstlich versucht, den Gaswerken als den über das ganze Land verstreuten Verteilern fester Brennstoffe Schwelanlagen anzugliedern, um gleichzeitig das Schwelgas nutzbar zu machen. Über dieses Gebiet ist unendlich viel geschrieben und geredet worden. Es folgen hier nur die Ausführungen von Ch. Hansen[3]) über die Verwendung des Steinkohlenschwelkokses als Hausbrand.

[1]) Dr.-Ing. F. A. Oetken, Berichtheft: Fachvorträge 1930 VDI, S. 74.
[2]) Berichtheft: Heimische Brennstoffe. Nürnberg 1930, S. 39.
[3]) Berichtheft: Heimische Treibstoffe. Nürnberg 1930, S. 10.

Schwelkoks soll also zunächst überall da verbrannt werden, wo bisher rauchende und rußende Gas- und Gasflammkohlen vor allem in Kleinfeuerungen benutzt worden sind. Die Rauchlosigkeit des Schwelkokses würde dann zugleich die vor allem in Großstädten vorhandene, oft unerträgliche Rauch- und Rußplage weitgehend beseitigen können. Das vor allem an Orten, an denen die Verwendung von Anthrazit aus Transportgründen nicht in Frage kommt, wie vor allem an der Saar und in Schlesien. Denn es wäre doch ein Unding, wenn man an diesen Orten, an denen an sich Kohle genug vorhanden ist, von einem weitab liegenden anderen Kohlenrevier herbeigeförderte Kohlen verbrennen würde. Das gilt auch für diesen Kohlerevieren benachbarte Versorgungsgebiete. Hinzu kommt, daß gerade an der Saar eine umfangreiche Schwelkokserzeugung eine ganz neue Ausfuhrmöglichkeit, vor allem nach der Schweiz und den Mittelmeer-Ländern, schaffen könnte, der gerade für das in besonders schwieriger wirtschaftlicher Lage befindliche Saargebiet von großer wirtschaftlicher Bedeutung werden muß.

Die zur Zeit in Deutschland in Kleinfeuerungen verbrannten und durch Schwelkoks ersetzbaren Mengen von hochbituminöser Steinkohle werden auf mindestens 6—7, höchstens 12—15 Mill. t im Jahr geschätzt. Schon hier lassen sich also ganz erhebliche Mengen Schwelkoks bei richtiger Organisation der Schwelung und des Marktes ohne wirtschaftliche Störungen unterbringen. Eine solche Maßnahme bedeutet also lediglich eine Umleitung der in betracht kommenden Kohlen auf dem Wege über die Schwelanlage, nicht aber eine zusätzliche Belastung des Kohlenmarktes durch eine neue Kohlensorte.

Abb. 220. Steinkohlenschwelkoks aus einer geschwelten Kohle-Öl-Mischung, Verfahren der Catalysts Ltd.

Die günstigste Verwendung des Schwelkokses in Gaserzeugern ist altbekannt und in jüngster Zeit hat er auch seine Brauchbarkeit zur Wassergaserzeugung bewiesen, insbesondere auch zur Herstellung von Synthesegas zur Treibstoffherstellung, worüber H. Wilke[1]) eingehend berichtete. Auch im Sauerstoffdruckgaserzeuger der Lurgi-Gesellschaft ist inzwischen Steinkohlenschwelkoks mit guten Ausbeuten auf Synthesegas verarbeitet worden, worüber R. Drawe[2]) Angaben machte.

Neben dem in den Rohrretorten der Coalite-Schwelanlagen erzeugten Schwelkoks, der als Brennstoff für die allgemein verbreiteten offenen Kaminfeuer eine große Verbreitung bei guten Preisen gefunden hat, wird bei der in Abschnitt V berücksichtigten Schwelung von Kohle-Öl-Mischungen in der Ruhr ein guter stückiger Schwelkoks gewonnen. Die Abb. 220 zeigt einen solchen nach dem auf S. 170 angeführten Verfahren der Catalysts Ltd. erzeugten Koks, dessen am freien Gasraum ausgesetzte Oberfläche mit einer dünnen Pechkoshaut überzogen ist, die das untere rechte Stück der Abb. 220 erkennen läßt. Der Koks hat trotzdem eine leichte Verbrennlichkeit.

2. Formkoks.

In dem auf S. 43 angeführten Schwelverfahren von Berg & Co wird die Kohle in geschwärzten Blechformen geschwelt, die oben und unten offen sind. Die Maße der einzelnen Formen können dabei nach Belieben gewählt werden, je nach dem Zweck, für den der Schwelkoks Verwendung finden soll. Die in der Abb. 221 wiedergegebene Form ist gewählt worden, um die genormten Stücke leicht bündeln zu können, wie dies den Vertrieb von Braunkohlenbriketts für

[1]) Techn. Mitt. Krupp 5 (1937) S. 41.
[2]) Gas- u. Wasserfach 80 (1937) S. 806.

Haushaltungen erleichtert. Die Bündelbank nebst dem mechanischen Drahtspanner, -knoter und -abschneider ist aus der Abb. 221 erkenntlich.

Mit Schwelkoks, nach dem Verfahren der Brennstoff-Technik hergestellt, wurden Versuche in Dampfkesselfeuerungen durchgeführt und zwar im Vergleich mit Gasflammkohle, wie auch mit Carbolux aus Frankreich. Auf die von Meuth[1]) ausführlich zusammengestellten Versuche soll hierunter Angabe des Schrifttums hingewiesen werden.

Abb. 221. Bündeln von Formkoks aus dem Berg-Schwelofen.

3. Spülgasschwelkoks aus Nußkohle.

Die Abb. 222 zeigt Schwelkoks im Lurgi-Spülgasschwelofen aus oberschlesischer Nußkohle erzeugt. Man erkennt daraus, daß die einzelnen Nüsse sich je nach ihrem Bitumengehalt aufblähen und durch den Austritt des Gases an vielen Stellen eine rauhe poröse Oberfläche annehmen, die ihre Reaktionsfähigkeit begünstigt. Ein gewisser Abrieb muß bei der Verarbeitung solcher Kohlen mit berücksichtigt werden, den man mangels örtlicher Verfeuerungsmöglichkeit verpreßt und im Gemisch mit der Nußkohle erneut durch den Schwelofen schickt. Spülgasschwelkoks aus Nußkohle, die nur geringe oder am besten gar keine backenden Eigenschaften haben soll, hat eine für den Brennstoffmarkt ausreichende Festigkeit und eignet sich sowohl für Hausbrand- wie für Industriezwecke. Gegenüber dem Braunkohlen-Stückkoks zeichnet er sich durch einen geringeren Aschengehalt aus.

4. Spülgasschwelkoks aus Formlingen.

Steinkohlenschwelkoks-Preßlinge, nach dem auf S. 70 berücksichtigten Verfahren von Weber hergestellt, wurden bereits in Verbindung mit der Beschreibung des Verfahrens auf S. 70 in Abb. 81, gezeigt, wobei zu beachten ist, daß diese Preßlinge sowohl im Spülgasstrom als auch in außen beheizten Kammern abgeschwelt werden können. Während man bei Steinkohle unmittelbar von dieser ausgeht und die Preßlinge schwelt, muß bei Braunkohle diese erst geschwelt und der anfallende Koks brikettiert und dann thermisch gehärtet werden. Preßlinge dieser Art dürfen eine gewisse Größe und damit ein bestimmtes Gewicht nicht unterschreiten, weil sie sonst in den Walzen der Presse haften bleiben. Hin-

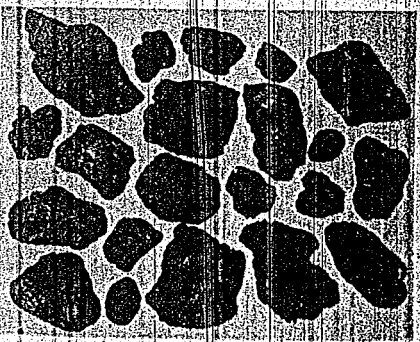


Abb. 222. Spülgasschwelkoks aus Nußkohle im Lurgi-Ofen erzeugt.

[1]) Dr.-Ing. H. Meuth, Versuche mit Schwelkoks. Arch. Wärmewirtsch. 16 (1935) S. 141.

Abb. 222. Spülgasschwelkoks aus Nußkohle im Largi-Ofen erzeugt.

und der Braunkohle diese erst geschwelt und der anfallende Koks brikettiert und dann thermisch gehärtet werden. Preßlinge dieser Art dürfen eine gewisse Größe und damit ein bestimmtes Gewicht nicht unterschreiten, weil sie sonst in den Walzen der Presse haften bleiben. Hin-

[1]) Dr.-Ing. H. Meuth, Versuche mit Schwelkoks. Arch. Wärmewirtsch. 10 (1933) S. 141.

sichtlich der Festigkeitseigenschaften ist Schwelkoks günstiger, der im Spülgasschwelofen aus Briketts erzeugt wird. Hierfür kommt in erster Linie feinkörnige Kohle in Frage, da die Herstellungskosten infolge der zwischengeschalteten Brikettierung höher sind als bei der Schwelung von Nußkohle. Formkoks mit kleinen Abmessungen, Spülgasschwelkoks aus Nußkohlen und aus Formlingen eignen sich in besonderem Maße als Brennstoffe für Fahrzeuggaserzeuger, wo ihre dichte, gleichmäßige Lagerung der Vergasungsbetrieb begünstigt und der Brennstoff selbst auf sein Eigengewicht bezogen nur verhältnismäßig geringen Raum beansprucht. Für die gleichen Zwecke eignen sich trotz ihres höheren Aschengehaltes die aus Braunkohlenpreßlingen hergestellten Schwelkokse.

Auf die Verwendung des Schwelkokses aus Braun- und Steinkohle für die verschiedensten Zwecke kann hier nicht näher eingegangen, und es soll nur auf das reichhaltige dieses Gebiet umfassende anschließend zusammengestellte Schrifttum hingewiesen werden, das erkennen läßt, wie eingehend man sich mit diesen Aufgaben befaßt hat.

Schrifttum: Schwelkoks.

M. Dolch, Halbkoks; Verl. W. Knapp, Halle 1924. — H. Menzel, Die technischen Grundlagen der Brikettierung von Braunkohlenspülgaskoks; Verl. W. Knapp, Halle 1931. — A. Thau, Die elektrische Leitfähigkeit von Koks; Glückauf 58 (1922) S. 21. — Ders., Koksgefüge und Verbrennlichkeit; Glückauf 58 (1922) S. 1010. — O. Huhmann, Braunkohlenflammkoks; Braunkohle, 22 (1923) S. 607. — A. Faber, Entzündungstemperaturen von Grudekoks; Braunkohle 23 (1924) S. 430. — F. Seidenschnur, Braunkohlenflammkoks; Braunkohle 23 (1924) S. 352. — F. Fischer u. Krönig, Über die Verdichtung des Schwelkokses ohne Druckanwendung; Brennstoff-Chem. 5 (1924) S. 301. — F. Seidenschnur, Verwertung von Braunkohlenkoks; Braunkohle 24 (1925) S. 1033. — R. v. Walther, Bielenberg u. Hauswald, Über einen auffallend selbstentzündlichen Halbkoks; Braunkohlenarch. 1926, Nr. 13, S. 53. — H. Elsner, Über den Einfluß des physikalischen Faktors bei der Verschwelung auf die Grudekoksbeschaffenheit; Dissert. T. H. Berlin 1927. — v. Walther u. Bielenberg, Über die Selbstentzündung von Braunkohlen, Braunkohlenbriketts und Braunkohlenschwelkoks; Braunkohle 26 (1927) S. 825 u. 833. — Ruhemann u. Heizenberg, Untersuchungen über Grudekoks; Braunkohle 26 (1927) S. 593 u. 625. — d'Ians, Die spezifische Wärme von Braunkohle und Grudekoks; Braunkohle 26 (1927) S. 341. — A. Faber, Vom Grudekoks; Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 9 (1927) S. 311. — R. v. Walther u. W. Bielenberg, Studien über die Selbstentzündlichkeit von Braunkohlenhalbkoksen; Braunkohlenarch. 1927, Nr. 18/19, S. 59. — Dolch u. Rindzorff, Schwelkoks aus backender Steinkohle; Glückauf 64 (1928) S. 301. — P. Rosin, Ursachen und Behebung der Selbstentzündlichkeit von Braunkohlenschwelkoks; Braunkohle 27 (1928) S. 241 u. 282. — A. Jäppelt, Die Selbstentzündlichkeit von Braunkohlenkoks; Dissert. Freiberg, Verl. W. Knapp, Halle 1928. — Dolch u. Koch, Die flüchtigen Bestandteile des Braunkohlenschwelkokses; Braunkohle 27 (1928) S. 141, 109 u. 185. — A. Jäppelt, Die Selbstentzündlichkeit von Braunkohlenkoks, ihre Ursachen und ihre Behebung; Braunkohlenarch. 1928, Nr. 20/21, S. 1. — F. W. Foos, Verfeuerung von Braunkohlenschwelkoks auf dem Wanderrost; Braunkohle 28 (1929) S. 101. — Marcard, Verbrennung von Braunkohlenschwelkoks in Feuerungen; Braunkohle 28 (1929) S. 161. — A. Hoppe, Verfeuerung von Braunkohlenschwelkoks auf dem Schirmverstreuer; Braunkohle 28 (1929) S. 170. — Seidenschnur u. Jäppelt, Reduktionsfähigkeit von Braunkohlenkoks; Brennstoff-Chem. 10 (1929) S. 105. — K. Bube, Betriebserfahrungen in der Verfeuerung und Vermahlung von Grudekoks; Braunkohle 29 (1930) S. 865. — A. Thau, Schwelkoks als Kokskohlenzusatz; Glückauf 66 (1930) S. 937. — Bube u. Nennlinger, Grudekoksfeuerungen; Braunkohle 30 (1931) S. 47. — H. Stimmel, Vermahlung und Verfeuerung von Braunkohlenschwelkoks im Großkraftwerk Böhlen; Braunkohle 30 (1931) S. 365 u. 392. — Dolch u. Kollwitz, Die Reaktion von Wasserdampf an glühendem Koks; Braunkohle 31 (1932) S. 607, 628 u. 645. — Agde u. Hubertus, Kapillarstrukturuntersuchungen von Schwelkoksen; Braunkohle 32 (1933) S. 63 u. 87. — Ders., Zusammenhänge des Schwelvorganges mit der Kapillarstruktur der Braunkohle und des Schwelkokses; Braunkohle 32 (1933) S. 129. — Rosin, Rammler u. Kauffmann, Mahlversuche mit Schwelkoks; Braunkohle 32 (1933) S. 837 u. 856. — Rosin u. Rammler, Mahlversuche mit Schwelkoks; Braunkohle 33 (1934) S. 449, 467 u. 485. — Vorbrodt, Die Bedeutung des Schwelkokses in der Braunkohlenwirtschaft; Braunkohle 33 (1934) S. 691. — A. Jahn, Schwelkoksfeuerung auf dem Pilzwanderrost; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 210. — Fizur Nedden, Absatzmöglichkeiten für Steinkohlenschwelkoks; Öl u. Kohle 2 (1934) S. 282. — W. Schultes, Feste Brennstoffe zum Betrieb von Straßen- und Schienenfahrzeugen; Glückauf 71 (1934) S. 1213. — H. Meuth, Versuche mit Schwelkoks; Arch. Wärmewirtsch. 16 (1935) S. 141. — H. Hock u. O. Schrader, Über einige Eigenschaften von Kokserzeugnissen aus Braunkohlenbriketts besonders im Vergleich zu Steinkohlenkoks; Braunkohle 35 (1936) S. 645. — E. Rammler, Versuche mit Braunkohlenstückkoks und Kokskohlenbriketts an einem Kofferkessel; Braunkohle 35 (1936) S. 581 u. 600. — Ders., Die Verwendung fester Treibstoffe aus Braunkohle; Braunkohle 35 (1936) S. 517. — Ders., Eignung von Braunkohlenstückkoks für Zentralheizungskessel; Braunkohle 35 (1936) S. 702. — A. Thau, Braunkohlenschwelkoks als Brennstoff; Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 18 (1936) S. 141. — O. Fuchs, Vermehrte Unterbringung von Steinkohlenschwelkoks im Haushalt; Ber. Tagung „Heimische Treibstoffe". Verl. Amt f. Techn. Nürnberg 1936, S. 67. — Schumacher, Schwelkoksverwendung auf dem Wanderrost; Ber. Tagung „Heimische Treibstoffe", Verl. Amt f. Techn. Nürnberg 1936, S. 69. — Schulte u. Lessnig, Versuche an Fahrzeuggaserzeugern; Fachvorträge Darmstadt 1936, Verl. VDI Berlin 1936. — F. A. Oetken, Lösungen für das Schwelkoksproblem; Berichtheft Fachvorträge 1936 VDI, S. 72. — H. Hock u. O. Schrader, Über einige Eigenschaften von Kokserzeugnissen aus