

2. Teil

Die Kohlen

Von

Betriebsdirektor Franz Reichard VDI

Frankfurt a. M.

A. Auswahl und Bewertung der Kohlen.

Der wichtigste Rohstoff der Entgasung ist die Steinkohle. Die Braunkohle hat man in den Braunkohlengebieten bereits mit Erfolg zur Stadtgas- bzw. Ferngaserzeugung herangezogen. Entgasung und Verkokung sind heute keine verschiedenen Begriffe mehr, da die Kokereien und die Gaswerke die gleiche Aufgabe zu erfüllen haben, nämlich den Rohstoff Kohle in möglichst hochwertige Produkte zu verarbeiten, insbesondere den rohen Brennstoff zu zerlegen in Edeln Brennstoffe.

In fester Form wird auf diese Weise gewonnen: der Hochofenkoks, der Gießereikoks, der Koks für Industrieöfen, für Gasgeneratoren und der Koks als rauch- und rußfreier Hausbrand; in Gasform: das Stadt- oder Ferngas für Industrie, Gewerbe, Haushalt und gasförmigen Treibstoff, und schließlich in flüssiger Form: Benzol, Toluol, Xylol für Treibstoff und chemische Zwecke.

Die Gleichheit der Aufgaben und damit der Verarbeitung des Rohstoffs Kohle brachte es mit sich, daß die Gasindustrie auch die gleichen Anforderungen an den Rohstoff Kohle stellt wie die Kokerei. Die Auswahl und die Bewertung der Kohlen kann daher in den meisten Fällen nicht nur nach ihrem Gaswert, auch nicht ausschließlich nach ihrem Koks wert erfolgen, sondern es müssen in der Regel eine Vielzahl von technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten berücksichtigt werden, um einen besten Gesamtwert aller Erzeugnisse aus dem durch Entgasung durchgeführten Veredelungsprozeß der Kohle zu erzielen. Solange zur Bewertung der Kohle die Gasausbeute und daneben die Ausbeute an Nebenprodukten für die Gasindustrie allein bestimmend waren und die Entgasung in der Retorte vorgenommen wurde, konnten die in der Lehr- und Versuchsanstalt in Karlsruhe von Hans und Karl Bunte¹⁾ erstmalig nicht nur laboratoriumsmäßig, sondern in technischem, wenn auch verkleinertem Maßstab durchgeführten Entgasungsversuche fast aller in deutschen Gaswerken zur Entgasung kommenden Kohlen unmittelbar für ihre Bewertung in der Praxis verwendet werden. Wenn auch mit der Entwicklung der Entgasungsräume von der Retorte zur Kammer die in der Versuchsgasanstalt in der Retorte erhaltenen Werte, sowohl was Gaszusammensetzung und Nebenproduktenausbeute angeht, als auch insbesondere hinsichtlich der Koksbeschaffenheit den

¹⁾ Journ. f. Gasbel. 52 (1909), S. 725.

heutigen Verhältnissen in vielen Fällen nicht mehr gerecht werden können, so bilden die von K. Bunte¹⁾ und der Lehr- und Versuchsanstalt durchgeführten Untersuchungen und ausgearbeiteten Prüfverfahren noch heute die Grundlagen für das Erkennen und Beurteilen des zur Verwendung kommenden Rohstoffs. Mit der Bezeichnung der Zeche ist die Kohle in der Regel nicht eindeutig bestimmt, da die meisten Zechen verschiedene Flöze gleichzeitig abbauen, die verschiedenen Alter und damit unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

Für die laufende Kontrolle der Kohlenlieferungen genügt im allgemeinen die Feststellung des Wasser- und Aschengehaltes²⁾ sowie die Verkokungsprobe³⁾. Der Schwefelgehalt wird häufig ebenfalls festgestellt. Aus den ersten drei Bestimmungen ergibt sich die »Rohanalyse« (Immediatanalyse) mit z. B. folgenden Angaben:

Reinkoksausbeute	65,4%
Flüchtige Bestandteile	27,7%
Aschegehalt	5,5%
Wassergehalt	1,4%
	<hr/>
	100,00%

Da vergleichbare Ergebnisse bei dieser Tiegel-Verkokungsprobe nur erzielt werden können, wenn die gleichen Verfahren angewendet werden, ist es ratsam, die genormte Ausführungsform anzuwenden oder zwischen Lieferer und Abnehmer der Kohle die Methode vorher zu vereinbaren.

Die Verkokungsprobe zeigt das Verhalten der Kohle beim Erhitzen und die Koksausbeute. Aus der Länge und Leuchtstärke der Flamme der entweichenden Gase und aus der Beschaffenheit des Koksrückstandes kann man die Kohle in eine der nachstehenden Gruppen eingliedern:

Zahlentafel 1.

Allgemeine Einteilung der Steinkohlenarten nach dem Verhalten bei der Verkokung³⁾:

	Koksbeschaffenheit
Sandkohlen	pulvrig
Gesinterte Sandkohlen	gesintert, zum Teil locker
Sinterkohlen	gesintert
Backende Sinterkohlen	gebacken, nicht gebläht, zerklüftet
Backkohlen	stark gebacken, fest, gebläht

Für die Verkokung werden koksbildende Kohlen, die in der Zahlentafel 2 mit backende, fette Steinkohlen bezeichnet sind, verlangt. Die

¹⁾ Journ. f. Gasbel. 62 (1919), S. 34 u. 504.

²⁾ Normblatt DIN DVM 3721.

³⁾ Normblatt DIN DVM 3725.

Zahlentafel 2. Kennzeichnung und Vorkommen der deutschen Steinkohlenarten¹⁾.

	Kohlenart		Beschaffenheit des Kokes und der flüchtigen Bestandteile	Hauptvorkommen	
	Einteilung nach der Tiegelprobe	Handels- bezeichnung			
Gehalt der Reinkohle an flüchtigen Bestandteilen in %	44	Trockene oder Sinter- Steinkohle	Flamm- und Gasflamm- kohle	Koks gesintert, zum Teil locker, Gas matt mit langer Flamme	Ruhr, Saär, Ober- schlesien und Sachsen
	42				
	40				
	38				
	36	Backende, fette Steinkohle	Gaskohle (Saarfett- kohle)	Koks gebacken, zerklüftet, Gas fett, lange Flamme	Ruhr, Saar und Niederschlesien
	34				
	32		Fett- oder Kokskohle	Koks stark gebacken, fest, Gas fett, mittellange stark leuchtende Flamme	Ruhr, Aachen und Niederschlesien
	28				
	26				
	24				
	22				
20	Halbfette oder Sinter- Steinkohle	Eßkohle	Koks gesintert, Gas halbfett, kurze, wenig leuchtende Flamme	Ruhr, Aachen und Niedersachsen	
18					
16					
14					
12	Magere Steinkohle	Anthrazit	Koks pulvrig, Gas mager, kurze, nicht leuchtende Flamme	Ruhr und Aachen	
10					
8					

Handelsbezeichnung dieser Kohlen ist Gaskohlen und Fett- oder Kokskohlen. Es sind Kohlen geologisch mittleren Alters. Eine starre Grenze gibt es nicht; namentlich in den Fällen, wenn Kohlen gemischt werden, kommen auch Kohlen höheren und geringeren Alters als Zusatzkohle mit zur Verwendung.

Während die Gaskohlen mit einem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen von rd. 30 bis 36% einen Höchstwert an Gasausbeute und Heizwert aufweisen, liefern die Kokskohlen mit einem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen von rd. 16 bis 30% Höchstwerte an Koksausbeute und Koksfestigkeit. Geeignete Mischungen von Gaskohlen mit Kokskohlen mit einem Gehalt von nicht über 26% Flüchtigem können gute Ausbeute mit Erzeugung eines guten, festen Kokes vereinen. Zur genaueren Cha-

¹⁾ In Anlehnung an die Kohleneinteilung nach Schondorff, Z. Berg-, Hütt.-u. Salinenw. 1875, S. 135 entn. aus Koppers Handbuch der Brennstofftechnik, 2. Aufl. Essen (1937), S. 222.

rakterisierung der Kohle wird die Elementaranalyse und die Heizwertbestimmung angewandt. Zwischen dem Heizwert der Kohle und dem im Koks zurückbleibenden bzw. dem Heizwert des erhaltenen Gases besteht ein enger Zusammenhang. Der Heizwert der Kohle findet sich bis auf wenige Prozente in den Erzeugnissen wieder vor. Aus dem Heizwert des Gases, vervielfacht mit der Gasmenge, ergibt sich die Heizwertzahl¹⁾, auch Gaswertzahl genannt, eine für die Bewertung der Gaskohlen wichtige Größe. Diese Zahl gibt an, wieviel Wärmeinheiten in Form von Gas die untersuchte Kohle liefert. Bei Erzeugung von Mischgas muß man beachten, daß eine Kohle mit kleinerer Gaswertzahl, aber höherem Kohlengasheizwert, eine größere Mischgasausbeute ergeben kann als eine andere mit höherer Gaswertzahl, aber niedrigerem Heizwert. Die Bestimmung der Gaswertzahl erfolgt im allgemeinen nach der Methode von R. Geipert²⁾.

Aus der von N. Heßler³⁾ veröffentlichten Darstellung der Abhängigkeit des Gasheizwertes, der Gasausbeute und der Gaswertzahl von dem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen von Kohlen verschiedener Herkunft geht hervor, daß die Gasausbeute bei den meisten Kohlen, bezogen auf Reinkohle, nur geringe Unterschiede aufweist, daß der Gasheizwert mit dem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen langsam ansteigt, mit Ausnahme der Kohlen aus Oberschlesien. Bei den oberschlesischen Kohlen erreicht der Gasheizwert bei einer Kohle mit 33% flüchtigen Bestandteilen einen Tiefpunkt, bei der Ruhrkohle mit 33% flüchtigen Bestandteilen einen Höhepunkt. Die Ursache für den Abfall, bei weiterer Zunahme der flüchtigen Bestandteile, ist in der Zunahme des Sauerstoffgehaltes der hochflüchtigen Kohle zu suchen. Der Sauerstoff bildet zu einem großen Teil mit dem Wasserstoff der Kohle Wasser, zum anderen Teil wird er als Kohlendioxyd abgespalten. Infolge eines anderen Verlaufes der Zersetzungs Vorgänge bei artverschiedenen Kohlen, die zur Gasbildung führen, können unmittelbare Schlüsse aus der Höhe des Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen auf die zu erwartende Höhe der Gasausbeute nicht immer gezogen werden. Hier muß die Kenntnis der Elementaranalyse, in diesem Fall die Kenntnis der Höhe des Sauerstoffgehaltes die Beurteilung der Kohle unterstützen.

Ebenso wie für die Gasbildung sowohl Vorgänge im Entgasungsraum als auch Eigenschaften der Kohle maßgebend sind, so spielen für die Koksbildung sowohl Vorgänge während der Verkokung als auch Eigenschaften der Kohle eine Rolle. Die wichtigsten davon sind: Schmelzvermögen, Backfähigkeit, Blähen und Treiben, worüber im vorstehenden Abschnitt (1,1) näheres ausgeführt ist.

1) K. Bunte u. H. Schneider, Zum Gaskursus, 1929, S. 158.

2) Gas- und Wasserfach 70 (1927), S. 15.

3) Gas- und Wasserfach 76 (1933), S. 881, 899.

Schüttgewicht¹⁾, Wassergehalt²⁾ und Korngröße der Kohle haben Einfluß auf den Treibdruck. Hohes Schüttgewicht erhöht den Treibdruck, begünstigt andererseits die Dichtigkeit des Kokes. Der Wassergehalt wirkt sich nach mehreren Richtungen nicht einheitlich aus. Mit steigendem Wassergehalt fällt zunächst das Schüttgewicht, und erst bei weiterer Zunahme nimmt das Schüttgewicht wieder zu. Ähnlich verhält sich der Wassergehalt der Kohle hinsichtlich des Unterfeuerungsaufwandes. Bis zu einem Gehalt von etwa 8% wirkt sich der Wassergehalt günstig auf den Unterfeuerungsverbrauch aus. Man begründet diese Feststellung damit, daß der Wasserdampf die Wärmeübertragung von der Kammerwand nach dem Kohlenkern zu begünstigt. Andererseits darf man den mehrbelastenden Einfluß eines hohen Wassergehaltes auf die Kondensationsanlage nicht außer acht lassen. Die Korngröße der Kohle hat insofern Einfluß auf den Treibdruck, als, je feiner das Korn der Kohle, um so mehr der Treibdruck vermindert wird. Gleichzeitig wird das Schüttgewicht verringert. Man ist also in der Lage, durch Feinmahlen der Kohle, in der Kammer Kohlen zu entgasen, die bei gröberer Körnung, des zu hohen Treibdruckes wegen, nicht mehr zu verwenden ist. Die Feinkohle eignet sich besonders deshalb für die Verkokung, weil nur bei feinem Korn die Möglichkeit gegeben ist, die in jeder Kohle vorhandenen verschiedenen Bestandteile innig und gleichmäßig zu vermischen, was die Voraussetzung ist, um einen guten Koks von einheitlichem Gefüge zu erhalten. Man nimmt für einen festen, großstückigen Koks aus Feinkohle in Kauf, daß das ausgebrachte Koksgewicht kleiner ist als das aus grobstückigen Kohlen mit einem höheren Schüttgewicht.

Besonders wichtig für die Beurteilung einer Kohle ist selbstverständlich der Aschengehalt.

K. Bunte³⁾ hat an einem Beispiel ausgerechnet, daß 1% Asche einen Mehraufwand von rd. RM. 0,38/t an Kohlenkosten einschließlich Transportkosten, Unterfeuerung, Entgasungsraum und Bedienung verursacht. Der Aschengehalt beeinträchtigt zunächst die Backfähigkeit der Kohle. Da die Asche bei der Entgasung der Kohle im Koks sich wiederfindet, so steigt ihr prozentualer Gehalt mit der Gasausbeute. Der Aschengehalt der Kohle beeinflußt also in erhöhtem Maße den Heizwert des Kokes. Es kommt jedoch nicht nur auf die Menge an Asche an, sondern auch auf ihr Verhalten in der Hitze. Man bevorzugt Kohlen mit einem hohen Aschenschmelzpunkt, da das Fließen der Schlacke, überhaupt das Verhalten der Asche im Feuer, bei der Verwendung des Kokes eine große Rolle spielt. Man muß die sog. innere Asche unterscheiden, die mit den einzelnen Gefügebestandteilen der Kohle innig verbunden ist und durch

¹⁾ Glückauf 66 (1930), S. 834.

²⁾ Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 273.

³⁾ Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 273.

äußere Mittel nicht getrennt werden kann, und die äußere Asche, die in Gestalt von Schiefer, Letten oder sonstigem Nebengestein aus dem Gebirge herrührt. Dieser Anteil ist, vor allem bei ungewaschener Kohle, gewöhnlich höher als der der inneren Asche. Allerdings ist auch der Schmelzpunkt der äußeren Asche häufig höher wie der der inneren. Immerhin kann man durch sorgfältige Aufbereitung der Kohle den Anteil der äußeren Asche erheblich vermindern, und das ist der Grund, weshalb man in der Kokereitechnik gewaschene Kohlen und, aus früher genannten Gründen, gewaschene Feinkohlen fast ausschließlich verwendet.

Auch das Ausbringen der Nebenprodukte, wie Teer, Ammoniak und Benzol ist sowohl von der Art der Verkokung wie von der Eigenart der Kohle abhängig.

Dadurch, daß die Kohle kein einheitliches Gebilde ist, wird ihre Auswahl sehr erschwert. Sie ist ein Naturstoff mit sehr verschiedenartigem Charakter, der ihr Verhalten beim Verköken stark beeinflußt. Sie ist über die ganze Erdoberfläche mehr oder minder verbreitet und besitzt, je nach der Herkunft und Alter, verschiedene stoffliche Eigenschaften sowohl physikalischer als chemischer Natur.

Die Forschungen über die Gefügezusammensetzung der Steinkohle, die Verkokungseigenschaften der Einzelbestandteile und über die ihrer Mischungen sowie die sonstigen physikalischen, chemischen Untersuchungen über das Erweichungsverhalten, den Entgasungsverlauf und über die Art und Verteilung von Öl- und Festbitumen in der Kohle halfen mit, unseren wichtigsten Rohstoff, die Kohle, immer vollkommener in der Gas- bzw. Koksindustrie auszunutzen.

Es ist gelungen, die Kohlenbasis zu verbreitern, den Anteil der Gaskohlen zur Koksherstellung durch Zusatz von Magerungsmitteln zu erhöhen, die Güte des Kokes zu verbessern und das Ausbringen an Nebenprodukten zu vermehren.

Bei Kohlenmischungen darf aus dem Verhalten der einzelnen Kohlenarten für sich nicht ohne weiteres auf das Verhalten der Mischung geschlossen werden, namentlich bei artverschiedenen Kohlen. Die Auswahl der zur Mischung geeigneten Kohlen kann vorläufig nur durch Versuche festgestellt werden. Es empfiehlt sich, auf die Laboratoriumsversuche zuerst einen Großversuch in einer Kammer durchzuführen, ehe die Mischung betriebsmäßig zur Anwendung kommt. Das Schmelzverhalten der einzelnen Sorten muß übereinstimmen. Die Mischung muß vollkommen gleichmäßig sein.

Wie O. Huppert¹⁾ anführt, soll man folgende Kohlen nicht unvermischt entgasen:

- a) Treibende alte Kokskohle, weil sie die Kammerwände gefährdet,
- b) stark backende und zugleich stark treibende Kohle, da sie einen minderwertigen, schaumigen Koks gibt,

¹⁾ Gas- und Wasserfach 74 (1931), S. 49.

- c) Kohle mit starker Nachentgasung, weil der Koks infolge des zu starken Schwindens splittrig wird,
- d) Kohle mit sehr geringer Nachentgasung, da infolge des ungenügenden Schwindens das Ausstoßen des Kokses erschwert wird,
- e) Kohle mit zu starker Vorentgasung, weil dabei sich die Backfähigkeit vermindert.

Im Gegensatz zur Verkokung ist man nach P. Damm bei der Schwelung nicht an backende Kohlen gebunden. Das ist ein nicht zu unterschätzender Vorteil der Schwelung, der wirtschaftlich sehr bedeutungsvoll sein kann.

Wenn bei einer Förderung von 107 Millionen t Ruhrkohlen im Jahre 1936 Gas- und Flammkohlen nur mit rd. 20%, Fettkohlen dagegen mit

Zahlentafel 3.

Anzahl der deutschen Kohlenreviere sowie der ausländischen Lieferstaaten an der deutschen Kohlenversorgung und an dem Verbrauch der deutschen Gaswerke:

Gewinnungsbezirke	Verbrauch der Gaswerke ¹⁾	Deutscher Gesamtkohlen-Verbrauch	
	1935 %	1935 %	1936 %
Steinkohlenreviere:			
Ruhrbezirk	60,2	59,8	60,5
Aachen	3,3	5,1	4,9
Saarland	5,2	5,7	6,5
Oberschlesien	12,0	16,2	15,8
Niederschlesien	6,8	3,9	3,7
Sachsen	2,5	3,0	2,8
Übrige deutsche Bezirke	0,2	1,6	1,5
Deutschland insgesamt:	90,2	95,3	95,7
England	9,4	2,7	2,5
Holland	0,4	1,4	1,2
Andere Länder	—	0,6	0,6
Deutsche und ausländische Lieferstaaten insgesamt:	100	100	100
Braunkohlenreviere:			
Ostelbien	—	26,2	26,3
Mittelddeutschland	—	41,6	41,6
Rheinland	—	25,9	26,2
Bayern	—	2,8	2,7
Deutschland insgesamt:	—	96,5	96,8
Tschechoslowakei	—	3,5	3,2
Deutsche und ausländische Lieferstaaten insgesamt:	—	100	100

¹⁾ Glückauf 73 (1937), S. 270, 939.

rd. 68%, Magerkohlen mit rd. 5% und Eßkohlen mit rd. 7% beteiligt waren, so sieht man aus diesen Zahlen, daß die Flözgruppe Fettkohle sehr angespannt ist. Wie hoch sich der Anteil der deutschen Kohlenreviere sowie der ausländischen Lieferstaaten an der deutschen Kohlenversorgung und an dem Verbrauch der deutschen Gaswerke prozentual stellt, zeigt Zahlentafel 3.

In ihrer Veröffentlichung »Notwendigkeit und Zielsetzung der Steinkohlenaufbereitungsforschung« stellen Fr. Herbst und F. L. Kühlwein¹⁾ den Grundsatz auf, daß bei der Verkokung von einer gut backenden und so reinen Feinkohle auszugehen sei, daß der Gehalt an Asche + Schwefel + Wasser unterhalb 10% bleibt. Nach den Erfahrungen des Verfassers wird man diese Garantie heute noch nicht vom Bergbau erhalten. Man kann bei Feinkohlen 6% Asche und 8% Wasser als obere Grenze zur Zeit als normal ansehen.

Mit der rechnerischen Feststellung des wirtschaftlichen Wertes der Kohle hat sich eingehend R. Geipert²⁾ befaßt. K. Bunte³⁾ kommt bei seiner Überprüfung des Geipertschen Schemas nach heutigen Gesichtspunkten zu dem Ergebnis, daß die Kohlenbewertung im wesentlichen eine Frage des Koksmarktes ist.

L. Winkler⁴⁾ hat in seiner betriebswirtschaftlichen Untersuchung dieser Frage gefunden, daß bei den zugrunde liegenden örtlichen Verhältnissen die Entgasung von Kokskohlen wirtschaftliche Vorteile gegenüber der Entgasung von Gaskohlen bringt, sofern der Kokserlös etwa RM. 1,— über dem Kohleneinstandspreis liegt.

Bei der Verwertung der Kohlen für Gaswerke darf man nicht vergessen, daß rd. 70% des Heizwertes der Kohle in den Koks übergehen und nur rd. 23% in das Gas. Es liegt daher im Interesse des Gaswerks und im Sinne gesunden Wirtschaftens, daß diese 70% als Qualitätskoks auf den Markt kommen.

Man kann heute nicht mehr wie früher, als das Gas noch einen Monopolpreis hatte, den Wert des im Gas gewonnenen Heizwertes der Kohle mit dem Durchschnittserlös des verkauften Gases bemessen, sondern nur mit dem Marktpreis, der vom Ferngas frei Behälter bestimmt wird. Während also früher die Gegenüberstellung der Werte der Heizwerte in Gas- und Koksform etwa lautete:

10000 kcal als Gas in 2 m³ je 12,5 Pf. rd. 25 Pf.,

10000 » als Koks in 1,5 kg je 2 Pf. 3 Pf.,

sieht heute die Aufstellung etwa aus:

10000 kcal als Gas in 2,25 m³ je 3,5 Pf. rd. 8 Pf.,

10000 » als Koks in 1,5 kg je 2,4 Pf. rd. 3,5 Pf.,

¹⁾ Glückauf 70 (1934), S. 990.

²⁾ Journ. f. Gasbeleuchtung 52 (1909), S. 253.

³⁾ Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 273.

⁴⁾ Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 377.

d. h. früher konnte man sagen, daß der Wert des im Gas gewonnenen Heizwertes etwa 8—9mal so groß ist, wie des im Koks vorhandenen Heizwertes; heute ist der Wert des im Gas gewonnenen Heizwertes nur etwa 2—3mal so groß, wenn man den Marktpreis von Ferngas frei Behälter zugrunde legt.

Die Ammonsulfatherstellung, die von den meisten größeren Gaswerken und Kokereien betrieben wird, leidet unter dem Wettbewerb des synthetischen Stickstoffes so sehr, daß mehrere Werke dazu übergegangen sind, entweder das Ammoniak durch Verbrennung des gasförmigen NH_3 zu vernichten, z. B. nach dem Verfahren Stief¹⁾, Hamburg, oder das Ammoniakwasser mit geringer Konzentration in die Kanalisation abzulassen, soweit das Wasser mit etwa 1% Ammoniakgehalt nicht der Landwirtschaft unmittelbar abgegeben wird.

Inwieweit das Katasulfverfahren oder andere im Versuchszustand befindlichen Verfahren in der Lage sein werden, die Aufgabe der wirtschaftlichsten Verwertung des bei der Gaserzeugung zwangsläufig anfallenden NH_3 zu lösen, muß die Erfahrung mit Großanlagen lehren. Jedenfalls kann nur eine Lösung in Frage kommen, die den Bezug der teuren Schwefelsäure, die zur Zeit für Ammonsulfatherstellung erforderlich ist, überflüssig macht. Es ist eine dringende Aufgabe der Gastechnik, das Erstgeburtsrecht des Kohlen-Ammoniaks zu verteidigen und seine Vernichtung im Zeitalter der bestmöglichen Rohstoffausnützung nur als eine vorübergehende Notlösung gelten zu lassen.

Im Gegensatz zu den vorgenannten Nebenprodukten hat das Benzol von Jahr zu Jahr größere wirtschaftliche Bedeutung erreicht. Der Treibstoffhunger infolge der fortschreitenden Motorisierung des Verkehrs zwingt in allen ölarmen Ländern das im Gas befindliche Benzol als Motorentreibstoff zu gewinnen.

Liegt die Benzolerzeugung danach im volkswirtschaftlichen Interesse, so bringt sie auch betriebswirtschaftliche Vorteile und beeinflusst die Gesteungskosten des Gases im günstigen Sinne²⁾. Gegenüber den anderen Nebenprodukten hat die Gewinnung von Benzol den großen Vorteil, daß sie nicht zwangsläufig ist. Bei 27 g Benzol in 1 m³ Steinkohlengas und Entzug von 25 g = 250 kcal sollen folgende Werte zugrunde gelegt werden:

1. Mischgas (Stadtgas): 4200 kcal/m³.
2. Steinkohlengas (nicht entbenzoliert): 5000 kcal/m³.
3. Steinkohlengas (entbenzoliert): 4750 kcal/m³.
4. Wassergas: 2750 kcal/m³.

¹⁾ DRP. 641267 (1937). Ztschrift. VDI 82 (1938), S. 462.

²⁾ Gas- und Wasserfach 68 (1925), S. 90; 73 (1930), S. 509; 76 (1933), S. 775; 77 (1934), S. 377; 77 (1934), S. 457.

Bei nichtentbenzoliertem Kohlengas sind zu mischen:

$$\frac{4200 - 2750}{5000 - 2750} = \frac{1450}{2250} = 0,644 \text{ m}^3 \text{ Steinkohlengas}$$

mit $\frac{0,356}{1,000}$ » Wassergas
 $\text{m}^3 \text{ Mischgas.}$

Bei entbenzoliertem Kohlengas sind zu mischen:

$$\frac{4200 - 2750}{4750 - 2750} = \frac{1450}{2000} = 0,725 \text{ m}^3 \text{ Steinkohlengas}$$

mit $\frac{0,275}{1,000}$ » Wassergas
 $\text{m}^3 \text{ Mischgas.}$

Sobald daher der Preis des Wassergases über dem des Steinkohlengases liegt, ist der Kubikmeter Mischgas beim Nichtentbenzolieren teurer. Es zeigt sich auch hier, daß die Preisspanne zwischen Koks und Kohle neben der Höhe des Erlöses für Benzol die Wirtschaftlichkeit der Benzolgewinnung und damit auch indirekt die Gasgestehungskosten in günstiger Weise beeinflußt.

Zusammenfassend kann man sagen, daß niedere, d. h. für die Verwendung des Gases in Gewerbe und Industrie tragbare Gaspreise nur dann erzielt werden, wenn durch einfache Verfahren möglichst hochwertige, zu guten Preisen absetzbare Beiprodukte bei der Gaserzeugung hergestellt werden. Durch richtige Wahl des Rohstoffes Kohle, der Verfahrenstechnik und der Betriebsweise, ist die Gewinnung dieser Erzeugnisse entweder unmittelbar oder durch Umwandlung in veredelter Gestalt zu erreichen.

Wenn man erkennt, wie einflußreich der Erlös aus dem Verkauf der Beiprodukte, insbesondere des Kokses auf die Gestehungskosten des Gases ist, so muß man folgern, daß bei der gegenseitigen Abhängigkeit der Anfallmengen von Gas und der Beiprodukte die Grenze der wirtschaftlichen Gaserzeugung dort liegt, wo die Grenze der Aufnahmefähigkeit für die Nebenprodukte, in der Hauptsache des Kokses, liegt. Hierbei wird das beste Ergebnis erzielt, wenn der Absatz des Kokses im Nahverkehr des eigenen Gasversorgungsgebietes, also ohne Belastung durch Ferntransportkosten, erfolgen kann.

Das bis jetzt erstmals in Hameln im Großbetrieb durchgeführte Verfahren der Entgiftung¹⁾ des Stadtgases belastet die Gestehungskosten des Stadtgases nach den bekanntgegebenen Zahlen zwischen 0,2 und 0,3 Pf. je m³. Vom Wiener Bösner-Marischka-Verfahren der Gasentgiftung liegen Erfahrungszahlen über die Kosten noch nicht vor.

In den letzten Jahren sind Verfahren entwickelt worden, die Braunkohle zur Herstellung von normgerechtem Stadtgas zu verwenden:

¹⁾ Gas- und Wasserfach 78 (1935), S. 573/593; 80 (1937), S. 114

Hervorgetreten sind das Kasseler Gleichstrom-Entgasungsverfahren¹⁾ und das Vergasungsverfahren nach Lurgi²⁾, das die Stadt Zittau von der Braunkohlenzeche Hirschfelde mit Gas versorgt.

Danach hat die heutige Verfahrenstechnik die Schwierigkeit des hohen Wassergehaltes der Braunkohle für die Entgasung und die Zurückführung des hohen Kohlendioxydgehaltes des daraus gewonnenen Gases auf ein für Stadtgas zulässiges Maß in wirtschaftlicher Weise gelöst, so daß bei Bewährung dieses Verfahrens günstige Gesteigungskosten für Stadtgas aus Braunkohle in den Städten der Braunkohlengebiete zu erwarten sind.

Die Berechnung der Gasgestehungskosten dient nicht nur der Betriebskontrolle und dem Vergleich, sondern sie gibt vor allem auch die Grundlage für einen sachgemäßen Aufbau von Tarifen. Hierbei ist es besonders wichtig, daß die Erzeugungskosten frei gehalten werden von allen Kosten, die die Verwaltung und Gasverteilung betreffen.

H. Winterer³⁾ weist mit Recht auf die Schwierigkeiten eines gerechten Vergleichs der Betriebskosten verschiedener Werke hin, solange nicht einheitliche, genaue Richtlinien für alle Werke bestehen. Alle örtlich bedingten Kostenteile müssen ausgeschieden oder getrennt verglichen werden. Auch die soziale Einstellung der zum Vergleich kommenden Werke muß berücksichtigt werden. Schließlich muß der Kapitaleinsatz gleichartig gehandhabt werden, wenn er bei den Vergleichen mit herangezogen werden soll.

Schriftumsverzeichnis.

- Kukuk, P., Unsere Kohlen, 3. Aufl., Leipzig 1924.
Gluud, W., Handbuch der Kokerei I, Halle 1927.
Bunte, K. u. Schneider, H., Zum Gaskursus, Karlsruhe 1929.
Schäfer, A., Einrichtung und Betrieb eines Gaswerks, IV. A. München 1929.
Rührkohlen-Handbuch, Berlin 1937.
Koppers, Handbuch für Brennstofftechnik, Essen 1937.

B. Gasgestehungskosten.

Die Selbstkosten des bei der Kohlenentgasung gewonnenen Gases allgemeingültig festzustellen, ist eine Aufgabe, die bis heute noch nicht einwandfrei nach den Grundsätzen einer neuzeitlichen Betriebswirtschaftslehre gelöst ist.

Die Schwierigkeit liegt darin, daß bei der Entgasung bzw. Verkokung der Kohle gleichzeitig mehrere Erzeugnisse, wie Gas, Koks, Teer, Ammoniak, zwangsläufig anfallen, für die ein gemeinsamer restlos gültiger Wertmesser fehlt. Mangels dieses Schlüssels ist es daher

¹⁾ Braunkohle 35 (1936), S. 495.

²⁾ Gas- und Wasserfach 80 (1937), S. 806.

³⁾ Gas- und Wasserfach 81 (1938), S. 98.

schwer, die Rohstoffkosten (Kohle) auf die einzelnen Erzeugnisse anteilmäßig zu verteilen. Dies ist aber die Voraussetzung für die einwandfreie Feststellung der Einzelselbstkosten.

Die Kosten der Gasgestehung werden daher heute allgemein dadurch festgestellt, daß alle Aufwendungen des Erzeugungsbetriebes vom Rohstoff bis zum fertig aufbereiteten Gas frei Gasbehälter zusammengerechnet und davon die Einnahmen aus den Nebenprodukten abgesetzt werden. Der übrigbleibende Rest ergibt die Gasgestehungskosten. Daher wird diese Berechnungsweise auch Restwertrechnung genannt.

Diese Rechnungsmethode verzichtet auf die Feststellung der Rohstoffkosten der Kuppelprodukte des Gases, also der Beiprodukte Koks, Teer, Benzol usw., läßt nur deren Bearbeitungskosten aus der Kostenstellenrechnung erfassen und ermittelt die Gestehungskosten nur für das Haupterzeugnis Gas unter Zuhilfenahme des allen Preisschwankungen des Marktes unterworfenen Erlöses aus dem Verkauf der zwangsläufig anfallenden Nebenprodukte.

Einerseits muß es vom betriebswirtschaftlichen Standpunkt aus als Mangel der Restwertrechnung angesehen werden; daß die Gasgestehungskosten abhängig sind von den Preisschwankungen des Marktes der Kuppelprodukte. Dieser Markt läßt sich deshalb so schwer beherrschen, weil der Anfall der Beiprodukte zwangsläufig mit der Gaserzeugung gekuppelt ist. Wie sehr man daher nach einer besseren Kalkulationsmethode Ausschau hält, wie eingangs auseinandergesetzt, so sehr scheint andererseits diese innige Verknüpfung so vieler Produkte bei der Gaserzeugung von Vorteil gewesen zu sein für die technische und wirtschaftliche Entwicklung der Gasindustrie.

Solange dem Gas eine wettbewerbsfreie Stellung in der zentralen Licht- und Wärmeversorgung zukam — und diese Zeitspanne umfaßt viele Jahrzehnte — spielten die Kuppelerzeugnisse bei der Gaserzeugung keine bedeutende Rolle; daher der Name »Nebenprodukte«. Der Gaspreis konnte stets auf einer solchen Höhe gehalten werden, daß auch bei ungünstigen Erlösen aus dem Verkauf der Beiprodukte ein hinreichender Gewinn aus dem Gasverkaufsgeschäft verblieb.

Seit der Jahrhundertwende vollzog sich in der Gasverwendung ein gewaltiger Umschwung. Die Elektrizität übernahm von Jahr zu Jahr in steigendem Maße die Lichtversorgung. Das Gas drang in die Wärmeversorgung, namentlich der Haushalte, ein, in Gebiete, die seither dem festen Brennstoff restlos vorbehalten waren. Dies brachte eine außerordentliche Zunahme der Gasverwendung. Allerdings erst dann war die Werbung des Gases zu Koch- und Heizzwecken von Erfolg gekrönt, als man von dem hohen Lichttarif abging und Sondertarife für Koch- und Heizgas einführte.

Interessant ist es zu verfolgen, wie die Gaswerke diese Senkung der Einnahme je Kubikmeter ausglich durch Herabsetzen der Gestehungs-

kosten. Zunächst brachte die Einführung des Gases zu Kochzwecken bzw. im Haushalt beim Backen, Bügeln, Baden eine über das ganze Jahr immer mehr ausgeglichene Belastung und ein Verschwinden der früher üblichen großen Belastungsspitzen in den Wintermonaten.

Es ist immer das beste Mittel zur Herabsetzung von Gesteungskosten gewesen, eine über das ganze Jahr möglichst gleichmäßige Gasabgabe durch Werbung und Tarif herbeizuführen. Die Schwankungen während der Tageszeiten und innerhalb der Woche können im allgemeinen — sofern keine zu großen Industrie- und Heizgasabgaben vorhanden sind — durch die Behälter ausgeglichen werden. Vor allem fielen die früher in den Sommermonaten brachliegenden großen Bereitschaften an Öfen und sonstigen Einrichtungen weg.

Eine große Rolle bei dem Bestreben, die Gesteungskosten zu senken, spielte die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Öfen. Es begann geradezu ein Wettlauf der Ofensysteme in bezug auf Grundflächenausnutzung. Die Handbedienung wurde durch Maschinenarbeit ersetzt. Die Ausbeute an Gas je Tonne Kohle wurde gesteigert und die Unterfeuerung durch Verbesserung des Heizsystems und Ausnutzung der Abwärme auf ein möglichst niedriges Maß gesenkt. Rekuperative und regenerative Beheizungssysteme stritten um den Vorrang. Die Lehr- und Versuchsanstalt in Karlsruhe, das jetzige Gasinstitut, wurde gegründet und gab durch systematische Untersuchungen der Kohlen und ihrer Entgasungseigenschaften, Durchführung von Abnahmeversuchen an Öfen und Gaswerkseinrichtungen und durch Schulung von Ingenieuren und Chemikern der Gasindustrie außerordentlich wertvolles Rüstzeug zur stetigen Verbesserung der Betriebsführung.

Neben diese zahlreichen technischen Maßnahmen, die Gesteungskosten des Gases herabzudrücken, traten solche organisatorischer Art. Die starke Zunahme des Gasverbrauchs brachte einen immer größer werdenden Anfall an Beiprodukten, der sich vor allem beim Koks bemerkbar machte. Der Koksbedarf war örtlich so verschieden, aus Gründen, die hier aufzuführen zu weit gingen, daß man eine zwischenörtliche Regelung des Koksabsatzes anstrebte. Das führte zur Gründung der Wirtschaftlichen Vereinigung Deutscher Gaswerke zu Beginn dieses Jahrhunderts. Entsprechend der geringen Bedeutung der übrigen Beiprodukte wurden diese erst später in das Aufgabengebiet der Wirtschaftlichen Vereinigung mit einbezogen.

Eine außerordentlich wichtige Maßnahme bedeuten weiter die vielen Versuche und Vorschläge, die Gasgestehungskosten nach einheitlichen Richtlinien zu ermitteln. Zur richtigen Erfassung der anfallenden Kosten an der Quelle wurden Kontenpläne ausgearbeitet, die das Gerippe eines geordneten Rechnungswesens bilden.

Diese Schemen haben alle im laufenden Betrieb anfallenden Kosten, insbesondere auch die Löhne und Materialkosten für Betrieb und Unter-

haltung der Betriebs- bzw. Hauptbuchhaltung zur Verrechnung und Gesamtkostenberechnung zu liefern.

Über die verschiedenen Kontenpläne, die in Abwandlung insbesondere der vom Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern herausgegebenen und von Obering. Radtke, ausgearbeiteten »Richtlinien für die Aufstellung der kaufmännischen Rechnungslegung in deutschen Gaswerken nach einheitlichen Gesichtspunkten« entstanden sind, berichtet kritisch H. Lehmann in seiner Dissertation über Kalkulationsprobleme der Gaswerke. Man erkennt daraus die Schwierigkeiten, die für die Aufstellung eines für alle Gaswerksbetriebe passenden Kontenplanes vorhanden sind. Einerseits bestehen die Schwierigkeiten in den sehr verschiedenen Größen der Betriebe, andererseits in der Verschiedenheit des Rechnungswesens bei Regie- und vergesellschaftlichten Betrieben.

Grundsätzlich soll der Kontenplan die Kosten des gesamten Betriebs, entsprechend der gegebenen Dreiteilung, aufteilen in die Hauptkostengruppen:

Erzeugung, Verteilung, Verwaltung.

Die Kostengruppe »Erzeugung« gliedert sich z. B. in:

1. Gemeinsame Erzeugungskosten:
 - 10 Gemeinsame Betriebseinrichtungen,
 - 11 Gemeinsame Transporteinrichtungen.
2. Soziale Leistungen.
3. Erzeugungsbetriebe:
 - 30 Ofenbetrieb,
 - 31 Gasaufbereitung und Reinigung,
 - 32 Koks-aufbereitung und Lagerung,
 - 33 Rohteer-aufbereitung und Lagerung,
 - 38 Wassergasbetrieb.
4. Hilfsbetriebe:
 - 40 Kohlenbezug und -lagerung,
 - 41 Dampferzeugung unmittelbar oder aus Abhitze,
 - 42 Stromerzeugung und -bezug,
 - 43 Wasserförderung und -bezug.
5. Aufarbeitungsbetriebe:
 - 50 Teerverarbeitung,
 - 51 Benzolgewinnung und Aufbereitung,
 - 52 Ammoniak-aufarbeitung.
6. Sonderbetriebe:
 - 60 Dampffernversorgung,
 - 61 Dampf-lieferung an Dritte, z. B. an Gasverteilung, Verwaltung.

Die einzelnen Kostenstellen können ihrerseits wieder untergliedert werden, wie z. B. an der Kostenstelle 30 Ofenbetrieb gezeigt werden soll.

30. Ofenbetrieb:

- 300 Gehälteranteile,
- 301 Bedienung, Löhne,
- 302 Geräte und Verbrauchsgegenstände,
- 303 Kohlenverbrauch,
- 304 Koksverbrauch für Unterfeuerung bzw. Schwachgas,
- 305 Dampf, Strom, Wasser, Gasverbrauch,
- 308 Sonstige Belastungen und Erkennungen,
- 309 Unterhaltungskosten (Lohn, Material, Rechnungen):
 - 3091 Kohlenfördereinrichtung zwischen Lager und Ofen,
 - 3093 Kohlenbrech-, -mahl- und -mischanlagen,
 - 3095 Ofen mit Fuchs und Kamin,
 - 3096 Kohlenfüll- und Kokstransportanlagen, Ausstoß- und Türabhebemaschinen,
 - 3097 Zentralgeneratoren mit Waschern und Gebläse,
 - 3099 Gebäude:
 - 30990 Kohlenaufbereitung,
 - 30991 Kohlenturm,
 - 30992 Generatorenhaus.

Der gleiche Zahlenschlüssel bei allen Kostenstellen ermöglicht durch Zusammenfassung der unter gleichen Zahlen aufgeführten Kosten der Einzelkonten z. B. die gesamten Gebäudeunterhaltungskosten des ganzen Werkes unmittelbar zu ermitteln. Je nach der Größe des Betriebs wird man die Untergliederung der Konten ausdehnen oder einschränken. Immer muß die Bildung von Kostenstellen Sinn und Zweck haben. Sie muß die ordnungsgemäße Verteilung der einzelnen Kostenarten ermöglichen, z. B. der Löhne, der Gehälter, von Strom, Wasser usw., zwecks möglichst einwandfreier Feststellung der Selbstkosten der Erzeugnisse.

Schließlich soll man die Untergliederung nicht weitertreiben als nötig ist, um die einzelnen Abteilungen des Werkes oder die für den wirtschaftlichen Erfolg wichtigen Tätigkeiten zu prüfen bzw. den Betriebsvergleich zu ermöglichen. Bei größeren Betrieben genügt für die Betriebsabrechnung nicht die Aufteilung der Kosten nach Kostenarten. Man will nicht nur wissen, was für Kosten entstanden sind, z. B. an Rohstoffen, Gehältern, Löhnen usw., sondern man verlangt auch Rechenschaft darüber, an welcher Stelle und durch welche Tätigkeit die Kosten entstanden sind, d. h. man will die Aufteilung der Kostenarten auf die Kostenstellen kennen.

Die Betriebsabrechnung, die je nach der Größe des Betriebs monatlich, vierteljährlich oder bei kleineren Betrieben alljährlich aufzustellen ist, gliedert sich für die Hauptkostengruppe Erzeugung wie folgt:

Betriebsabrechnung nach Kostenarten:

Gaserzeugung ohne Eigenverbrauch im Jahr angenommen rd. 60000000 m³.

Aufwendungen z. B. für je 1000 m³:

Kohlen für Stadtgas	RM. 38,57
» » Starkgasbeheizung	» 4,90
» » Gaseigenverbrauch	» 0,11
» » Dampf	» 1,61
Koks für Dampf	» 1,12
» » Unterfeuerung	» 3,93
» » Wassergas	» 3,29
» » Sonstige	» 0,09
Strombezug von der Stadt	» —
Wasserbezug von der Stadt	» 0,21
Betriebsstoffe	» 0,24
Geräte und Verbrauchsgegenstände	» 0,36
Betriebsgehälter	» 2,74
Betriebslöhne	» 7,63
Unterhaltungslöhne	» 2,31
Unterhaltungskosten, Material	» 2,32
Allgemeine Betriebskosten	» 0,66
Soziale Leistungen	» 1,52
<hr/>	
Insgesamt: RM. 71,61	

(Erträge, z. B. für je 1000 m³:

Koks	RM. 41,33
Rohteer	» 3,14
Schlacken	» 0,04
Sonstige	» 2,42
<hr/>	
Insgesamt: RM. 46,93	

Gestehungskosten (ohne Erlös aus den Aufarbeitungsbetrieben)	RM. 24,68
Erträge der Aufarbeitungsbetriebe	» 5,14
Gasgestehungskosten einschließlich Aufarbeitungsbetriebe (ohne Kapitaldienst)	» 19,54

Betriebsabrechnung nach Kostenstellen:

Aufwendungen, z. B. für je 1000 m³:

10 Betriebseinrichtungen	RM.	5,84
11 Transporteinrichtungen	»	1,10
20 Soziale Leistungen	»	1,52
30 Ofenbetrieb	»	50,67
31 Gasaufbereitung und Reinigung	»	2,21
32 Koksauflbereitung und Lagerung	»	1,90
33 Rohteer und Ammoniakwasser	»	0,63
38 Wassergasbetrieb	»	5,44

Insgesamt: RM. 69,31

Erträge:

910 Koks	»	41,33
911 Rohteer	»	3,14
912 Schlacken	»	0,04
913 Sonstige	»	—,—
901 Gaseigenverbrauch	»	—,12

Insgesamt: RM. 44,63

Gestehungskosten (ohne Erlös aus den Aufarbeitungsbetrieben)

RM. 24,68

Aufarbeitungsbetriebe.

Aufwendungen, z. B. für je 1000 m³ Gas-
erzeugung:

50 Teerverarbeitung	RM.	1,14
51 Benzolgewinnung und Aufarbeitung	»	3,37
53 Ammoniakauflbereitung	»	1,93

Insgesamt: RM. 6,44

Erträge, z. B. für je 1000 m³ Gaserzeugung:

920 Teererzeugnisse	RM.	2,18
921 Benzolerzeugnisse	»	7,28
922 Ammoniaksalz	»	2,12

Insgesamt: RM. 11,58

Erlös aus den Aufarbeitungsbetrieben

» 5,14

Gestehungskosten des Gases einschließlich Auf-
arbeitungsbetriebe (ohne Kapitaldienst).

RM. 19,54

Die Erzeugungskosten werden auf die Erzeugungsmenge umgelegt, und in der Gasindustrie werden sie auf den Kubikmeter Gas als Kostenträger ausgerechnet. Jedenfalls bietet auch die Restwertrechnung, trotz ihrer bereits eingangs angeführten Mängel, bei Herausschalen der

wichtigen Kennziffern ein gutes Mittel durch zeitlichen und zwischenbetrieblichen Vergleich, stets über den Betriebsablauf unterrichtet zu sein und ihn richtig zu steuern.

L. Winkler¹⁾ untersucht in einer Arbeit über Restwertrechnung oder Einzelkostenermittlung in der Kohlenentgasung verschiedene Wege der Einzelkalkulation. Dem naheliegenden Vorschlag der Kostenaufteilung nach festen und flüchtigen Bestandteilen der Kohle fehlt der richtige Maßstab für die wertmäßige Verteilung des Rohstoffs »Kohle«. Auch bringt dieser Vorschlag nur eine Zweiteilung und keine Verteilung auf die vielfachen einzelnen Produkte.

Der zweite Weg ist die Gewichtswertrechnung.

1 t Steinkohlen gibt bei der Entgasung etwa:

160 kg Steinkohlengas,
750 » Koks,
40 » Teer,
7 » Benzol,
3 » Ammoniak.

Wenn sich auf dieser Grundlage auch die gemeinsamen Aufarbeitungskosten brauchbar trennen lassen, so kann nach diesem rohen Schlüssel die wertmäßige Verteilung des Rohstoffes Kohle schlecht erfolgen.

Der dritte Weg geht vom Heizwert aus, der zweifellos für die beiden Hauptprodukte Gas und Koks einen einwandfreien Wertmaßstab bildet und für die beiden nächstwertigen Erzeugnisse Teer und Benzol anwendbar ist. Die Marktbewertung dieser Produkte erfolgt allerdings nach anderen Gesichtspunkten.

Das Ammoniak dagegen kann man nur deshalb diesem Maßstab unterwerfen, weil es heute bei der Entgasung keine wertmäßige Bedeutung besitzt und es daher ziemlich gleichgültig ist, welchem Maßstab es unterworfen wird.

1 t Steinkohlen ergibt bei der Entgasung:

320 m ³ Gas von 5000 kcal/m ³	= 1600000 kcal	= 22,39%
750 kg Koks von 6800 kcal/kg	= 5100000 »	= 71,37%
40 » Teer von 9000 kcal/kg	= 360000 »	= 5,04%
7 » Benzol von 10000 kcal/kg	= 70000 »	= 0,98%
3 » Ammoniak von 5400 kcal/kg	= 16200 »	= 0,22%
	Insgesamt:	100,00%

Die Mängel der vorgenannten Methoden der Aufteilung werden bei einem vierten Weg vermieden. Man überführt alle Produkte einheitlich in die Gasform und stellt den Gaswert fest, den die bei der üblichen

¹⁾ Gas- und Wasserfach 79 (1936), S. 129.

Entgasungsweise anfallenden Einzelerzeugnisse besitzen. Es werden daher bei der Gaswertrechnung die in Gasform verwertbaren Wärmehalte der Einzelerzeugnisse dem Verteilungsschlüssel zugrunde gelegt.

Nimmt man wieder die gleichen Ausbeuteziffern, so sieht die Aufteilung einer Tonne Kohle nach der Gaswertrechnung etwa aus:

1. Steinkohlengas:
 $320 \text{ m}^3 \cdot 5000 \text{ kcal} = 1600000 \text{ kcal} \dots\dots\dots = 29,33\%$
 2. Gas aus Koks:
 750 kg Koks
 $0,6 \text{ kg Koks/m}^3 \text{ Gas} \cdot 2800 \text{ kcal} = 3522700 \text{ kcal} = 64,56\%$
 3. Gas aus Teer:
 $\text{In } 40 \text{ kg Teer sind } 360000 \text{ kcal, davon } 70\% \text{ in Gas}$
 $\text{überföhrbar} = 252000 \text{ kcal} \dots\dots\dots = 4,62\%$
 4. Gas aus Benzol:
 $100\% \text{ in Gas überföhrbar} = 70000 \text{ kcal} \dots\dots\dots = 1,28\%$
 5. Gas aus Ammoniak:
 $\text{In } 3 \text{ kg Ammoniak sind } 16200 \text{ kcal, davon } 70\%$
 $\text{des Stickstoffgehalts wegen anrechenbar} =$
 $11340 \text{ kcal} \dots\dots\dots = 0,21\%$
- Zusammen $5456740 \text{ kcal} = 100,00\%$

Die Gaswert- und Heizwertrechnung ergeben bei einem Kohlenpreis von RM. 20,— folgende Unterschiede in der Aufteilung der Rohstoffkosten:

	Nach Heizwert RM.	Nach Gaswert RM.
Für Gas	4,48	5,87
» Koks	14,27	12,91
» Teer	1,01	0,92
» Benzol	0,20	0,26
» Ammoniak	0,04	0,04
	20,00	20,00

Die Ergebnisse der vorgenannten verschiedenen Vorschläge, den Kostenanteil der Einzelerzeugnisse bei der Entgasung an dem Rohstoff Kohle festzustellen, zeigen verhältnismäßig geringe Unterschiede, so daß sowohl die Heizwert- wie auch die Gaswertrechnung einen brauchbaren Wert zur wirklichen Selbstkostenberechnung von Gas, Koks, Teer, Benzol usw. aufweisen. Die Gaswertrechnung stellt vielleicht dadurch eine verfeinerte Methode dar, weil sie den Wert der Nebenprodukte nach dem Zustand des Hauptprodukts Gas ausrechnet.

In Anbetracht des geringen Anteils, den Teer, Benzol und Ammoniak der Menge und des Wertes nach an dem Rohstoff Kohle im Verhältnis zu den Hauptprodukten Gas und Koks beanspruchen, kann man den Schönheitsfehler übersehen, den das Anlegen des Heiz- oder Gaswertmaßstabs an Teer und Ammoniak z. B. bedeutet. So notwendig heute auch in der Gasindustrie eine genaue Kalkulation aller Erzeugnisse ist, so hat sich die Einzelkalkulation der Kuppelprodukte noch nicht durchsetzen können.

Alle Selbstkostenberechnungen ergeben, daß die Rohstoffkosten schon bei einem Kohlenpreis von RM. 16/t über die Hälfte aller Aufwendungen für die Gaserzeugung ausmachen. Die Wahl der Kohlen beeinflusst die Gestehungskosten des Gases zu allererst.

L. Winkler¹⁾ hat in einer Veröffentlichung »Die Nebenprodukte — Träger der Wirtschaftlichkeit« z. B. unter bestimmten Verhältnissen, ausgerechnet, daß die Erzeugungskosten je m³ Gas bei Einsatz von Kokskohle gegenüber Gaskohle, und bei gleichem Preis der beiden Kohlenarten, eine Ermäßigung um rd. 10% erfahren. Das Ergebnis ist bei der Erzeugung einer bestimmten Gasmenge begründet durch die Spanne zwischen Kohlenpreis und Kokserlös und der Höhe des Anfalls an verkäuflichem Koks.

Für den zwischenbetrieblichen Vergleich ist es wichtig, nicht nur die Einsatzkosten der Kohlen, sondern auch den Preis ab Zeche und die Transportkosten ab Zeche frei Lager zu wissen. Ein für die Allgemeinheit so wichtiger Rohstoff wie Kohle kann selbstverständlich bei gleicher Sorte und gleichem Verwendungszweck nur einen Wert haben, gleichgültig, ob er am Fundort oder an einer anderen Wirtschaftsstelle des Landes verarbeitet wird. Lediglich die Transportkosten verändern den Einsatzpreis. Bei einem Schienenweg von rd. 280 km erfordert z. B. die Bahnfracht bereits über 50% des Kohlenpreises, während die Wasserfracht ein Drittel der Bahnfracht beträgt.

Von allen Nebenprodukten beeinflusst der Erlös aus dem Koks-geschäft in überragendem Maß das wirtschaftliche Ergebnis. Die folgende Berechnung läßt die Bedeutung der einzelnen Nebenprodukte erkennen:

Einfluß der Nebenprodukte auf die Erzeugungskosten des Gases²⁾.

Z. B. Jahreserzeugung Stadtgas	60 Mio Nm ³
75% der Unterfeuerung durch Starkgas	17,24 Mio Nm ³
Unterfeuerungsbedarf	630 kcal/kg Kohle
Kohlendurchsatz	180 265 t
Steinkohlengasausbeute	320 Nm ³
Mischgasausbeute (Stadtgas)	475 Nm ³

¹⁾ Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 383 u. ff.

²⁾ Nach Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 383.

Heizwert des Steinkohlengases	4941 kcal		
Heizwert des Wassergases	2700 »		
Heizwert des Zentralgeneratorgases	1120 »		
Heizwert des Stadtgases	4200 »		
Koksausbeute	750 kg/t	Kohle	
Verkäuflicher Koks	547 »	»	»
Teerausbeute	34 »	»	»
Ammoniaksalzerzeugung	12 »	»	»
Benzolauswaschung	8 »	»	»

Kohleneinsatzkosten . 180265 t	18 RM./t	3244770 RM.	5,4 Pf./Nm ³
Hiervon ab Erlös aus Nebenprodukten:			
Verkäufl. Koks	98623 t	22 RM./t	2169706 » 3,61 »
» Teer	6129 »	40 »	245200 » 0,41 »
» Ammoniak-			
salz	2163 »	60 »	129780 » 0,21 »
» Benzol	1442 »	320 »	461440 » 0,77 »
		Insgesamt:	3006126 RM. 5,00 Pf./Nm ³
Ungedeckte Kohlenkosten:			238644 RM. 0,4 Pf./Nm ³

Die Aufstellung zeigt den in der Praxis oft gebrauchten Begriff »ungedeckte Kohlenkosten«, d. i. der nach Abzug des Erlöses aus den Nebenprodukten von den Kohlenkosten übrigbleibende Betrag. Die Erzeugung besten Kokes sichert am ehesten Absatz zu guten Preisen und ermöglicht es dadurch, von der Seite des Kokes die Erzeugungskosten des Gases zu verringern.

Neben der Kohlenauswahl, dem erzielbaren Kokspreis, besteht die Möglichkeit, durch Beheizung der Öfen mit Starkgas den Unterfeuerungskoks zum Verkauf freizumachen und darüber hinaus den Anfall an Koks um die Mengen zu steigern, die sich aus dem Mehrbedarf an Kohlen für die Herstellung des Unterfeuerungsstarkgases ergeben.

Wie sich die Starkgasbeheizung der Öfen auf die Erzeugungskosten auswirkt, hat L. Winkler in der obengenannten Veröffentlichung dargestellt.

Auch E. Schumacher¹⁾ hat in seiner Veröffentlichung »Gerade Wege — feste Ziele in der Gaswirtschaft« ausgerechnet, daß die Starkgasbeheizung der Öfen, d. h. der Kokereibetrieb, auch für kleine Gaswerke große wirtschaftliche Vorteile bringen kann. Aus den vielen Gegenüberstellungen soll eine herausgegriffen werden, um zu zeigen, wie sich die Erzeugungskosten verringern, wenn bei einer Jahresgaserzeugung von 1 000 000 m³ (Heizwert 4600 kcal/m³ Wärmeverbrauch bei Kokereibetrieb 600 kcal/kg Kohle) vom Gaswerksbetrieb (Gasfahrt) auf Kokereibetrieb (Koksfahrt) übergegangen wird.

¹⁾ Zeitschr. f. öff. Wirtschaft 2 (1935), S. 376.

Zahlentafel 4.

Gaserzeugung bei einer Jahresgasabgabe von 1000000 m³¹⁾:
 Heizwert 4600 kcal, Wärmeverbrauch bei Kokereibetrieb
 600 kcal/kg Kohle

	Gaswerkbetrieb	Kokereibetrieb
	m ³	m ³
Gaserzeugung	1030000	1700000
Starkgasunterfeuerung	—	670000
Sonstiger Gaseigenverbrauch	30000	30000
Stadtgasabgabe	1000000	1000000
Gleichbleibende Aufwendungen	RM.	RM.
Kohlen für Stadtgas bei einer Ausbeute von 330 m ³ /t = 3030 t à 20,— RM.	60600.—	60600.—
Kohlen für Gaseigenverbrauch = 90 bzw. 2120 t à 20,— RM.	1800.—	42400.—
Strom- und Wasserbezug	1500.—	2000.—
Betriebsgehälter	5000.—	5000.—
Betriebslöhne 7 bzw. 8 Mann à 2500,— RM.	17500.—	20000.—
Unterhaltungslöhne 3 Mann à 2500,— RM.	7500.—	7500.—
Unterhaltungsmaterial	3000.—	4500.—
Allgemeine Kosten	2000.—	2000.—
	98900.—	144000.—

Zu diesen gleichbleibenden Aufwendungen kommen die Kokskosten, deren Höhe von der Spanne zwischen Kohlenpreis und Kokserlös abhängig ist; es ergibt sich für eine Spanne von 4,— RM. folgendes Gesamtbild:

Zahlentafel 5.

	Gaswerkbetrieb		Kokereibetrieb	
	RM.	RM.	RM.	RM.
1. Aufwendungen:				
Gleichbleibende	98900,—		144000,—	
Koksverbrauch für Unterfeuerung = 25% der entgasten Kohlen = 780 t à 24,— RM.	18720,—		—	
Insgesamt:		117620,—		144000,—
Erträge:				
Gleichbleibende Teererzeugung 4% der entgasten Kohle = 124 bzw. 206 t à 40,— RM.	4960,—		8240,—	
Kokserzeugung = 70 bzw. 75% der entgasten Kohlen = 2184 bzw. 3862 t à 24,— RM.	52416,—		92688,—	
Insgesamt:		57376,—		100928,—
Reine Produktionskosten (ohne Kapitaldienst)		60244,—		43072,—
d. i. pro m ³		6,02 Rpf.		4,31 Rpf.

¹⁾ Entnommen der Zeitschr. f. öffentl. Wirtschaft 2 (1935), S. 379.

Von den übrigen Nebenerzeugnissen kann die Mehrerzeugung von Teer bei Koksfahrt die Erzeugungskosten nicht besonders beeinflussen, da beim Übergang von Gaskohlen auf Kokskohlen die Ausbeute an Teer zurückgeht und der Erlös aus Rohteer durch den erhöhten Kohlendurchsatz nicht entsprechend steigt. Bei großen Werken allerdings besteht die Möglichkeit, durch Weiterverarbeitung des Teeres die Einnahmen bei günstigen Absatzverhältnissen für die Teerprodukte zu steigern. Auch bei diesem Nebenprodukt wird die Gastechnik zu einer wert erhöhenden Aufbereitung schreiten.

Bei dem anderen zwangsläufig anfallenden Nebenprodukt, dem Ammoniak, ist die von Jahr zu Jahr zurückgehende Wirtschaftlichkeit seiner Verarbeitung geradezu zu einem Problem der Gasindustrie geworden.

Schrifttumsverzeichnis.

- Radtke, Berth., Die Betriebsorganisation der Frankfurter Gasgesellschaft in ihrer Entwicklung. Selbstverlag des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, E. V., Berlin, 1922.
- Radtke, Berth., Werksaufbau, München 1926.
- Schmahlenbach, Prof. Dr., Grundlagen der Selbstkostenberechnung und Preispolitik, Leipzig 1927.
- D. V. v. Gas- und Wasserfachmännern: Richtlinien für die Aufstellung der kaufmännischen Rechnungslegung in deutschen Gaswerken nach einheitlichen Gesichtspunkten. München 1928.
- Wittig, H., Der Betriebsvergleich kommunaler Gaswerke, Berlin 1931.
- Lehmann, H., Kalkulationsprobleme der Gaswerke, Inaugural-Dissertation Universität Frankfurt, Frankfurt am Main 1923.
- Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit: Größere Wirtschaftlichkeit durch geordnetes Rechnungswesen und Betriebsuntersuchung. Leipzig 1937.

C. Kohlenlagerung.

Die Kohlen werden entweder im Freien oder unter Dach gelagert. Bei kleinen Gaswerken findet man in der Regel einen Kohlenschuppen. Bei mittleren Werken, die aus der Vorkriegszeit stammen, ist ebenfalls meistens ein Kohlenschuppen oder ein Silo vorhanden. Diese fassen jedoch gewöhnlich nur einen Teil des Vorrats. Das gleiche gilt für einzelne große Werke. Die übrigen lagern ihre Kohlen heute durchweg im Freien.

Es sind vielfach Untersuchungen angestellt worden, wieviel die Kohlen durch das Lagern leiden und ob beim Lagern in gedeckten Räumen die geringere Wertminderung der Kohle die Zinsen der Baukosten einer Lagerhalle ausgleichen.

Hierüber haben insbesondere H. Prenger¹⁾ und R. Nübling²⁾ berichtet. Die Mehrverluste an Ausbeute durch Freilagerung gegenüber gedeckter Lagerung werden angegeben:

¹⁾ Journ. f. Gasbel. 52 (1909), S. 793.

²⁾ Journ. f. Gasbel. 55 (1912), S. 1193.

bei Saarkohlen mit	1,7%
» Ruhrkohlen mit	3,3%
» bei englischer Kohle mit	3,0%

Bei schlesischer und sächsischer Kohle sind keine nennenswerten Mehrverluste bei offener Lagerung gegenüber gedeckter beobachtet worden. Zu diesen Ausbeuteverlusten kommt noch ein Mehraufwand an Unterfeuerung, der nach den angeführten Quellen zwischen 0 und 10% schwankt. Demgegenüber kann man das Verhältnis des Aufwandes an Zinsen und Abschreibung beim gedeckten Lager zum Freilager je t Kohle etwa wie folgt annehmen:

Gedecktes Lager einschließlich Förderanlagen	RM. 1,40
Freilager einschließlich Förderanlagen	» 0,60

Man findet immer wieder den Hinweis, daß Kohle unter Wasser sich verlustlos lagern läßt.

Auf dem Gaswerk der Soc. d'Éclairage, Chauffage et Force Motrice in Gennevilliers bei Paris ist ein Kohlenlager unter Wasser angeordnet. Ein über 8 Jahre laufender Versuch hat weder eine Verschlechterung noch eine Veränderung der Entgasungsprodukte gezeigt. Eine derartige Lagerung ist einesteils aus örtlichen Gründen, andernteils wegen der Kostspieligkeit der Anlage so selten durchgeführt worden, daß sie eine allgemeine Anwendung bis jetzt nicht hat finden können.

Zusammenfassend kann man sagen, daß heute, sofern nicht von früher her Kohlenschuppen vorhanden sind, die Kohlen im Freien gelagert werden. Man begnügt sich damit, nur die für einen ein- bis dreitägigen Durchsatz in Frage kommenden Kohlen in aufbereitetem Zustand in dem Betriebsbunker und gegebenenfalls in den Bunkern der Mischanlage gedeckt einzulagern. Während die Kokereien der Bergbaugebiete, die in unmittelbarer Nähe der Kohlengruben liegen, keine oder nur ganz geringe Kohlenlager besitzen, sind die Gaswerke zur Sicherung der Gasversorgung gehalten, große Kohlenmengen zu stapeln. Werden auf diese Weise auch große Werte in den Kohlenlagern der Gaswerke festgelegt, so bilden andererseits diese Rohstofflager der über das ganze Land zerstreuten Gaswerke einen unschätzbaren Wert für Volk und Staat. Mit der Größe des Werks wächst die Bedeutung eines großen Kohlenvorrats. Während man für kleine Werke einen Vorrat von 2 bis 3 Monaten, bei mittleren Werken von 3 bis 4 Monaten als ausreichend ansehen kann, sollte man bei großen Werken die Lagerungsmöglichkeit für 4 bis 6 Monate anstreben. Auch in dieser Hinsicht gilt keine strenge Regel, denn die Entfernung von den Kohlengruben, die Störungsmöglichkeit der Kohlenzufuhr u. a. m. sind zu berücksichtigen. Je größer die Kohlenlager sind, und je weniger man daher in der Lage ist, sie den Einflüssen der Witterung durch Überdachung zu entziehen, um so not-

wendiger ist es, die Kohlen so zu lagern, daß ihre Wertminderung so gering wie möglich, die Erwärmung so nieder wie möglich gehalten und die Selbstentzündung vermieden wird.

Die Lagerbeständigkeit von Stückkohle ist im allgemeinen größer als die von Feinkohlen. Andererseits kann Feinkohle lagerfester sein wie etwa Nußkohle, weil das dicht gelagerte Korn dem Eindringen des Luftsauerstoffs in das Innere des Kohlenhaufens einen größeren Widerstand entgegengesetzt als bei Haufen mit größerem Korn.

Wichtiger als die Sorte ist die Herkunft der Kohle für das Verhalten beim Lagern.

Z. B. hat man festgestellt, daß schlesische Kohle, und zwar Gleiwitzkohle, selbst nach jahrelanger Lagerung im Freien keine Einbuße an Backfähigkeit und Gasausbeute erfährt. Ebenso lagert sich die Saarkohle im allgemeinen gut. Bei Ruhrkohlen und englischer Kohle kann das Verhalten ganz verschieden sein. Aber nicht nur nach der Herkunft verhält sich die Kohle anders, sondern auch im Lageralter. Die Wertminderung nimmt entweder ganz allmählich zu oder zuerst schneller und dann langsamer oder überhaupt nicht bemerkbar.

Der Gasausbeuteverlust ist z. B. bei einer Ruhrgaskohle (Kleinkohlen)

bei einer Lagerzeit von 11 Tagen mit	7,6%,
» » » » 381 » »	17,2%.

bei einer schlesischen Gaskohle (Kleinkohlen)

bei einer Lagerzeit von 14 Tagen mit	1,4%,
» » » » 370 » »	8,1%

festgestellt worden.

Bei Ostrauer, ein Jahr lang gelagerter Kohle wurde ein Rückgang der Gasausbeute von 326 auf 322 und 302 m³/t festgestellt. Der Heizwert des Gases ging von 5500 kcal auf 5440 kcal und 5400 kcal zurück.

Nach K. Bunte¹⁾ macht sich die Wertminderung länger lagernder Kohle mehr in der Koksbeschaffenheit als in der Gasausbeute geltend. Über die Vorgänge, die zur Verwitterung und Selbstentzündung der Kohlen führen, liegen verschiedene Untersuchungen und Erklärungen von Forschern vor.

Hinrichsen und Taczak²⁾ fassen die Ergebnisse dahin zusammen, daß die Verwitterung der Kohle durch Aufnahme von Sauerstoff erfolgt, der einen Teil des Kohlenstoffs und Wasserstoffs zu Kohlensäure und Wasser oxydiert oder unmittelbar in die Zusammensetzung der Kohle eintritt.

¹⁾ Niederschrift über den Erfahrungsaustausch d. Chemiker der Gaswerke in Frankfurt a. M., 1937.

²⁾ Die Chemie d. Kohle. Leipzig 1916, S. 248, 262.

Erwärmt sich die Kohle, so tritt eine Reaktion des Sauerstoffs auf die verbrennliche Substanz der Kohle ein. Die Abnahme der Backfähigkeit, des Vergasungs- und Verkokungswertes erklärt sich aus der absoluten und relativen Abnahme des Kohlenstoffs und Wasserstoffs und der absoluten Zunahme des Sauerstoffs, die durch die Verwitterung eintritt.

C. W. Meyer¹⁾ nimmt an, daß der im Wasser der atmosphärischen Niederschläge, insbesondere im Gewitterregen als Ozon gelöste Sauerstoff die Verwitterung der Kohle begünstigt.

Franz Fischer²⁾ nimmt an, daß die ungesättigten organischen Verbindungen der Kohle Sauerstoff in Peroxyform aufnehmen und führt darauf die Selbstentzündlichkeit der Kohle zurück. Je feiner das Korn der Kohle, um so größer ist die freie Oberfläche und damit die Angriffsfläche für die Oxydation. Aus diesem Grunde erhitzt sich Feinkohle erfahrungsgemäß leichter wie Stückkohle. Der Schwefelkiesgehalt unterstützt die Selbsterwärmung. Bei der langsamen Oxydation des Schwefelkieses wird Wärme frei. Feuchtigkeit beschleunigt die Pyritoxydation.

K. Bunte und H. Brückner³⁾ vom Gasinstitut Karlsruhe haben eine Methode ausgearbeitet, um die Neigung der einzelnen Kohlen zur Sauerstoffaufnahme bei gewöhnlicher Temperatur, vergleichsweise messend, festzustellen. Daraus lassen sich Schlüsse auf die Alterungsneigung der Kohlen ziehen. Der Einfluß der Alterung auf die Backfähigkeit zeigen nachstehende Zahlen, die nach der Methode von R. Kattwinkel⁴⁾ gefunden wurden.

Nach Lagerung von:

	frisch	30	90	120	Tagen
Kohle					
Kokskohle Eschweiler	250	200	140	130	
Kokskohle Gleiwitzgr.	200	190	150	120	
Gaskohle Heinitz.	200	180	120	90	

Aus dem Vergleich dieser Werte mit den von K. Bunte und H. Brückner gefundenen Zahlen der Sauerstoffaufnahme findet man, daß die Abnahme der Backfähigkeitszahlen der Sauerstoffaufnahme dieser Kohlen ungefähr parallel verläuft. Es zeigte sich ferner, daß, je mehr Luftsauerstoff von der Kohle aufgenommen wird, um so größer die Einbuße an Gasausbeute ist. Über Oxydationsvorgänge an festen Brennstoffen haben K. Peters und W. Cremer⁵⁾ vom Kohlenforschungsinstitut in Mülheim-Ruhr ihre Untersuchungen mitgeteilt. Danach handelt es sich bei der Oxy-

¹⁾ Journ. f. Gasbel. 49 (1906), S. 433.

²⁾ Ges. Abhdlg. z. Kenntnis der Kohle 4 (1920), S. 8, 13.

³⁾ Angew. Chemie 47 (1934), S. 84.

⁴⁾ Brennstoff-Chem. 13 (1932) S. 103.

⁵⁾ Angew. Chemie 47 (1934), S. 529.

dation von Steinkohlen um eine die gesamte Substanz erfassende chemische Umwandlung in sauerstoffreichere Verbindungen. Die folgende erhebliche Abnahme des Heizwertes der Kohlen beweist, daß schon der erste Oxydationsvorgang von starken Temperatursteigerungen begleitet ist, die, wenn die Wärme nicht abgeführt wird, zur Selbstentzündung führen können. Mit dem Fortschreiten der Oxydation steigt der Sauerstoffgehalt. Hierdurch wird die Substanz immer schwerer oxydierbar, und der Selbstentzündungspunkt steigt höher. Die Selbstentzündungspunkte der nicht oxydierten Kohlen liegen bei 143 bis 144°. Nach der Oxydation bei 110° liegt die Selbstentzündungstemperatur bei 192°. Bei 180° oxydierte Steinkohle hat einen Selbstentzündungspunkt von 265°.

Für die Praxis ergeben sich hieraus folgende Lehren für die Lagerung von Kohlen im Freien:

1. Die einzelnen Kohlsorten sind getrennt voneinander zu lagern.

2. Die Kohle ist in möglichst gleichmäßigen horizontalen Schichten über die Lagerfläche zu stapeln. Reiht man nämlich Schüttkegel an Schüttkegel, so bilden sich in dem groben Korn an den Fußenden der Kegel luftführende Kanäle, die die Sauerstoffzuführung begünstigen. Bei mechanischer Beschickung durch über eine Lagerplatzbrücke laufende Kippmulden oder Bänder kann man durch selbsttätigen wandernden Entriegelungsanschlag obige Beschickungsart zwangläufig erreichen.

3. Die einzelnen Kohlenlager sollen an den Fußenden der Böschungen, insbesondere an den Windanfallseiten, gegen Luftzufuhr geschützt sein. Es genügt im allgemeinen, wenn die Fußenden der Böschungen sich etwa in einer Höhe von $\frac{1}{2}$ m gegen eine Mauereinfassung anlehnen.

Bei großen Lagern, die durch eine Lagerplatzbrücke beschickt werden, legt man, wenn möglich, die Lagerfläche mindestens um oben genanntes Maß tiefer als die Oberkante der Brückenfahrbahn. Vereinzelt ist man auch den umgekehrten Weg schon gegangen und hat, wie z. B. das Gaswerk Mariendorf in Berlin, starke Bodendurchlüftung mittels Luftzuführungskanälen am Boden angewandt, um die bei der Oxydation freiwerdende Wärme abzuführen und dadurch einen Wärmestau im Lager zu verhüten.

4. Die Temperatur der Lagerkohle ist fortlaufend zu beobachten. Man steckt zu diesem Zweck in die Kohlenhaufen bis nahe an den Boden reichende, am unteren Ende zugespitzte eiserne Rohre, in die man Thermometer einführen kann. Je nach der Neigung der betreffenden Kohlsorten zur Selbstentzündung ist die Dichte der Beobachtungsstellen zu wählen. Man versäume nicht, an den Seiten der Kohlenhaufen, wo die Hauptwindanfallstellen sind, Messungen vorzunehmen. Die Meßergebnisse sind zu registrieren. Bei großen Lagern kann die Beschaffung von selbstschreibenden Fernthermometeranlagen angebracht sein. Bei Lagertemperatur, die 60° erreicht, muß man die erwärmte Kohle ent-

weder verarbeiten oder bei Greiferbetrieb das erwärmte Nest durch Umlagern ausräumen. Ist die Temperatur im ganzen Lager zu hoch, greift man eine durchgehende Furche aus dem Lager.

5. Die Kohle soll man nicht in zu hohen Schütthöhen lagern. Die vielfach empfohlene obere Grenze von 5 bis 6 m kann man bei den hohen Anforderungen an die Lagervorräte nicht immer einhalten, und wenn man nicht besonders gefährliche Kohlsorten zu lagern hat, so kann man sogar bei Feinkohle bis zu 10 m Schütthöhe gehen, vorausgesetzt, daß die vorstehend angeführten Vorsichtsmaßnahmen gewissenhaft durchgeführt werden.

6. Bei größeren Kohlenlagern unterteilt man die Kohle in einzelne Abteilungsfelder, und zwar nicht nur dann, wenn verschiedene Kohlsorten dazu zwingen, sondern auch wenn das Lager einer Sorte über einen Monatsbedarf etwa wächst. Es ist selbstverständlich, daß eine strenge Lagerordnung jederzeit die Lagerzeit der einzelnen Lager erkennen lassen muß, für einen Abbau der Lager möglichst in der Reihenfolge ihres Alters sorgt und vermeidet, daß die am bequemsten erreichbaren Lager vorgezogen werden. Je größer die Lagervorräte und je älter dadurch die Kohlen werden, um so sorgfältiger muß eine gewissenhafte Lagerpflege den großen Wert, den ein Kohlenlager ausmacht, vor Minderung schützen. Eine große Hilfe hierbei leistet eine gut angelegte Kohlenförderanlage. Bei größeren Lagern hat sich auf das beste die das ganze Lager bestreichende Lagerplatzbrücke mit Greiferdrehkran oder Greiferkatze bewährt.

Das ganze Kohlenlager bleibt bei dieser Anordnung der Transportanlage frei von Stützen.

Bei reinen Freilagern ist im Winter Vorsicht geboten, wenn mit Schnee und Eis zu rechnen ist. Die oberen Schichten von Feinkohlenlagern können derartig fest zusammenfrieren, daß man sie sehr schlecht aufgreifen kann. Ebenso bereitet die Förderung von gefrorenen Kohlen auf vereisten Schrägbändern Schwierigkeiten. Es gibt zwei Wege der Hilfe, einmal, man hält sich für diese kalten Tage ein Lager mit warmgehaltener Kohle bereit, oder man hält sich hierfür ein Notlager von Stück- bzw. Nußkohlen.

Die Frage, ob es richtiger ist, alle Kohle über Lager gehen zu lassen und immer nur die älteste Kohle zu verarbeiten oder soviel wie möglich frisch eingehende Kohle unmittelbar zur Verkokung zu bringen und nur den Rest zu lagern und dadurch eine Art von Dauerlager zu schaffen, ist dahin zu beantworten, daß die letztere Arbeitsweise erstrebenswert ist. Die erste Voraussetzung für diese Arbeitsweise ist, daß man eine lagerbeständige Kohle zur Verfügung hat. In vielen Fällen wird dieser Kohlenplan dadurch erschwert, daß der Kohleneingang bei Schiffsbezug infolge der Wasserstandsverhältnisse nicht gleichmäßig über das Jahr

verteilt ist und schließlich, daß bei Mischung von mehreren Kohlsorten in der Regel nur ein Anteil der Kohlenmischung unmittelbar vom Eingang genommen werden kann. Ferner wird die Kohlenverwendung dadurch beeinflußt, daß man bei großem Gasbedarf mehr frische Kohlen entgasen wird, umgekehrt bei Mangel an Gasabsatz zu den älteren Lagerkohlen greift. Für jede Art der Kohlenlagerung und den Kohlenverwendungsplan bleibt stets der Grundsatz bestehen: Die Güte des erzeugten Kokses muß ständig gleichmäßig sein und darf weder von den Schwankungen im Kohleneingang und in den Beständen des Kohlenlagers, noch vom Gasbedarf berührt werden. Die Lösung dieser Aufgabe neben dem Schutz der Kohlen gegen Erwärmung, Verlust der Backfähigkeit und Entzündung ist Ziel und Zweck einer wirtschaftlichen Lagerpflege und Ordnung.

Schrifttum.

Glud, W., Handbuch der Kokerei, Bd. I, Halle 1927.

Schäfer, A., Einrichtung und Betrieb eines Gaswerkes, IV. Aufl., München 1929.

**D. Kohlenmahl- und Misch-Einrichtungen,
Transport-Einrichtungen.**

1. Aufbereitung der Kohle.

Die Gaswerke bezogen früher überwiegend Roh- oder Förderkohlen. Die größten Stücke mußten vor dem Einbringen in die Retorten oft aus rein fördertechnischen Gründen zerkleinert werden. So kamen z. B. bei großen Stücken von Saarförderkohlen Kantenlängen von 80 cm vor.

Mit dem Übergang von der Handbeschickung der Retorten, bei der ein Zerschlagen von Hand noch möglich war, zur mechanischen Beladung der Schräg- oder Vertikalretorten ergab sich die Notwendigkeit, die Kohlen vor der Entgasung allgemein zu zerkleinern. Gleichzeitig

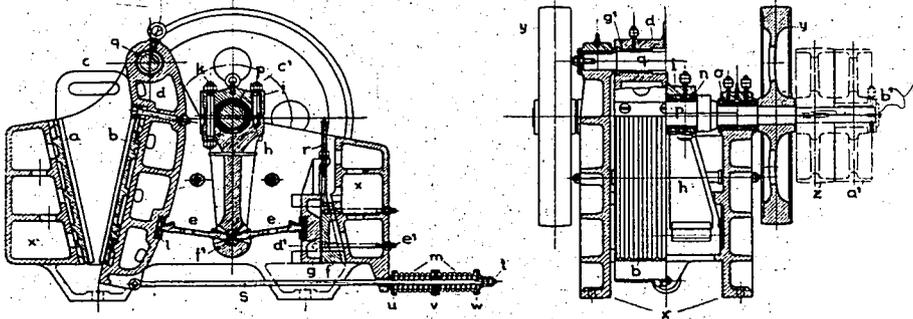


Abb. 1. Backenbrecher.

fand man, daß zerkleinerte, mehr gleichstückige Kohle auch einen gleichmäßiger aussehenden und wertvolleren Koks lieferte. Für diese Zerkleinerung der Kohle auf etwa Faust- bis Nußgröße verwandte man zuerst die aus der Steinindustrie bekannten Backenbrecher (Abb. 1). Diese eignen sich für besonders großstückige Kohle beliebiger Härte.

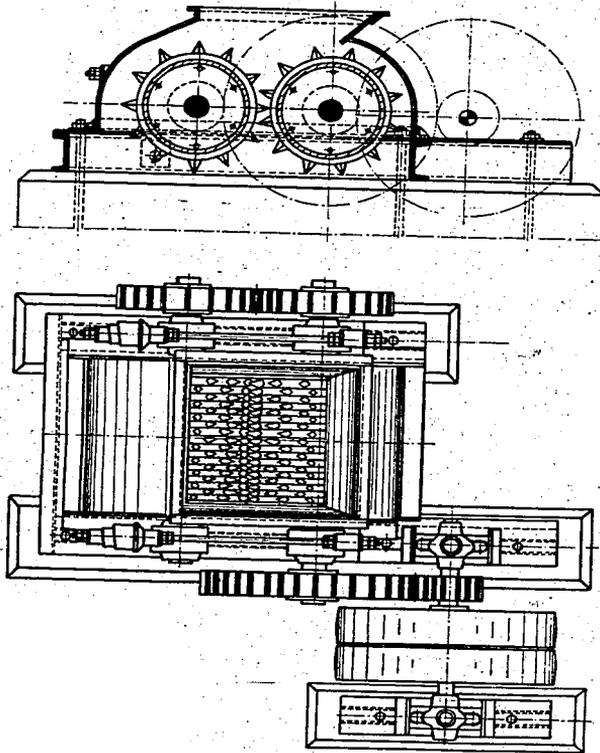


Abb. 2. Walzenbrecher.

Das Brechmaul wird von der feststehenden Brechbacke *a* und der durch Exzenterantrieb hin- und herbewegten Brechschwinge *b* gebildet. Die Kohlenstücke werden bei dem Backenbrecher durch Quetschen zerkleinert.

Je nach dem Gefüge des Brechgutes erhält man beim Backenbrecher reichlich Grus.

Während bei diesem Brechertyp Beschicken und Brechen fortlaufend sich ablösen, der Brechvorgang also intermittierend vor sich geht, arbeiten die Walzenbrecher (Abb. 2) kontinuierlich. Sie be-

stehen gewöhnlich aus zwei in der Horizontalebene parallel zueinander liegenden Walzen, die mit Stacheln besetzt sind. Je größer die Stückgröße der Kohle, um so größer ist der Walzendurchmesser zu wählen, damit die Kohlenstücke zwischen die Walzen eingezogen werden. Bei großstückiger Förderkohle verwendet man auch zwei Brecher übereinander mit dazwischengeschaltetem Schwingsieb wie in Abb. 3 oder Walzenbrecher mit Vorbrechwalzen wie in Abb. 4 dargestellt.

Spaltweite, Umfangsgeschwindigkeit und Zahngestaltung sind abhängig von der aufzugebenden Stückgröße.

Die Brechwalzen haben einzelne auswechselbare Brechringe oder einzelne auswechselbare Brechzähne, die aus besonders verschleißfestem Material wie Hartguß, Hartstahl, Manganhartstahl hergestellt werden. Die eine Walze ist fest gelagert, die zweite in der Regel verschiebbar, wobei durch Federkraft der Brechdruck aufgenommen wird.

Eine weitere Ausführungsform von Brechern ist der rotierende Nadelbrecher nach Koppers, bei dem zwei mit Brechnadeln versehene Scheiben, die eine auf einer horizontalen Welle,

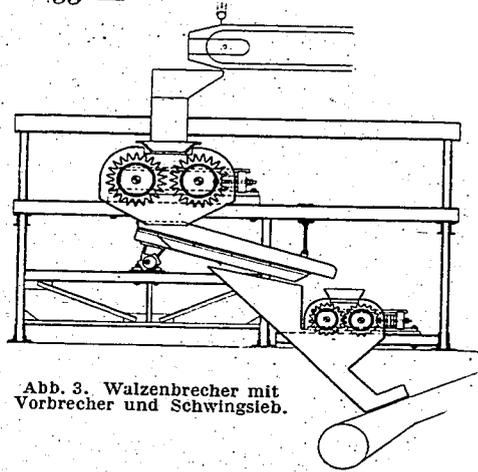


Abb. 3. Walzenbrecher mit Vorbrecher und Schwingsieb.

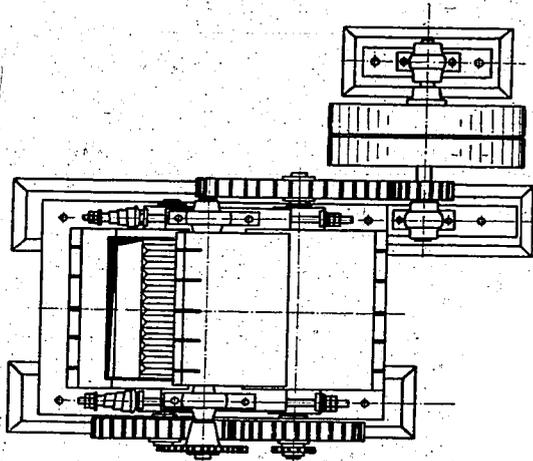
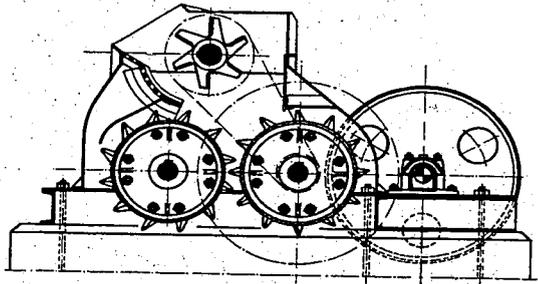


Abb. 4. Walzenbrecher mit Vorbrechwalze.

die andere auf einer schrägliegenden Welle im gleichen Sinn rotieren und dabei das von den Nadeln erfaßte Material aufsprengen.

Bei allen Brechern muß eine gut arbeitende Aufgabevorrichtung vorgeschaltet werden. Vorteilhaft wird ein Vorsieb angeordnet, damit die bereits kleinen Kohlenstücke den Brecher umgehen können und ihn nicht unnötig belasten. Bei Rohkohlen erfüllt es gleichzeitig den Zweck, Eisenteile, die von der Förderung oder dem Versand herrühren, vor dem Brecher aufzuzeigen. In diesem Falle muß ein ständiger Wärter am Vorsieb stehen, um die Eisenteile auszuklauben, wenn nicht durch Vorschalten von Magneten eine selbsttätige Ausscheidung der Eisenteile vorgesehen wird. Bei steinhaltigen Förderkohlen läßt man das Ausklauben der Steine durch den Wärter am Vorsieb mit vornehmen. Der Antrieb der Brecher erfolgt in der Regel über Riemen, die man als elastisches Glied dazwischenschaltet und nicht zu knapp bemißt.

Das Zerkleinern der Kohle mit Brechern war die einzige Aufbereitung der Kohle auf den Gaswerken, solange diese einseitig als Gas-erzeugungsanstalten orientiert waren und auf ein gutes inertfreies Gas hinarbeiteten, dagegen den Koks als eine verschieden eingeschätzte Mitgabe betrachteten.

Auf der anderen Seite waren die Zechenkokereien bestrebt, einerseits die Güte ihres Koks für den Hochofen zu verbessern, andererseits die Kohlenbasis für Zechenkoks zu verbreitern. Heute werden fast 30% der in Deutschland geförderten Kohle in Kokereien und Gaswerken verkocht bzw. entgast. Der weitaus größte Teil der Kokserzeugung der Zechenkokereien geht in den Hochofenbetrieb der Eisenindustrie. Die Bedürfnisse des Hochofens bestimmen daher die erforderlichen Eigenschaften des Zechenkoks in erster Linie. Es werden im wesentlichen vom Koks verlangt: große Härte (Sturz-, Druck- und Abriebfestigkeit), um der Beanspruchung beim Einfüllen und beim Absinken in den unteren Teil des hohen Schachtofens durch die hohe Beschickung gewachsen zu sein; genügende Porosität, um nicht zu schwer zu brennen, Unschmelzbarkeit, um der Gebläseluft im Hochofen keine zu großen Durchgangswiderstände zu bieten, geringer Asche- und Schwefelgehalt, um unnötigen Ballast zu vermeiden und das Roheisen möglichst wenig zu verunreinigen.

Im Abschnitt »Auswahl der Kohle« ist ferner darauf hingewiesen, daß es nicht nur auf die Menge von Asche, sondern auch auf ihr Verhalten in der Feuerzone ankommt. Man muß sich diese hohen Anforderungen, die von seiten des Hauptverbrauchers an Zechenkoks gestellt werden, immer wieder vor Augen halten, um verstehen zu können, weshalb sich der Zechenkoks auch auf dem Hausbrandmarkt so gut eingeführt hat und ein gefährlicher Wettbewerber für den Gaskoks, namentlich bei den immer zahlreicher werdenden Zentralheizungen, wurde.

Es war daher natürlich, daß die Gaswerke sich hinsichtlich der Koksqualität den Kokereien anzugleichen suchten und die gleichen Mittel anwandten, die auf Grund von Erfahrungen und Forschungen die Kokereien gebrauchten, um einen guten Koks zu erzeugen, auch unter Mitverwendung von Kohlensorten, die nicht zu den eigentlichen Koks-kohlen gehörten.

Zur Lösung dieser Aufgabe war vor allem nötig, Einrichtungen zu finden, die es ermöglichen, daß im Entgasungs- bzw. Verkokungsraum (Kammer, Retorte) ein Kohlenkorn neben das andere mit gleicher und möglichst geringer Menge an Verunreinigungen (Asche) gelagert wird. Bei Verwendung verschiedener Kohlensorten war es wichtig, daß die vorher vorgenommene innige Durchmischung auch im Entgasungsraum erhalten bleibt, so daß an allen Stellen der Kammer bzw. Retorte gleiche Entgasungsbedingungen vorliegen. Die besten Bedingungen, einen guten Koks zu erhalten, werden vorliegen, wenn das Kohlenkorn klein gewählt wird, weil nur dann die einmal vorhandenen Verunreinigungen in der Kohle gleichmäßig verteilt werden können.

Die zahlreichen Untersuchungen der Kohlenaschen unterscheiden zwei Arten von unverbrennlichen Beimengungen zur Kohle, die eine, die sog. innere oder gebundene Asche, worunter die untrennbar mit dem Kohlenstoff verbundenen anorganischen Anteile zu verstehen sind, die vom Aschenskelett der Pflanze herrühren, und die etwa der Asche entspricht bei der Verbrennung von Holz; die andere, die sog. äußere oder freie Asche, die aus Schiefer, Letten oder anderen Mineralbestandteilen besteht. Im Verhältnis zu dieser äußeren Asche ist der Anteil an innerer Asche mengenmäßig nicht bedeutend. Es ist selbstverständlich, daß sich derartige Ablagerungen, die die äußere Asche bilden, niemals gleichmäßig vollzogen haben, und daß es daher nicht verwunderlich ist, wenn in einem Kohlenstück der Aschegehalt einzelner Teile in weiten Grenzen schwankt. Wenn man noch berücksichtigt, daß auch die Kohlenart im gleichen Flöz wechselt, daß neben der tiefschwarzen, glasglänzenden, aschenarmen, gutbackenden Glanzkohle die mattglänzende, grauschwarze, aschenreiche, schlechtbackende, jedoch mehr Gas gebende Mattkohle vorkommt, und daneben noch eine dritte Art, die weiche, nicht mehr backende Faserkohle, erscheint, so ist es einleuchtend, wie wichtig es ist, die Kohle vor der Verkokung bzw. Entgasung sorgfältig aufzubereiten.

Die Aufbereitung der Kohle zerfällt grundsätzlich in zwei Abschnitte. Der erste Teil, das Reinigen der Kohle von aschebildenden Beimengungen, erfolgt in der Regel auf den Kohlenzechen selbst. Der zweite Teil, das Mahlen und Mischen geeigneter Kohlensorten, erfolgt bei den Verbrauchern, in den Kokereien oder Gaswerken. Auf den Zechen werden die Kohlen teils trocken in der Sieberei, teils naß in der Wäsche aufbereitet.

Durch Siebvorrichtungen werden in der Trockenseparation die Stückkohlen von dem Kohlenklein, gewöhnlich unter 80 mm, getrennt und die Steine (Berge) auf Bändern oder Tischen ausgelesen. In der Wäsche werden die kleinstückigen Kohlensorten und die Feinkohlen

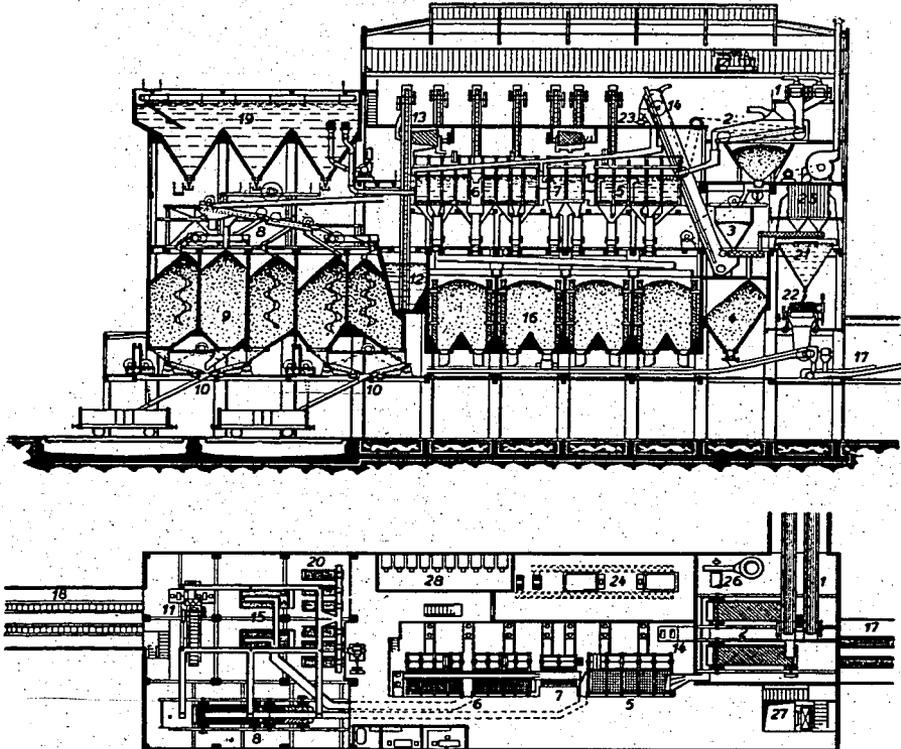


Abb. 5. Kohlenaufbereitungsanlage (Zentralwäsche Gneisenau).

- | | | |
|------------------------|-----------------------------------|--|
| 1 Waschgutbänder | 12 Körnersumpf | 20 Schlammfedersiebe |
| 2 Vorklassiersiebe | 13 Körnerbecherwerk | 21 Eindicker |
| 3 Kreiselsichter | 14 Feinkohlenbecherwerk | 22 Schlammfilter |
| 4 Staubtasche | 15 Feinkohlenschwemmungssiebe | 23 Aufgabeband zur Trockenaufbereitung |
| 5 Grobkornsetzmaschine | 16 Feinkohlenschwemmsümpfe | 24 Trockenaufbereitung |
| 6 Feinkornsetzmaschine | 17 Gurtbänder zum Koks-kohlenturm | 25 Staubfilter mit Ventilator |
| 7 Nachsetzmaschine | 18 Kratzbänder zum Berge-turm | 26 Raumentstaubung |
| 8 Nußklassiersiebe | 19 Klärbehälter | 27 Treppenhaus mit Aufzug |
| 9 Nußtaschen | | 28 Hochspannungsschalt-anlage |
| 10 Nußverladung | | |
| 11 Nußkohlenmahlanlage | | |

auf mechanischem Wege in Setzmaschinen von den groben Verunreinigungen getrennt. Neben diesen Arbeitsweisen gibt es Verfahren, die auch bei den kleinstückigen Sorten nur trocken arbeiten oder teils trocken, teils naß.

Wie umfangreich und feingestaltig derartige Kohlenaufbereitungslagen sind, zeigt Abb. 5. Die aus der Wäsche kommende, bakende Feinkohle mit einem Korn unter 10 mm bildet das Hauptkontingent der zur Verkokung kommenden Kohle, da sie sich, wie weiter vorne ausgeführt, besonders gut zur Verkokung und Entgasung eignet.

Die Mechanisierung des Kohlenbergbaues ließ den Anteil an Feinkohle erheblich steigen, so daß nicht nur die Zechenkokereien damit versorgt werden, sondern noch erhebliche Mengen zum Fernabsatz gelangen konnten.

Infolge des großen Anfalls an Feinkohle lag der Marktpreis recht günstig gegenüber den Nuß- oder Stückkohlen. So kam es, daß viele industrielle Feuerungen umgestellt wurden von den teuren Nußkohlen auf Feinkohlen, mit dem Erfolg, daß heute schon die Nachfrage nach Feinkohlen größer ist als das Angebot, und Nüsse unter Nachfrage leiden. Die Folge ist, daß eine Preisregelung zuungunsten der Feinkohle den Verbrauch der verschiedenen Sorten regeln soll.

Für die Gasindustrie, die mit wenigen Ausnahmen über keine eigene Kohlenbasis verfügt, ist es notwendig, darauf bedacht zu sein, sich nicht in Abhängigkeit von einer Kohlensorte oder nur wenigen Kohlensorten zu begeben. Insbesondere darf nicht damit gerechnet werden, daß stets Feinkohlen in genügender Menge und zu tragbaren Preisen zur Verfügung stehen.

Die Gaswerke tun daher gut, soweit sie es nicht schon getan haben, ihre Anlagen zum Brechen, Mahlen und Mischen der Kohlen so einzurichten, daß sie möglichst unabhängig von einzelnen Kohlensorten sind.

Aus diesen vielartigen Gesichtspunkten heraus sind sowohl auf den Zechenkokereien, wie auch auf den Hüttenkokereien und Gaswerken in immer steigendem Maße teilweise sehr ausgedehnte Kohlen-Brech-, -Mahl- und -Misanlagen entstanden.

Von den deutschen Gaswerken hat das von Königsberg als eines der ersten im Jahre 1923 eine Kohlen-Mahl- und -Misanlage in seine Förderanlagen eingebaut. Diese Kohlenaufbereitungen auf den Gaswerken und Kokereien verlangen an Arbeitsvorgängen:

1. Brechen, sobald mit Förder- oder Stückkohlen zu rechnen ist,
2. Mahlen der vorgebrochenen Förder- oder Stückkohlen, der Nußkohle und groben Feinkohle mit Korn über 8 mm.
3. Bunkern der für das Mischen in Frage kommenden vorgebrochenen oder gemahlten oder als Feinkohle bereits bezogenen Kohlensorten.

4. Rohvormischen der gebunkerten, gebrochenen oder schon gemahlten Kohlsorten durch Mischsteller, Schnecken oder Stabketten.
5. Inniges Nachmischen und Nachmahlen der vorgemischten Feinkohle durch Mischmühle oder Desintegrator.

Das Brechen der Kohle geschieht in Brechanlagen, die, wie eingangs erwähnt, schon lange in der Gasindustrie eingeführt und bereits beschrieben sind.

Für das Mahlen benutzt man in der Regel Hammermühlen (Abb. 6).

Das Schlagwerk besteht aus zahlreichen zueinander versetzt angeordneten Hämmern, die, an durchgehenden Stahlbolzen pendelnd,

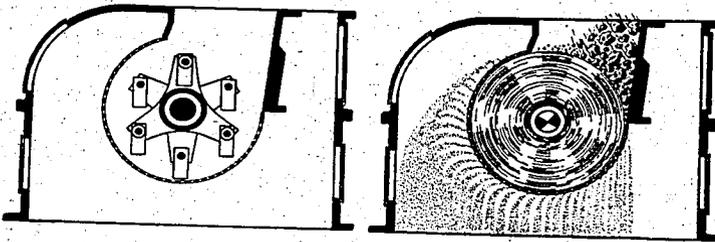


Abb. 6. Hammermühle (schematische Darstellung).

an den Enden der Arme eines auf der Welle aufgekeilten Achsenkreuzes befestigt sind.

Der Mahlraum wird umgrenzt von dem kreisförmig angeordneten Rost. Die Spaltweite des Rostes richtet sich nach der gewünschten Korngröße. Die Kohle wird durch den schräg nach oben gerichteten Einfülltrichter aufgegeben, von dem Schlageisen erfaßt und so lange durch Hammerschläge über dem Rost bearbeitet, bis sie in der gewünschten Korngröße durch die Rostspalten hindurchgeschleudert wird. Sehr häufig wird ein Teil der Mahlbahn als gebogener Stabrost gestaltet, der andere aus starken gebogenen Siebblechen gebildet. Die Roste sind aufklappbar, so daß nach Abstellen der Mühle Fremdkörper leicht entfernt werden können. Eine geregelte Materialaufgabe ist notwendig, empfehlenswert die Vorschaltung eines Magneteisenausscheiders, einen Umgang wird man immer vorsehen. Für die Aufstellung ist zu beachten:

Alle Verschlüsse müssen gut zugänglich, Hammer, Roste und Wellen leicht ausbaubar sein. Der Antrieb geschieht am besten über Riemen, Antriebsmotor ist reichlich zu wählen. Durchsatzleistung ist ebenso vorsichtig anzunehmen, da sie von Kohlenart und Feuchtigkeit abhängig ist.

Die Untersuchung einer von der Humboldt-Deutz-Motoren-A.-G. gelieferten Hammermühle ergab z. B. folgende Werte:

Hammermühle: 1200 mm Dmr.
 Breite: 1200 mm Dmr.
 Umfangsgeschwindigkeit: 45 m/s.
 Leistung i. M.: 31 t.
 Kraftbedarf: 3,5—3,75 PS/t.

Feuchtigkeit: ungefähr 4,5%
 (24stünd. Trocknen bei 60° C).
 Art der gemahlenen Kohle:
 Mischung aus oberschlesischen
 Gasflammkohlen, Ruhrgaskohlen
 und englischen Gaskohlen.
 Größte Stückgröße: 250 mm.

Vor der Mahlung:		Nach der Mahlung:	
Korngröße in mm	Mengenanteil in %	Korngröße in mm	Mengenanteil in %
> als 10	43,8	> als 3	1,57
5—10	10,4	2—3	1,88
3—5	15,0	1—2	19,50
1—3	12,8	0,75—1	11,03
		0,5—0,75	15,70
< als 1	18,0	0,3—0,5	14,45
		0,2—0,3	5,47
		< als 0,2	30,40
	100,0		100,00

Als Mischmühle für die vorgemahlene Kohle verwendet man gerne Schleudermühlen, sog. Desintegratoren.

In einem Gehäuse drehen sich zwei Körbe in entgegengesetzter Richtung. Jeder Korb besteht aus 2 bis 3 konzentrisch angeordneten

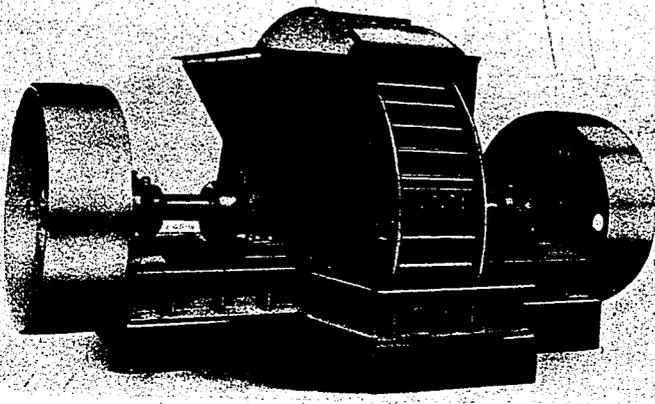


Abb. 7. Schleudermühle (Desintegrator).

Trommeln, auf deren Umfang Stahlstäbe angebracht sind. Diese sind einerseits auf einer Mitnehmerscheibe, auf der anderen Seite in einem Verbindungsring befestigt.

Der Kohleneinlauf erfolgt seitlich in der Mitte des Gehäuses (Abb. 7).

Geregelte Materialaufgabe, Fernhaltung aller Fremdkörper, Eisenteile durch Magneteisenausscheider, ist erforderlich. Der Antrieb erfolgt über Riemen.

Die Untersuchung einer von der Humboldt-Deutz-Motoren-A.-G. gelieferten Schleudermühle ergab z. B. bei folgenden Abmessungen und Zahlen nachstehende Daten:

Schleudermühlen-Dmr.:	2400 mm	Kraftbedarf: etwa 200—250 PS																						
Zahl der Stabreihen:	4	Feuchtigkeit der feinzumahenden und zu mischenden Ruhrgasfeinkohle: 13,75%																						
Drehzahl:	180 U/min	Siebanalyse der geschleuderten Kohle:																						
Umfangsgeschwindigkeit:	22,6 m/s	<table border="0"> <tr> <td>Korngröße in mm</td> <td>Mengenanteil in %</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>4,4</td> </tr> <tr> <td>6—8</td> <td>4,2</td> </tr> <tr> <td>4—6</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>3—4</td> <td>10,3</td> </tr> <tr> <td>2—3</td> <td>7,0</td> </tr> <tr> <td>1—2</td> <td>16,7</td> </tr> <tr> <td>0,5—1</td> <td>17,3</td> </tr> <tr> <td>unter 0,5</td> <td>36,6</td> </tr> <tr> <td></td> <td><hr/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>100,0</td> </tr> </table>	Korngröße in mm	Mengenanteil in %	8	4,4	6—8	4,2	4—6	3,5	3—4	10,3	2—3	7,0	1—2	16,7	0,5—1	17,3	unter 0,5	36,6		<hr/>		100,0
Korngröße in mm	Mengenanteil in %																							
8	4,4																							
6—8	4,2																							
4—6	3,5																							
3—4	10,3																							
2—3	7,0																							
1—2	16,7																							
0,5—1	17,3																							
unter 0,5	36,6																							
	<hr/>																							
	100,0																							
Gewährleistete Mühlenleistung:	100 t/h																							
Erzielte Mühlenleistung:	160 t/h																							

In jüngster Zeit sind an verschiedenen Stellen Versuche durchgeführt worden, den gemahlene Kohlen feingemahlene Koksgrus zuzusetzen, um dadurch die Koksqualität zu verbessern.

Die Firma Dr. C. Otto & Comp. hat auf diesem Gebiet eingehende Versuche durchgeführt und gefunden, daß Verbesserung des Kokes nicht durch Zumischen von Koksgrus der üblichen Körnung, sondern nur mit feingemahlene Koksmehl zu erzielen ist.

Die Versuche berechtigten, die Regel aufzustellen, daß man insbesondere bei den gasreicheren Kohlensorten durch Koksmehlzusatz die Koksqualität verbessern kann. Bei einer Kohle mit 28% Flüchtigen z. B. hat man bis 8% Koksmehl zusetzen können.

Die schwierige Aufgabe der Koksgrusfeinmahlung soll nach Angabe der Firma mit einer Stabrostmühle am besten gelungen sein. Eine solche Koksmahanlage zeigt Abb. 8.

Aus Vorstehendem geht hervor, daß die Aufbereitung der Kohle umfangreicher maschineller Einrichtungen bedarf, und daß diese in der Gestalt, wie sie aus der Kokerei-Industrie von den Gaswerken übernommen wurde, nur für größere Werke tragbar ist.

Da es aber Aufgabe auch der kleineren Werke sein muß, ihre gesamten Erzeugnisse in edelster Form auf den Markt zu bringen, ist es eine interessante Aufgabe für die kleinen Gaswerke und die beteiligte Industrie, einfache Kohlenmahl- und -Mischanlagen zu entwickeln. Mischer nach Art der Betonmischmaschinen und fahrbarer Förderbänder werden hierfür nutzbar gemacht werden können.

2. Anordnung der Aufbereitungsanlagen und Förderanlagen.

Die Anordnung der Kohlenbrech-, -Mahl- und -Mischeinrichtungen ist abhängig von der Gesamtgestaltung der Kohlenförderanlage eines Werkes.

In jedem Fall ist die Kohlenaufbereitungsanlage eingebaut in den letzten Abschnitt des Förderweges der Kohle zwischen Kohlenausladestelle, Kohlenlager und Kohlenturm bzw. Betriebsbunker über den Ofen; es kann somit sowohl die Kohle vom Lager, wie die frisch ankommende über die Anlage laufen.

Das Muster einer neuzeitlichen Kohlenförderanlage mit Misch- und Mahleinrichtung ist in Abb. 9 schematisch dargestellt. Es handelt sich hierbei um die Transporteinrichtung für Kohle in der neuen Gaskokerei Basel; die fördertechnisch interessante Lösungen aufweist. Man erkennt aus dem Grundrißplan des Werks (Abb. 10), daß die Transporteinrichtung den Grundriß in besonderer Weise mitbestimmt.

Das Hafenbecken, wichtig für die billige Kohlenzufuhr, verlangt das Kohlenlager am Hafen.

Die Ausbildung und Verwendung der Schiffsentladeanlage, gleich-

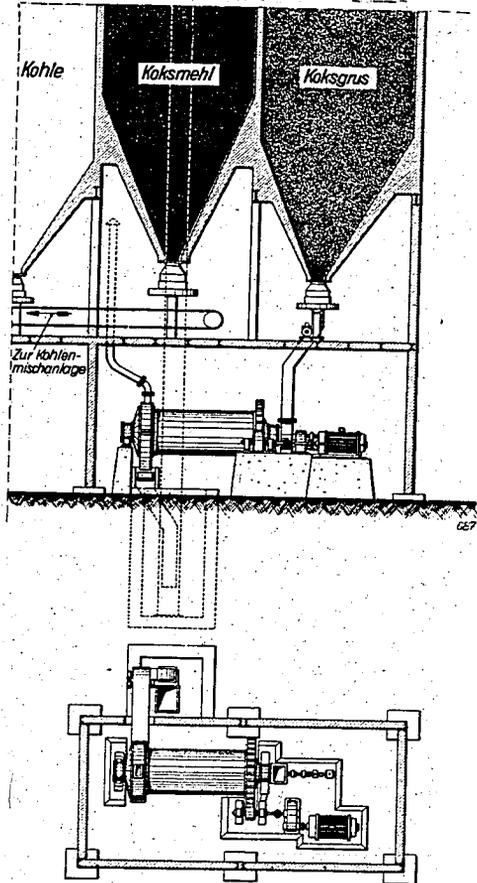


Abb. 8. Koks-Mahlanlage.

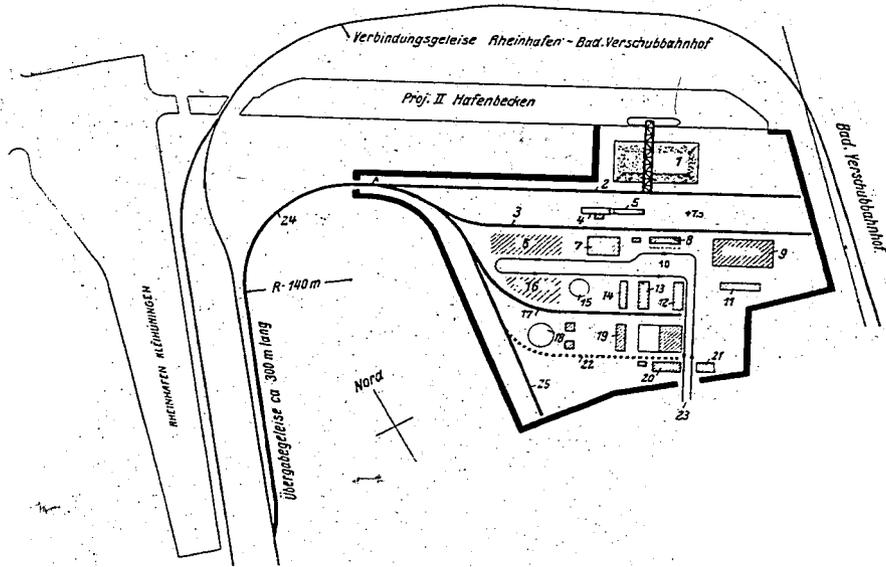


Abb. 10. Grundrißplan Gaskokerei Basel.

- | | | |
|-------------------------------------|---|--------------------|
| 1 Kohlenlager | 10 Koksplatz | 18 Stadtgas |
| 2 Kohlengleise | 11 Garagen | 19 Reiniger |
| 3 Koksgeleise | 12 Magazin | 20 Wohlfahrt |
| 4 Kohlenturm | 13 Werkstatt | 21 Büro |
| 5 Öfen | 14 Kompressoren | 22 Reservegeleise |
| 6 Teer | 15 Wassergas | 23 Autos |
| 7 Schwach- und Wassergas-
anlage | 16 Ammoniak | 24 Zufahrtsgeleise |
| 8 Brecherei und Sieberei | 17 Geleise für diverse Neben-
produkte, Werkstatt, Maga-
zin usw. | 25 Abstellgeleise |
| 9 Kokshalle | | |

zeitig als fahrbare Lagerplatzbrücke und Waggon-Entladeeinrichtung beim Versagen des Wasserweges, ist zweckmäßig und wirtschaftlich.

Die Gleisanlage zeigt ebenfalls alle Voraussetzungen für eine zweckmäßige und wirtschaftliche Anordnung. Drehscheiben sind vermieden, alle Gleise bekommen die Wagen durch Lokomotivbetrieb zugestellt. Die Koksgeleise sind von Nebenproduktenwagen freigehalten.

Ein beachtenswerter Vorteil der Basler Lösung des Verkehrsproblems besteht auch darin, daß jede Kreuzung der Auto-Hauptverkehrswege mit Bahngleisen im Fabrikgelände vermieden worden ist.

Besonders bemerkenswert ist, daß für die Förderung der Kohle ab Greifer der frisch entladenen Kohle oder ab Lager nach der Mahl- und Mischanlage und von da zum Betriebsbunker ausschließlich vollautomatische Gefäßförderer, System Zurstraßen, zur Anwendung kommen.

Als besondere Vorteile dieser Lösung gibt M. Thoma¹⁾ an: Kurze Transportwege, daher übersichtliche Disposition der Förderanlage,

¹⁾ Monatsbulletin des S. V. G. W. 12 (1932), S. 33.

geringe Bedienungskosten, kleine Reparaturkosten, da nur wenige Teile dem Verschleiß unterworfen (Seile, Zahnräder).

Steuer- und Schalteinrichtungen verlangen dafür befähigte Bedienung.

Brech-, Mahl-, Misch- und Betriebsbunker-Anlagen sind alle in gedrungener und übersichtlicher Anordnung in einem einzigen Gebäude im Kohlenturm vereinigt (Abb. 11).

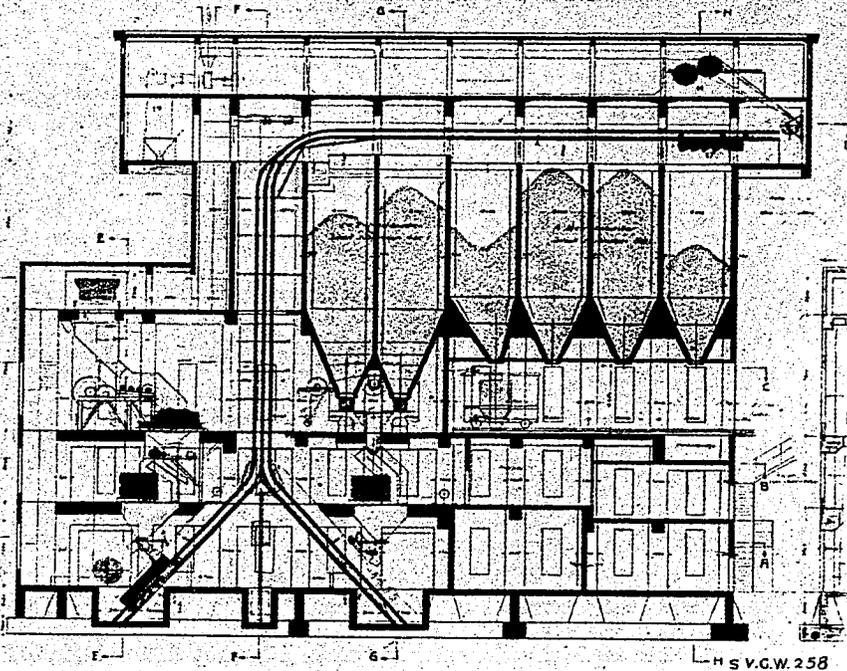


Abb. 11. Einrichtung des Kohlenturms Gaskokerei Basel.

Ein beachtenswertes Merkmal ist schließlich, daß unterirdische Bauwerke, die bei hohem Wasserstand verteuern wirken, bei den Transportanlagen vermieden worden sind.

Für die ganze Kohlenbehandlung, das Ausladen, Lagern, Fördern zum Kohlenturm sowie das Mahlen und Mischen werden 3 Mann Bedienung als erforderlich angegeben, die reinen Transportkosten erfordern bei einer Kohlenmenge von 100000 t und 60 t Stundenleistung nur 0,20 sfrs für Bedienung.

Das Gaswerk in Zürich ist ein weiteres Beispiel, um zu zeigen, welche wichtige Rolle einer gut disponierten Transportanlage für die Massengüter im Gaswerksbetrieb beizumessen ist.

Bei dem großen Umbau dieses Werkes in den Jahren 1928/33 wurde nach Escher¹⁾ gefordert:

Zu- und Abfuhr der Rohmaterialien und Nebenprodukte hat in ganzen Zügen zu erfolgen: Transportwege für Kohle und Koks sollen möglichst kurz und einfach sein. Die Kohlen sind hauptsächlich im Freien zu lagern.

Aus dem Lageplan des Werks (Abb. 12) ersieht man, daß man die früher von Süden in das Werk einmündenden Gleise, die in Querrichtung

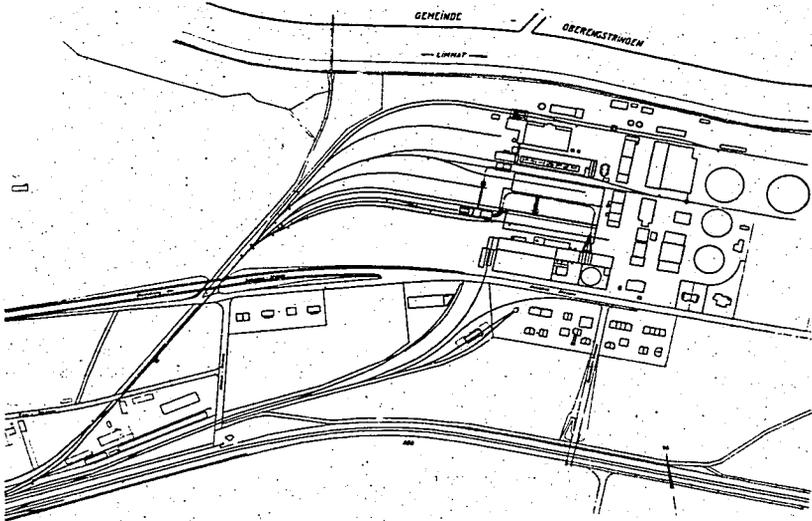


Abb. 12. Gaswerk Schlieren, Situationsplan.

der Betriebsanlagen lagen, aufgegeben und einen vollständig neuen Gleisanschluß von Westen geschaffen hat, der die Betriebsanlagen längsseitig faßt und damit ermöglicht, den früher notwendigen Drehscheibenbetrieb auszuschalten.

Bei einem Kohlenverbrauch von 150000 t im Jahr, einem Kohleneingang, der zwischen 200 und 2000 t/Tag schwankt, wird eine große Elastizität von den Förderanlagen verlangt.

Zürich hat in der neuen Anlage (Abb. 13) fast ausschließlich Gefäßförderer in Form von automatischen Schrägaufzügen, Kübelwagen,

¹⁾ Züricher Statistische Nachrichten (1935), Sonderdruck: Das Gaswerk der Stadt Zürich von F. Escher.

Seilbahn angewandt. Die Geschwindigkeit dieser Fördermittel beträgt bis 2,6 m/s.

Die Werkleitung begründet diese Wahl mit geringeren Anschaffungskosten im Vergleich zu anderen Transporteinrichtungen und hält solche automatischen Anlagen im Betrieb für wirtschaftlicher, sofern die Steuerung den Betriebsvorkommissionen Rechnung trägt. Die Entleerung der Eisenbahnwagen erfolgt durch feststehende Kipper.

Aus den Mischbunkern gelangt die zerkleinerte Kohle über Mischsteller und Transportbänder zu einer Hammermühle. In dieser wird die vorgemischte Kohle von 70% unter 3 mm fein gemahlen und vollkommen

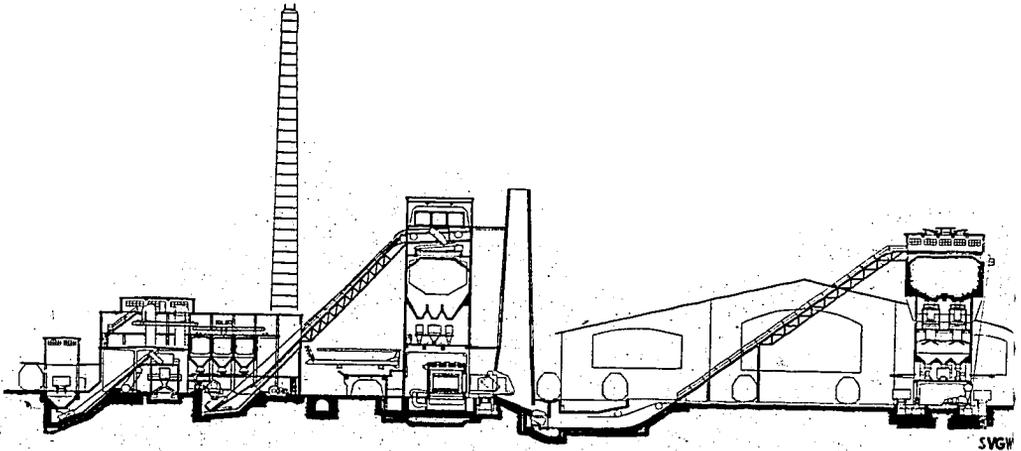


Abb. 13. Gaswerk Schlieren, Schnitt durch die Kohlen- und Kokstransportanlagen.

gemischt. Auch wird an dieser Stelle der Feuchtigkeitsgehalt der fertigmischten Kohle geregelt, indem man die zu trockene Kohle durch Brausen anfeuchtet. Diese Anfeuchtung ist in der Regel notwendig bei Verwendung von Lagerkohlen nach einer Trockenperiode, und bei trocken aufbereiteten, nicht gewaschenen Kohlen ist sie erforderlich, um eine Durchschnittsfeuchtigkeit von rd. 8% zu erreichen.

Besondere Sorgfalt ist in Zürich darauf gelegt worden, ein Entmischen der gemahlene Kohle im Kohlenwagen zu verhindern. Zu diesem Zweck erfolgt die Verteilung der Kohle über die ganze Breite der Zellen im Kohlenturm durch einen Verteilerwagen.

Bei den Förder- und Aufbereitungsanlagen für Kohle des im Jahre 1936 in Betrieb genommenen neuen Gaswerks in Freiburg¹⁾ im

¹⁾ Sonderbeilage des »Alemannen« (1936), Das neue Freiburger Gaswerk von M. Binder.

Breisgau (Abb. 14) benutzt man als Fördermittel für eine Leistung von 25 t/h selbsttätige Kübelförderer von Zurstraßen. Die Kohle wird auf hochliegendem Werkgleis entweder in Selbstentladewagen über das Kohlenlager oder den Überladebunker gefahren oder durch Gleisfahrzeuggreifer 2 aus gewöhnlichen Eisenbahnwagen entladen und auf Lager oder unmittelbar in den Überladebunker 1 gebracht.

Der Gleisfahrzeuggreifer bringt auch die Kohle vom Lager zum Überladebunker. Der Grobkohlenförderer bringt die Kohlen von den Überladebunkern am Kohlenlager A nach oben in das Mischgebäude B. Dort

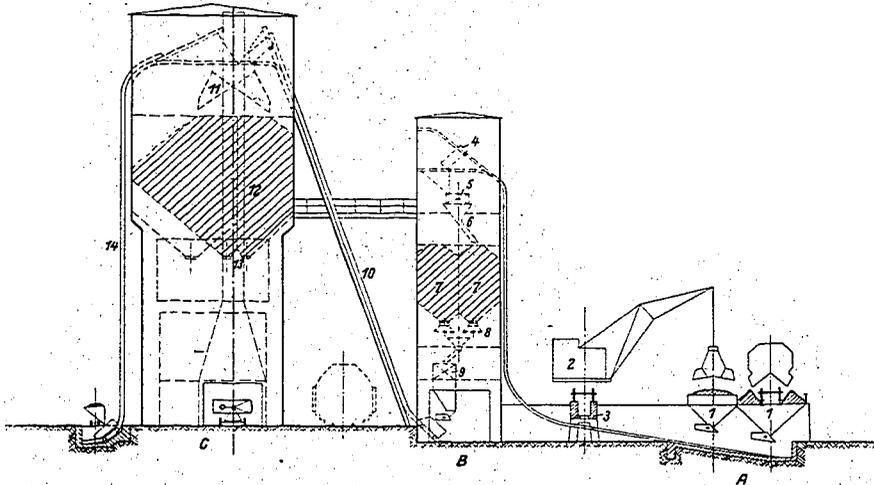


Abb. 14. Gaswerk Freiburg i. Br., Förder- und Aufbereitungsanlagen für Kohlen.

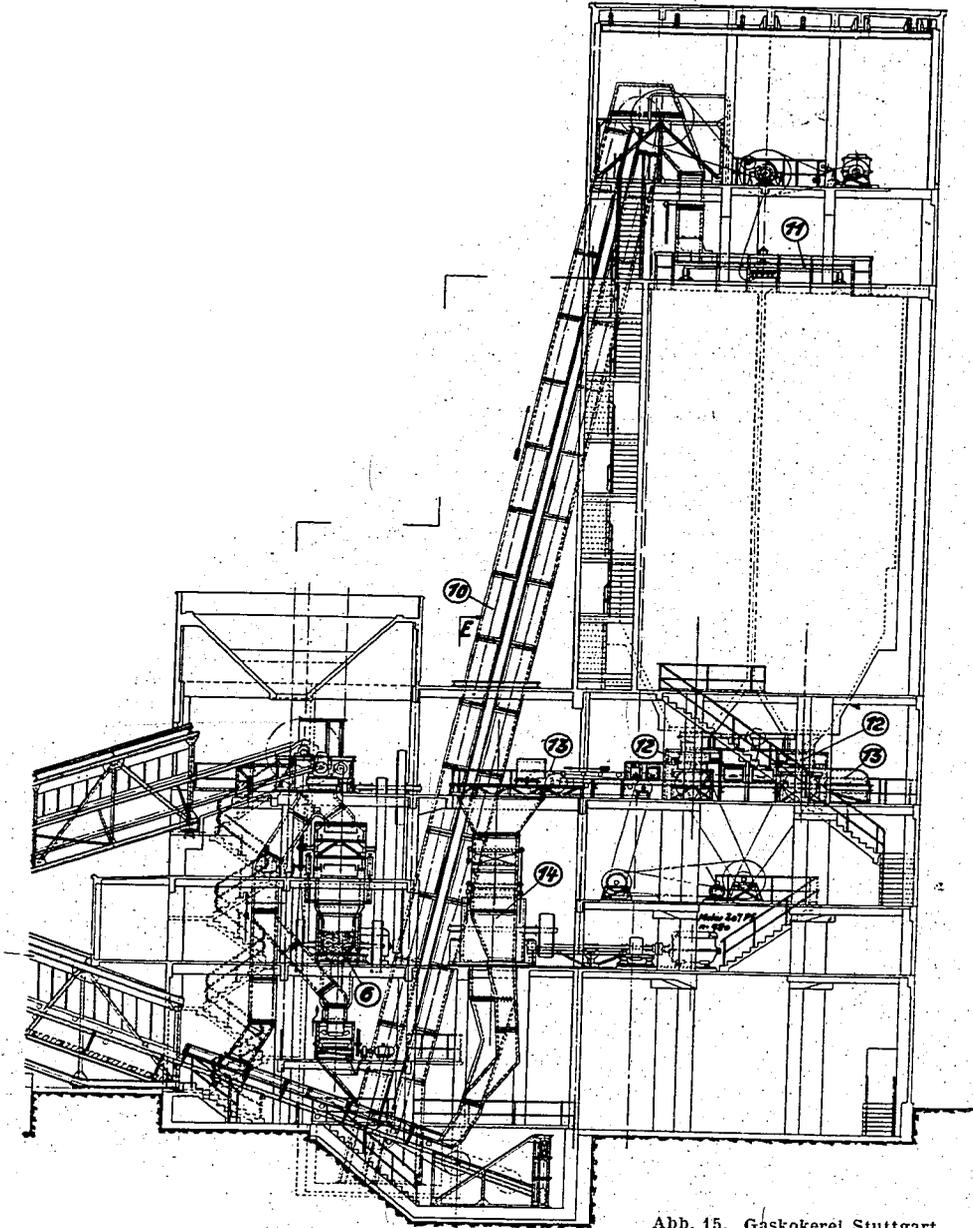
A Kohlenlager	4 Grobkohlenförderer	10 Feinkohlenförderer
B Brech- und Mischanlage	5 Doppelbrecher	11 Verteiler
C Ofenbunkerturm	6 Verteiler	12 Feinkohlenbunker
1 Überladebunker	7 Mischbunker	13 Auslauf zur Ofenbeschik-
2 Drehkran	8 Mischsteller	kung
3 Kohlenlagerhochbahn	9 Mischtrommel	14 Förderer für Generatorgas

sind 2 Walzenbrecher untereinander angeordnet, von denen der obere die Kohle auf etwa 60 mm Korn zerkleinert. Von diesem fällt die Kohle in einen Feinbrecher für ein Maximalkorn von 15 mm Dmr. Eine Verteilerschurre leitet die verschiedenen Kohlensorten von hier in die darunter befindlichen 4 Mischbunker von je 30 t Inhalt. Durch Mischsteller werden die einzelnen Kohlensorten in den Mischbunker im gewünschten Verhältnis abgezogen und nach Durchgang durch eine Mischtrommel dem Feinkohlenförderer 10 zugeführt. Dieser bringt die Kohlen nach den zusammen 280 t fassenden 2 Kohlenbunkern im Ofenbunkerturm C.

Es ist selbstverständlich, daß die einzelnen voneinander abhängigen Fördermittel sich gegenseitig selbsttätig steuern müssen, damit eine Überfüllung des nachfolgenden ausgeschlossen ist.

Schnitt A-B

C



D

E

Abb. 15. Gaskokerei Stuttgart, Kohlenförderanlage.

Schnitt C+D

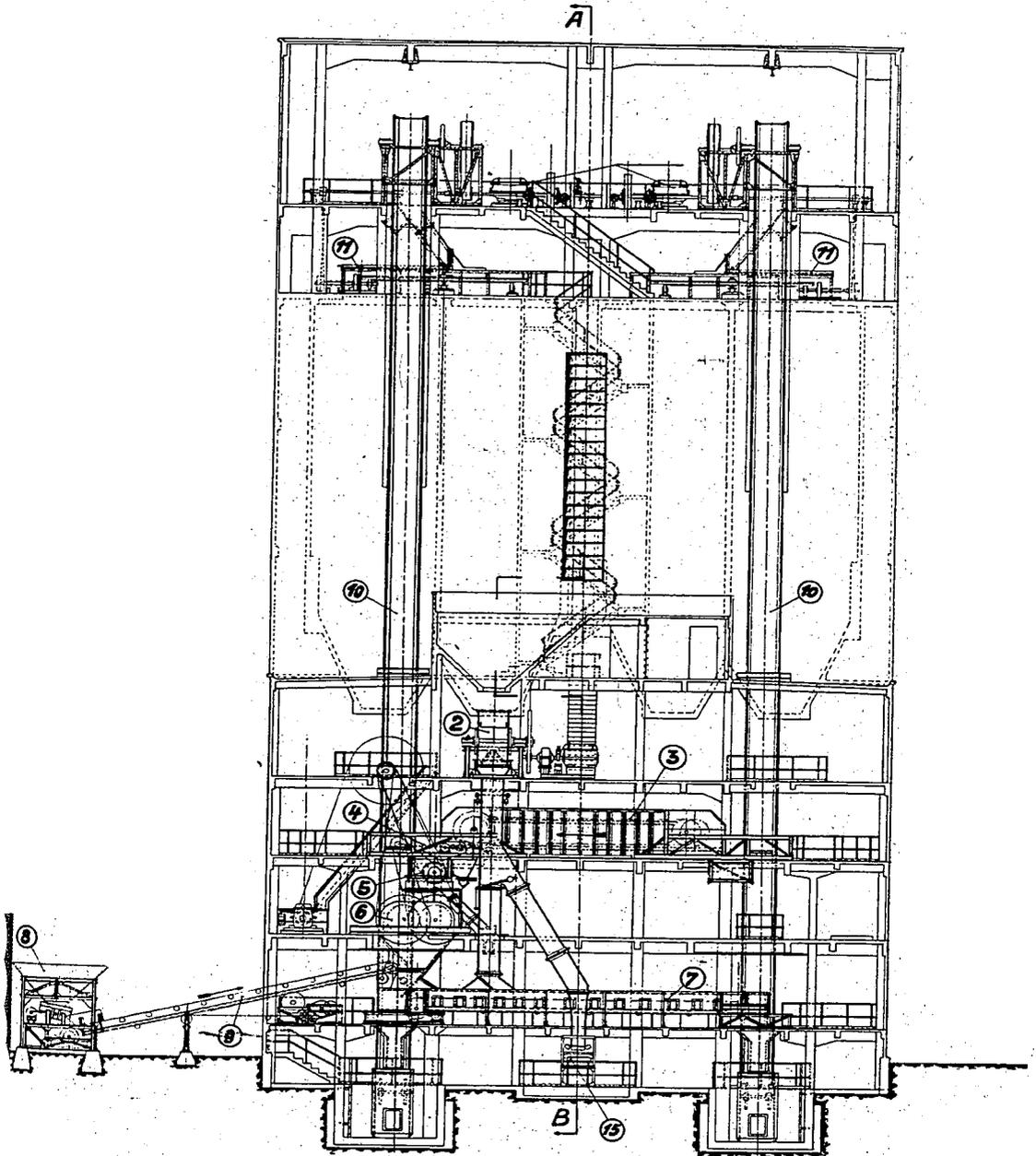


Abb. 15a. Gaskokerei Stuttgart, Kohlenförderanlage.

Brückner, Gasindustrie I/2.

Schnitt E-F

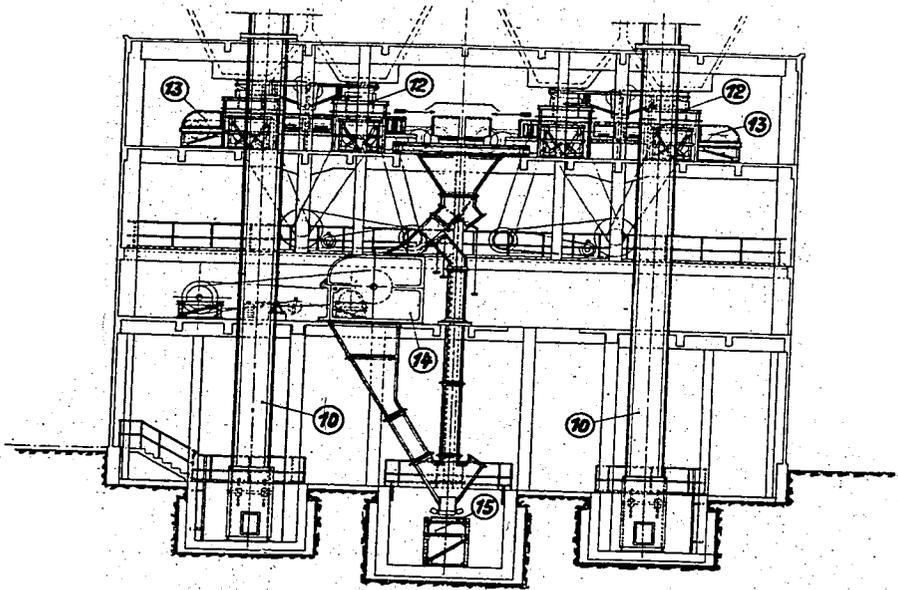


Abb. 15 b. Gaskokerei Stuttgart, Kohlenförderanlage.

Stuttgart, die jüngste deutsche Gaskokerei mit Horizontal-Kammeröfen hat zur Lösung der Aufgaben der Kohlenbewegung selbsttätige Fördermittel¹⁾, Bauart Fredenhagen, angewandt, und zwar zur Förderung bis zu den Brechern Stahltraggörderer, dahinter Gummibänder (Abb. 15, 15a, 15b).

Bei der Planung der Transportanlage in Stuttgart wurde für den Vollausbau ein Durchsatz von 2200 t Kohle je Tag zugrunde gelegt.

Die Entladung der Kohle erfolgt über die bereits im alten Werk vorhandene Kipperanlage, soweit nicht die Anfuhr unmittelbar durch Großraumselbstentlader von je 60 t Fassungsraum geschieht, die die Kohle in einen Gleisbunker von rd. 240 t Fassungsvermögen ausschütten.

Stahltragbänder, die mit 0,26 m/s Geschwindigkeit laufen, fördern die Kohlen zur Brecheranlage 6. Feinkohlen oder Nußkohlen können die Brecheranlage umgehen. Von der Brecheranlage bringen Elevatoren 10 die vorgebrochene Kohle mit 0,46 m/s Geschwindigkeit zu 2 Speicherbehältern in der Misch- und Mahlanlage. Jeder der Speicherbehälter

¹⁾ Gas- und Wasserfach 74 (1931), S. 1145, 1175, 1198.

von je 600 t Inhalt ist in 4 Einzelsilos eingeteilt, so daß weitgehende Möglichkeit zum Mischen verschiedener Kohlsorten besteht. Abstreichteller 12 unter den Mischbunkern und Sammelbänder 13 unter den Abstreichtellern entnehmen die einzelnen Kohlsorten, mischen sie vor und bringen sie zum Mahlen und fertigen Mischen zur Hammermühle 14. Von hier wird die fertig aufbereitete Kohle durch Gummibandtransportband 15 mit 20° Steigung und 1,25 m/s Geschwindigkeit zum Kohlenturm, der 2000 t Inhalt hat, gebracht.

Wie vielgestaltet hinsichtlich der Anordnung und der Wahl der Fördermittel die Kohlentransportanlagen mit eingeschalteten Brech-, Mahl- und Mischanlagen sein können, zeigt die Kohlenförderanlage im Gaswerk Leipzig (Abb. 16). Diese Anlage ist für eine Leistung von 100 t/h mit Bleichertschen Nahfördermitteln ausgerüstet.

Die charakteristische Gestaltung der Kohlentransport- und Mischanlage einer Großkokerei, die auf eigener Kohlenbasis steht, zeigt Abb. 17¹⁾.

Die von der Wäsche *a* kommende Kohle gelangt über ein Kohlenförderband unmittelbar in die Mischbunkeranlage *b*. Die durch Großraumbestentlader von einer anderen Zeche hereingeförderte Kohle kommt zur Übergabe auf Bandförderer in den Erdbunker *c*. Ist die fremde Kohle stückig, so wird sie zunächst dem Brech- und Mahlwerk *d* durch Schrägband zugeleitet; ist sie fein, so wird sie unter Umgehung der Brech- und Mahlanlage durch das Schrägband unmittelbar zur Mischbunkeranlage gefördert. Ein Verteilerband mit fahrbarem Abwurfwagen verteilt die einzelnen Kohlsorten getrennt in die einzelnen Zellen. Den unteren Bunkerausläufen wird die Kohle im gewünschten Mischungsverhältnis vom rotierenden Teller durch Abstreifer entnommen. Die aus verschiedenen Zellen herausgestreifte Kohle fällt auf ein seitlich unter den Mischsteller vorbeiführendes Förderband, das die roh auf dem Band vorgemischte Kohle den bei *e* angeordneten Mischmühlen zubringt. Vom Mischwerk wird die fertigaufbereitete Kokskohle zum Kohlenturm *f* gefördert.

¹⁾ Koppers Mitteilungen (1926), S. 124.

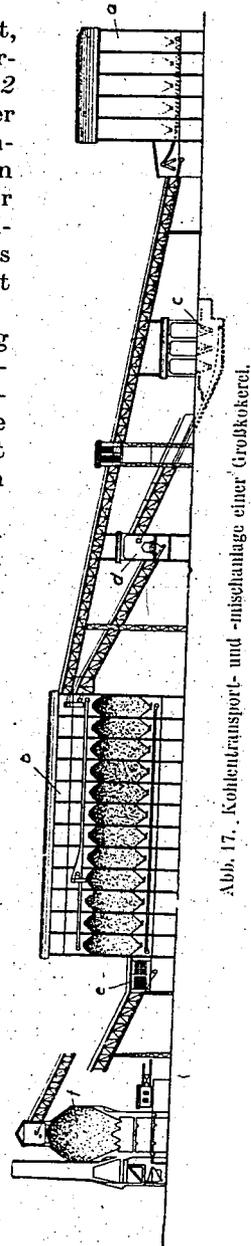
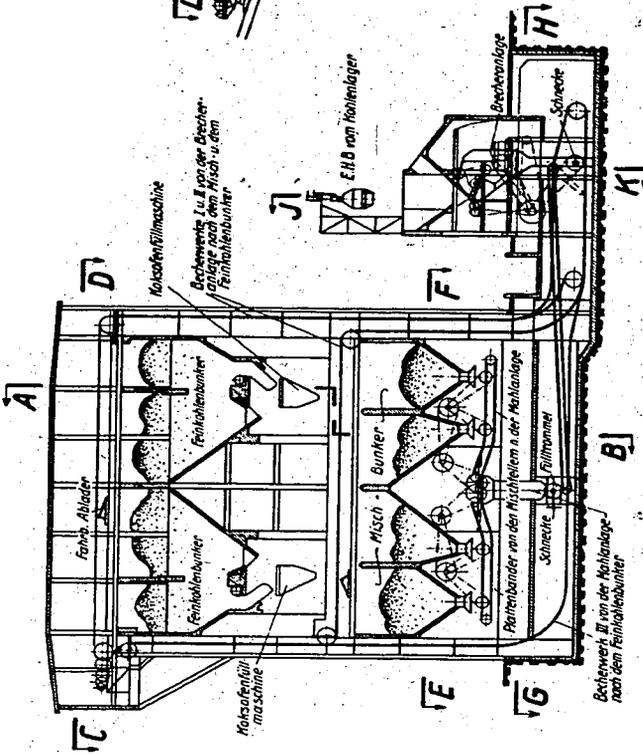
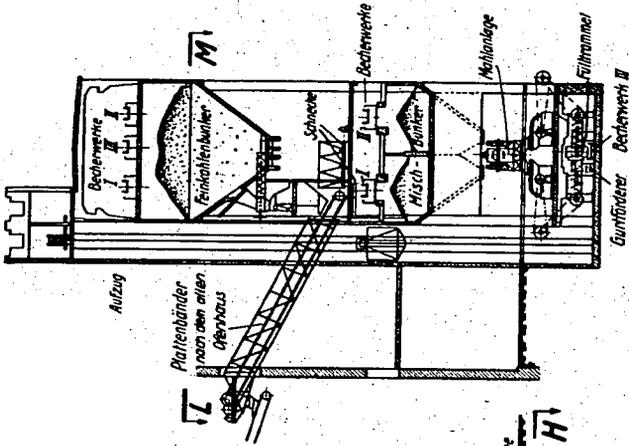


Abb. 17. Kohlentransport- und -mischanlage einer Großkokerei.

Schnitt A-B



Schnitt C-D

Abb. 16. Kohlenföreranlage Gaswerk Leipzig.

Gleis- oder Erdbunker, die bei Verwendung von Selbstentladewagen üblich sind, werden zur Ersparung von Bauhöhe häufig als Schlitzbunker ausgebildet¹⁾ (Abb. 18).

Die Kohle wird hierbei mittels eines elektrisch angetriebenen Rämers aus dem Schlitz herausgeschabt und auf ein Förderband abgegeben. Ordnet man je nach der Zahl der zu mischenden Kohlsorten 2 oder mehr Abteile an, so können die Gleisbunker zugleich die Mischbunker mitvertreten. Der Räumer steuert sich am Ende des betreffenden Bunkerabteils zur Rückfahrt selbsttätig um.

Die Kokerei des Ilseder Hütte²⁾ (Abb. 19), die ihre Kohlen restlos mit Selbstentladewagen zuführt, hat diese Art von Erdbunker zur Über-

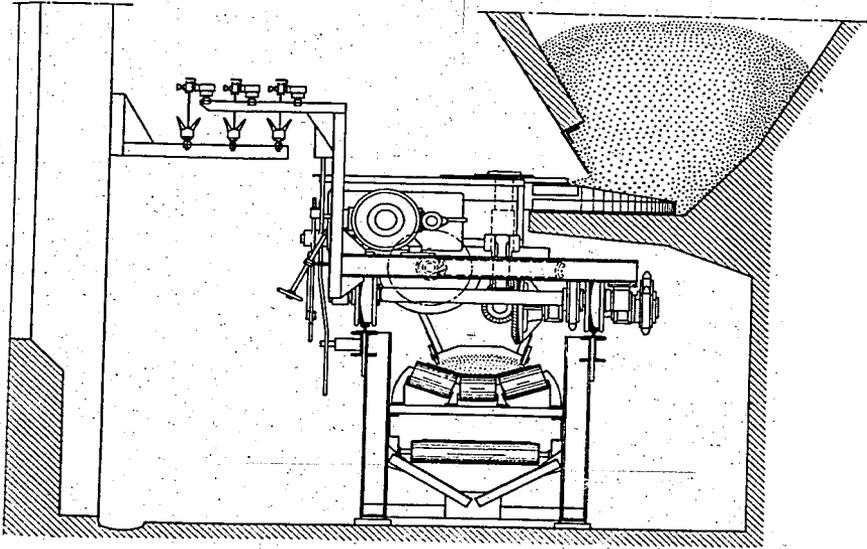


Abb. 18. Ilseder Hütte, Schlitzbunker mit Räumerwagen.

gabe der Kohle an die Förderanlagen der Kokerei angewandt und dadurch eine sehr übersichtliche Anordnung ihrer Transportanlagen erreicht (Abb. 20).

Die Beispiele zeigen, daß für die verschiedenen Aufgaben der Kohlenförderung fast alle Arten von Fördermittel zur Anwendung kommen. Namentlich bei den Gaswerken, die eine jahrzehntelange Entwicklungszeit hinter sich haben, die auf dem einmal gegebenen Gelände gewachsen sind und ihre Leistung vervielfacht haben, mußten die oft nachträglich eingebauten Förderanlagen nach den gegebenen Verhältnissen eingepaßt werden.

¹⁾ Koppers Mitteilungen (1931), S. 44.

²⁾ Koppers Mitteilungen (1931), S. 43.

Und doch spielen die Transporteinrichtungen neben der Gaserzeugungsanlage, je größer ein Werk ist, eine um so wichtigere Rolle, so daß es notwendig ist, bei allen Neuanlagen bei dem Grundrißentwurf die Werk- und Förderanlagen gemeinsam zu entwerfen. Dadurch werden von Anfang an klare und einfache Förderwege festgelegt und der künftigen Entwicklung des Werkes am besten Rechnung getragen.

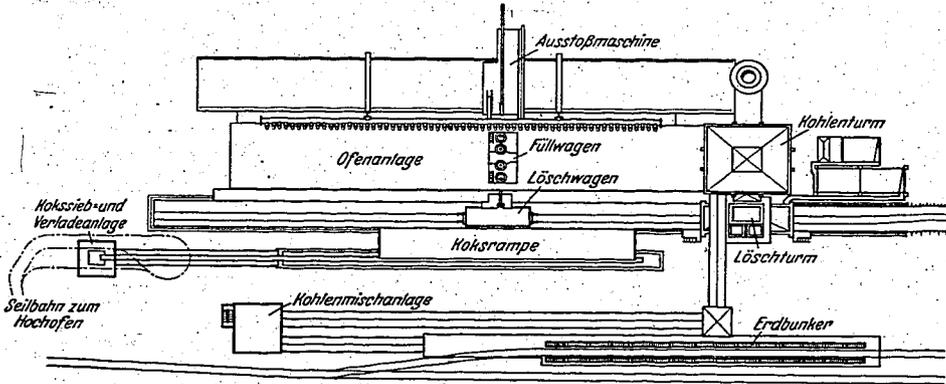


Abb. 19. Iiseder Hütte, Lageplan der Kokerei.

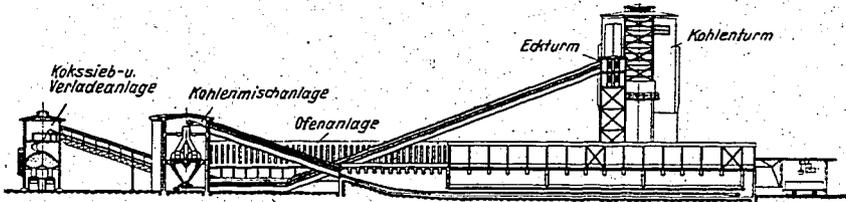


Abb. 20. Iiseder Hütte, Kohlentransport- und -mischanlage.

An Hand der angeführten Beispiele und nach Erfahrung kann man an allgemeinen Gesichtspunkten und Richtlinien für den Bau und Betrieb von Kohlenförderanlagen in der Gasindustrie etwa folgendes aufstellen:

1. Die Förderanlagen müssen für jede Art von Kohlen, Stück-, Nuß- und Feinkohlen, angelegt sein.
2. Die Fördereinrichtungen sind so zu wählen, daß das Fördergut so wenig wie möglich umgeladen wird.
3. Werkgleise sind so zu führen, daß das Zustellen und Abholen der Wagen möglichst überall mit Lokomotivbetrieb erfolgen kann. Drehscheiben sind auf unvermeidliche Fälle zu beschränken, dagegen

können Schiebebühnen mit eingebautem Spill am Ende von mehreren Stumpfgleisen das Rangiergeschäft vorteilhaft erleichtern. Längs der Gleise sind möglichst überall, nicht nur an den Betriebslagerplätzen, ausgedehnte Freistreifen zu lassen zum Lagern von Materialien für Notfälle und Bauzwecke.

Auf gute Gleisübersicht für das Rangierpersonal ist zu achten. —

Niveaureuzungen von Werkgleisen mit Kraftwagenwerkstraßen sind auf das äußerste zu beschränken.

Der Abstand paralleler Gleise ist nicht zu klein zu wählen.

4. Lagerplätze und Lagerstraßen sind möglichst frei von Stützen zu lassen. Wo sie nicht zu entbehren sind, sind sie so anzuordnen, daß Kraftlastwagenzüge ungehindert verkehren können. Selbst wenn für den Regelbetrieb nur Schiffs- oder Bahnumschlag in Frage kommt, sollte heute stets die Möglichkeit des Umschlags auf Kraftlastwagen von jedem Lagerplatz gefordert werden.

Schleifleitungskanäle, die Verkehrsstraßen kreuzen, können heute auf einfache Weise durch ein den Schlitz abdeckendes Stahlband, das vom Stromabnehmer der Verladebrücke aufgenommen und selbsttätig wieder auf den Schlitz abgelegt wird, für schwerste Lastzüge überfahrbar gemacht werden.

5. Bei den Förderanlagen in der Gasindustrie spielen die Bunker, sowohl Zwischenbunker wie die Vorratsbunker (Betriebsbunker, Kohlenturm), eine sehr große Rolle. Von ihrer Gestaltung hängt nicht nur die Wirtschaftlichkeit, sondern oft auch die Brauchbarkeit der ganzen Anlage ab. Namentlich bei Feinkohlen muß die Neigung der schrägen Behälterböden, und zwar an den ungünstigen Stellen in den Ecken, der Neigung des Reibungswinkels des Fördergutes in sich (Böschungswinkel) — d. s. mindestens 45° — entsprechen.

Zur Vermeidung von Brückenbildung bei Feinkohle mit größerem Feuchtigkeitsgehalt gestaltet man die Bunker wenn möglich so, daß eine Seite keine Schräge erhält, sondern von oben bis zum Auslauf senkrecht durchgeht. Es ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, mit der Anzahl der Ausläufe nicht zu sparsam zu sein.

Bei Feinkohlen genügt die Glätte von Betonwänden selbst mit gehobelter Schalung oder mit Zementverputz nicht, um das Fördergut bequem herausgleiten zu lassen. Man hat daher derartige Bunker mit Erfolg schon mit Glas- oder geglätteten Steinplatten ausgekleidet und dadurch erreicht, daß eine glatte Entleerung der Bunker möglich wurde. Der Bunkerinhalt kann infolgedessen voll ausgenützt und das lästige und teure Nachstochern vermieden werden. Die Größe der Betriebsbunker wählt man mindestens für einen Vorrat für 48 Stunden des größten Tagesdurchsatzes, die der Mischbunker so, daß jede Bunkerzelle für die einzelnen Kohlsorten einen Inhalt hat, der mindestens dem größten

Wochendurchsatz, geteilt durch 40, entspricht, wenn man annimmt, daß der größte Wochendurchsatz in 40 Wochenstunden in die Betriebsbunker gefördert wird.

Es ist selbstverständlich, daß auch alle Auslaufschurren und Übergaberutschen sowie die Verschlüsse an Bunkern der Eigenart und dem Reibungswinkel des Fördergutes in der Bewegung angepaßt sein müssen. Ebenso wichtig ist die passende Ausbildung der Aufgabevorrichtung, wenn, wie z. B. bei Becherwerken, Elevatoren und Förderbändern, der Zufluß des Fördergutes geregelt werden muß.

Die Verschlüsse müssen sich nicht nur leicht öffnen, sondern auch leicht und sicher schließen lassen. Ein großer Teil aller Anstände bei Förderanlagen ist auf unsachgemäße Ausführung der Verschlüsse oder Aufgabevorrichtungen zurückzuführen. Es muß von Auslaufschurren heute verlangt werden, daß weder ein Nachstochern noch ein Überschießen des Fördergutes vorkommt.

6. Alle der Abnutzung besonders unterworfenen Teile, wie Getriebe, Lager, Laufräder, müssen leicht zugänglich und auswechselbar sein. Schnelllaufende Zahnräder sollen in öldicht gebauten Kästen unter Öl und geräuschlos laufen.

Kugel-, Walzen- oder Rollenlager, selbsttätig arbeitende Fett- oder Ölschmierungen und Zentralschmierungen sind weitgehendst anzuwenden. Die Mehrkosten machen sich durch Ersparnis an Unterhaltung und Strom bezahlt. Eisenkonstruktionen sind so zu bauen, daß das Regenwasser überall, auch an allen Knotenpunkten und Stützenfüßen, außen abfließen kann, und daß die Konstruktionen im Anstrich bequem unterhalten werden können.

Hohe Eisengerüste, auch solche hoher fahrbarer Brücken, die täglich begangen werden, sollen durch Treppenläufe statt Leitern zugänglich sein.

7. Bei der elektrischen Ausrüstung ist die Frage nach der Stromart meistens entschieden durch die ortsübliche Stromart, die in Deutschland der Drehstrom ist. Die Vorteile, die der Gleichstrom bei Krananlagen z. B. der leichten Regulierbarkeit der Motoren wegen besitzt, können heute in den meisten Fällen nicht mehr in die Wagschale geworfen werden, da die Antriebe mit Drehstrom heute die gleichen Bedingungen im allgemeinen erfüllen können. Bei größeren Anlagen, insbesondere auch bei gegeneinander elektrisch verriegelten Fördermitteln hat sich die Schützensteuerung gut bewährt.

Für die Motore ist eine staubgeschützte Bauart zu wählen, sofern nicht regen- und staubgeschützte Ausführung am Platze ist. Die Schalt- und Anlaßapparate sind entsprechend gekapselt zu nehmen. Bei sehr verwickelten Schaltanlagen ist es oft übersichtlicher, die Schaltapparate in offener Ausführung in einem vollkommen staubgeschützten Raum, z. B. in geschweißter Blechausführung mit abgedichteter Tür unterzu-

bringen, da die Apparate leichter überwacht und Fehler schneller gefunden und beseitigt werden können. Mangelhaft ist häufig der Anschluß der Kabel und Leitungen an die Schaltgeräte. Verlangt man von den Geräten und Motoren wettergeschützte Ausführung, dann muß auch der Anschluß der wetterfesten Leitungen in staub- und regensicherer Ausführung, z. B. durch Stopfbüchsen, erfolgen.

Bei ferngesteuerten und allen vom Standpunkt des Maschinisten oder Kranführers nicht völlig übersehbaren Fahrwegen sind akustische und gegebenenfalls optische selbsttätige und rechtzeitig warnende Signale vorzusehen.

Bei der Gestaltung der Förderanlage und der Wahl der Fördermittel wird die Frage der Wirtschaftlichkeit durch Vergleich der verschiedenen Fördermöglichkeiten in erster Linie zu prüfen sein. Wenn auch das Hauptziel bei der Schaffung der Fördereinrichtungen immer sein muß, die Förderkosten möglichst klein zu halten, so darf anderenfalls die Betriebssicherheit und zweckmäßige Gestaltung in Hinsicht auf die zu erwartende weitere Entwicklung nicht darunter leiden. Die Abschreibung und Verzinsung der Anlagekosten machen bei Transportanlagen einen Hauptposten aus. Namentlich die Höhe der Abschreibung, die oft nicht nach den technischen Erfordernissen, sondern nach rein kaufmännischen Überlegungen festgesetzt wird, erschwert häufig einen Vergleich der einzelnen Verladeanlagen. H. Aumund¹⁾ schlägt daher vor, für einen allgemeinen Vergleich die Abschreibung von der jährlichen Betriebszeit abhängig zu machen.

Im allgemeinen kann man annehmen, daß die Lebensdauer einer Anlage abnimmt mit Steigerung der jährlichen Betriebszeit.

B. Ludwig²⁾ und Aumund (s. o.) nehmen bei regelmäßigem Tagesbetrieb, Einschichtbetrieb und 300 Arbeitstagen für die Förderanlage eine Abschreibung in 10 Jahren an.

Der Nutzungsgrad einer Förderanlage ist in der Regel nicht konstant.

Man wird eine Transportanlage meistens nicht so knapp bauen, daß sie bereits bei der Inbetriebnahme voll ausgenutzt ist. In den meisten Fällen muß sie deshalb größer gewählt werden, weil die Zufuhr der Kohle nicht regelmäßig erfolgt.

Wird nach Aumund z. B. 3000 Betriebsstunden im Jahr als normaler Wert angenommen, so ergibt sich die Abschreibungsziffer a , wenn x die Zahl der wirklichen jährlichen Betriebsstunden ist, nach der Formel

$$a = 10 \left(1 - \frac{3000 - x}{2 \cdot 3000} \right)$$

Bei Tagbetrieb mit 3000 Betriebsstunden im Jahr ergibt sich daraus:

$$a = 10, \text{ d. h. eine Abschreibung von } 10\% \text{ oder in } 10 \text{ Jahren.}$$

¹⁾ Hebe- u. Förderanlagen, Berlin 1916.

²⁾ Journ. f. Gasbel. 56 (1913), S. 805, 829.

Bei Tag- und Nachtbetrieb mit 6000 Betriebsstunden:

$a = 15$, d. h. eine Abschreibung von 15% oder in $6\frac{2}{3}$ Jahren.

Bei völlig ruhender Anlage:

$a = 5$, d. h. eine Abschreibung von 5% oder in 20 Jahren.

Die stündliche Belastung mit Verzinsung und Abschreibung s ergibt sich mit genügender Genauigkeit nach Aumund, wenn bedeuten:

M = Anlagewert,

p = Zinsfuß,

a = Abschreibungsziffer aus vorgenannter Formel,

x = Zahl der jährlichen Betriebsstunden,

$$s = \frac{M}{100} \left(\frac{p}{2} + a \right) \frac{1}{x}.$$

Die erforderliche Abschreibungszeit ist noch von einem weiteren Faktor abhängig, der häufig nicht berücksichtigt wird. Verwendet man Regelausführungen und keine Sonderkonstruktionen, kann man mit normalen Abschreibungssätzen auskommen, während es bei besonders zugepaßten Fördermitteln meistens angebracht ist, mit höheren Abschreibungssätzen zu rechnen.

Das vorstehend angegebene Rechnungsverfahren paßt sich insofern auch den tatsächlichen Verhältnissen an, als es bei Neuanlagen, die gewöhnlich zunächst nicht vollbelastet sind, mit Recht eine längere Abschreibungsdauer zuläßt.

Die Unterhaltungskosten kann man bei normaler Belastung der Anlage mit 2% des Neuwertes in die Wirtschaftlichkeitsrechnung einsetzen. Bei Fördermitteln, die besonders starkem Verschleiß unterworfen sind, wird man einen etwas höheren Satz einsetzen, während man dagegen bei schweren, ruhenden Eisenkonstruktionen und Betonbauwerken mit einem entsprechend niederen Satz auskommt.

Die reinen Betriebskosten setzen sich aus Bedienungslöhnen, Stromkosten und Schmiermittelkosten zusammen.

Die Lohnkosten sind in weitem Maße schwankend und davon abhängig, wie weit die Fördermittel selbsttätig sich einschalten, arbeiten und abstellen.

Man soll den Zeitaufwand für Schmieren und Reinigen der Fördermittel und der übrigen Transportanlageteile nicht zu gering einschätzen und zu den Bedienungslöhnen und nicht zur Unterhaltung rechnen. Auch findet man häufig bei Vergleichsrechnung gegenüber Handbetrieb nur die reinen Grundlohnsätze eingesetzt, dagegen die Lohnzuschläge vernachlässigt.

Sind bei der schweren Handarbeit des Kohlenentladens häufig Leistungszuschläge in Form von Prämien oder Akkordsätzen zu den

Grundlöhnen üblich, wird man bei verwickelten Fördermitteln eine besser bezahlte, handwerklich geschulte Kraft für die Wartung verwenden müssen.

Für die meistens vorkommende Art der Ausladung aus offenen Güterwagen kann man bei Vergleichsrechnungen zwischen Hand- und maschineller Entladung damit rechnen, daß mit höchstens 4 Arbeitern auf 1 Waggon 20 t Kohlen in der Stunde entladen werden können. Bei Feinkohlen und Ausschaufeln in eine darunter oder seitlich angeordnete Einschüttgrube kann diese Leistung auf etwa 28 t/h gesteigert werden.

Bei RM. 1,00 Stundenlohn mit Zuschlägen kostet danach 1 t Kohle von Hand aus einem offenen Güterwagen zu entladen rd. RM. 0,20.

Für die horizontale Förderung von Kohlen und zum Stapeln haben sich ortsbewegliche Förderbänder auch für kleine Leistungen gut eingeführt. Sie bilden in Verbindung mit der Handentladung von Bahnwagen die einfachste Stufe der Mechanisierung des Kohlentransportes. Bei mittleren Förderleistungen bereits beginnt die Entladung von Bahnwagen mit Selbstgreifern wirtschaftlicher zu werden als die Handentladung. Man kann überschlägig rechnen, daß man mittels Greifer in der Stunde 2 Bahnwagen mit insgesamt 40 t Kohlen entleeren und den Inhalt lagern kann. Ein einfacher fahrbarer Regelspurgreifer (Raugreifer), dessen Anschaffungskosten etwa RM. 30000,— betragen, wird sich schon bei einer Jahresförderleistung von 15000 t lohnen.

Bei Fein- oder Nußkohlen haben sich auch die Heinzelmannentlader zum Herausnehmen von Kohlen aus Bahnwagen bewährt. Sie arbeiten in der Regel ortsfest und sind mit anschließenden Förderanlagen verbunden. Waggonkipper kommen nur für größere Leistungen in Frage. Sie werden sowohl ortsfest wie auch fahrbar gebaut. Ihre Leistung beträgt betriebsmäßig 6 bis 12 Bahnwagen in der Stunde. Bei der Entleerung von Feinkohlen ist darauf zu achten, daß steile Schrägstellung (50°) möglich ist. Die ortsfesten Kipper benötigen entweder Einschüttgruben oder hochliegendes Kohleanfuhrgleis. Letzteres ist auch beim fahrbaren Kipper zweckmäßig.

Diese Nebenkosten findet man oft nicht genügend berücksichtigt bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Kipperanlagen.

Bei ganz großen Werken, die keinen Hafenanschluß besitzen, haben sich die Selbstentladewagen bewährt, namentlich dann, wenn ganze Züge zwischen Empfangs- und Abgabestation ständig verkehren können. Das Entleeren geschieht entweder in, unter oder neben dem Gleis liegende Vorratsbehälter oder bei hochliegendem Entladegleis in seitlich liegende Abschüttgrube. Die Schiffsentladung von Kohlen geschieht fast durchweg mit Greifer. Die Wahl der Fördereinrichtungen von den Entladestellen zu den Aufbereitungsanlagen und Verbrauchsstellen richtet sich nach Leistung und den örtlichen Verhältnissen. Gefäßförderung und

Bandtransport stehen hier vor allem in Wettbewerb. Über den Kraftbedarf verschiedener Transport-, Brech- und Mahleinrichtungen geben die nachstehenden Zahlentafeln Auskunft, die dem Verfasser in entgegenkommender Weise vom Gaswerk Stuttgart zur Verfügung gestellt wurden.

Über die Betriebskosten und die Aufwendungen für den Kapitaldienst einer Kohlentransportanlage geben beispielsweise die freundlicherweise vom Gaswerk Basel mitgeteilten Angaben Auskunft. In Basel gehen sämtliche einlaufenden Kohlen über Lager. Dieser von der üblichen Arbeitsweise abweichende Betrieb ergab sich hauptsächlich dadurch, daß ausschließlich Feinkohlen bzw. Förderkohlen entgast werden, die ein längeres Lagern nicht vertragen. Der Kohlenvorrat deckt den Bedarf von etwa 4 Monaten. Die Kohle liegt daher nie länger als 4 Monate auf Lager, und es kommt daher zu keiner unzulässigen Erwärmung des Lagers. Die stärkere Inanspruchnahme der Kohlenverladebrücke wird in Kauf genommen gegen die Vorteile eines stetigen Lagerzustandes. Die Umschlagziffer der Verladebrücke ist dadurch wesentlich erhöht, da sie die Kohle sowohl aus dem Bahnwagen (Schiffsentladung wird erst aufgenommen) auf Lager, wie vom Lager zum Förderer bringen muß. Mit Ausnahme der Unkosten auf die Betriebslöhne und die Magazin- und Werkstattkostenanteile sind sämtliche anfallenden Kosten in der nachstehenden Aufstellung enthalten. Das Betriebspersonal wird im Monatslohn entlohnt. Es erhalten (in Klammern die Werte in Reichsmark bei einem Kurs von 57,30):

Maschinist der Kohlenverladebrücke oder des Kohlenturms	sfrs 490 (RM. 284)
Reparaturschlosser	» 470 (» 269)
Helfer im Waggon beim Ausladen	» 420 (» 240)
bei einer Arbeitszeit von 208 Stunden im Monat.	
Verzinsung: 5¼ %.	

Amortisationsquote 1936

für die Kohlenlagerungsanlagen	6,38%
» » Förderanlagen	4,00%
» » Mahl- und Mischanlagen	3,76%
» den Kohlenturm	1,88%

Für Kraftstrom wurde 1936 an das Eltwerk im Mittel 4,63 Rp. (2,65 Pf.) je kWh bezahlt.

Kohleneingang 1936	106027 t
Entgasung 1936	104277 »
Leistung der Kohlenverladebrücke	210304 t

Meßergebnisse über den Kraftbedarf der Kohlenförder-, Brech-, Misch- u. Mahleinrichtungen im Neubau der Gaskokerei Stuttgart-Gaisburg, festgestellt 1930/31.

Gegenstand	Größenverhältnisse	Sonstige Abmessung	Geschw.	besondere Merkmale	Leistung	Motorstärke Neuleistung	Zulässige Stromaufnahme $b \cdot \cos \varphi = 1$	Strombedarf bei Leerlauf	Abgesetz. Strombedarf bei Vollelastung	Anordnung Bemerkung
Stahltrugband	32 m A. A. 1100 mm Breite 225 mm Kast.H. Rollen- ϕ 130 mm	Kettentlg. 500 mm Rollentlg. 500 mm Rollen- ϕ 130 mm	0,26 m	Doppelkettenstrang einer Läschenstahlbolzenkette	150 t	11,4 kW	24,5 A	12 A	15 — 30 A	horizontal
Stahltrugband	72 m A. A. 1100 mm Breite 225 mm Kast.H.	»	0,26 m	»	150 t	28,5 kW	60,0 A	35 A	46 — 50 A	schräg ansteigend 20°
Stahltrugband	11,5 m A. A. 1100 mm Breite 225 mm Kast.H.	»	0,27 m	»	150 t	4,25 kW	10,0 A	5 — 6 A	6 — 7 A	horizontal
Bandtransporteur	11,5 m A. A. 800 mm breit 9 mm stark	Antr.-Trommel $\phi = 900$ mm; L. = 900 mm; Entfernng. d. Tragstat. ob. 1000, unt. 2000 mm	1,25 m	muldenförmig	150 t	4,25 kW	10,0 A	5,0 A	5,1 — 5,5 A	horizontal
Zweiwalzen-Kohl.-Brech.	1200 mm Walz- ϕ » » » L.				150 t	61,0 kW	119 A	35 A	38 — 45 A	
Becherwerk	37 m A. A. Becherzell. 650 x 325	Kettenülg. 500 mm Rollentlg. 500 mm Rollen- ϕ 180 mm	0,58 m		150 t	38,0 kW	77 A	29 — 36 A	40 — 65 A	schräg ansteigend 80°
Kohlenmühle	Schlagmühle		» = 500		150 t	152 kW	285 A	90 A	160 — 240 A	
Band mit 2 Mischtellern	11,5 m A. A. 800 mm breit 9 mm stark	Mischeller- $\phi = 2000$ mm	Band = 1,25 m	Band muldenförmig	Bd = 150 t Mischt. je 75 t	11,4 kW	24,5 A	10,0 A	13,0 A	Band horizontal
Band mit 3 Mischtellern	11,5 m A. A. 800 mm breit 9 mm stark	Mischeller- $\phi = 2000$ mm	Band = 1,25 m	»	»	11,4 kW	24,5 A	11,0 A	15,0 A	Band horizontal
Bandtransporteur	113 m A. A. 800 mm breit 11,5 mm stark	Antriebstrommel 1000 mm ϕ , 900 br. Entf. d. Tragst. ob. 1200, unt. 2500 mm	1,25 m	Band muldenförmig Tragstat. ϕ 130 mm	150 t	28,5 kW	60 A	26 — 28 A	45 — 50 A	schräg ansteigend 20°

Unter diesen Bedingungen ergaben sich im Jahre 1936 folgende Kosten:

1. Umschlag der Kohle aus Bahnwagen auf Lager und vom Lager in den Übergabebunker des Rohkohlenförderers mittels Kohlenverladebrücke und Greiferkatze je t eingegangener Kohle:
Betriebslöhne, Betriebsmaterial und Reparaturen 31,8 Rp. (18,22 Pf.)
Kraftstrom 3,4 » (1,95 »)
Kapitaldienst 18,9 » (10,83 »)
Gesamtkosten der Kohlenlager 54,1 Rp. (31,00 Pf.)

2. Förderung der Rohkohle vom Übergabebunker an der Kohlenverladebrücke bis in den Rohkohlenbunker im Kohlenturm je t entgaste Kohle:
Betriebslöhne, Betriebsmaterial und Reparaturen 5,8 Rp. (3,32 Pf.)
Kraftstrom 1,3 » (0,74 »)
Kapitaldienst 14,3 » (8,19 »)
Gesamtkosten der Rohkohlenförderung 21,4 Rp. (12,25 Pf.)

3. Mahlen und Mischen einschließlich Transport der gemahlene Kohle je t entgaste Kohle:
Betriebslöhne, Betriebsmaterial und Reparaturen 19,3 Rp. (11,06 Pf.)
Kraftstrom 6,3 » (3,61 »)
Kapitaldienst 44,6 » (25,55 »)
Gesamtkosten für das Mahlen und Mischen einschließlich Förderung im Kohlenturm 70,2 Rp. (40,22 Pf.)

Schrifttum.

Aumund, H., Hebe- und Förderanlagen, Berlin 1916.
Toussaint, F., Vereinfachung der Kohlen- und Koksförderung in Gaswerken
Fördertechnik (1928), S. 356.
Huppert, O., Kohlenmahl- und Mischanlagen für Gaswerke. Gas- und Wasser-
fach 74 (1931), S. 49.
Gluud, W., Handbuch der Kokerei, Bd. I, Halle 1927.