

3. Teil

# Doppelgaserzeuger

Von

**Dr.-Ing. Fritz Wehrmann**

Duisburg

## A. Doppelgas.

### 1. Grundlagen und Entwicklung der Doppelgaserzeugung.

Das Doppelgas ist nach seiner Herstellungsart und Beschaffenheit ein Zwischenglied zwischen den Schwach- und Starkgasen, wenn es auch praktisch fast nur als Zusatzgas zum Starkgas verwendet wird.

Für die übliche Mischgaserzeugung wird einerseits Kohle entgast, der Koks gelöscht und sortiert; in der Wassergasanlage muß er erneut aufgeheizt werden, um ihn zu Zusatzgas zu vergasen<sup>1)</sup>. Es liegt infolgedessen der Gedanke nahe, diese zwei Arbeitsgänge in ein Verfahren zusammenzufassen. Dieser Gedanke wurde denn auch im Gasfach trotz der schon grundsätzlich zu erkennenden bzw. bei seiner Durchführung auftretenden Schwierigkeiten zu verschiedenen Zeiten immer wieder in Angriff genommen und an seiner Ausbildung und Erforschung in mehreren Werken sehr gründlich gearbeitet, so daß das Verfahren, obwohl es im allgemeinen nicht die seiner grundsätzlichen Bedeutung entsprechende Verbreitung gefunden hat, jetzt doch als durchaus beherrscht und betriebsbrauchbar zu erklären ist. Die Schwierigkeiten liegen einerseits in der Rohstoffauswahl, andererseits in der apparativen und betrieblichen Durchbildung.

Als Rohstoff können natürlich nicht die sonst für den Gaswerksbetrieb bewährten Kohlesorten ohne weiteres in Frage kommen, die nicht nur nach dem Gasausbringen, sondern ebenso nach der Koksgüte ausgewählt werden. Gerade gut backende Kohlen sind im Doppelgas-generator nicht geeignet.

In apparativer Hinsicht liegt die Schwierigkeit darin, daß die zwei Arbeitsgänge Entgasung und Vergasung trotz ihrer Zusammenfassung möglichst scharf getrennt werden müssen, damit nicht durch zu große Energieverluste in den Abgängen die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens in Frage gestellt wird.

Daß die Rohstofffrage von größter Bedeutung ist, zeigt die sehr verschiedene Ausbreitung des Doppelgasverfahrens in England und Deutschland. In England ist bzw. war diese Arbeitsweise sehr verbreitet<sup>2)</sup> auf der Grundlage der Verwendung von dort greifbaren, besonders gasreichen und aschearmen Spezialkohlen. In Deutschland ging der Weg besonders

<sup>1)</sup> G. Vater, Gas- und Wasserfach 68 (1925), S. 275.

<sup>2)</sup> E. Körting, Gas- und Wasserfach 68 (1925), S. 273.

in der Richtung, die Kohlegrundlage möglichst zu verbreitern und billige Brennstoffe zu verarbeiten.

Maßgebend für die Entwicklung des Doppelgasverfahrens waren in Deutschland und Österreich die Europäische Wassergasgesellschaft seit 1885<sup>1)</sup> und H. Strache mit dem besser durchgebildeten Verfahren von 1895<sup>2)</sup>. H. Strache entwickelte sein Arbeitsverfahren noch ständig weiter<sup>3)</sup>. Der neueste Stand der Erfahrungen beruht aber vor allem auf den vielseitigen Betriebsarbeiten und Forschungen von G. Vater<sup>4)</sup> und W. Schroth<sup>5)</sup> in den Gaswerken Chemnitz und Dresden.

Chemnitz hatte praktisch die erste deutsche Doppelgasanlage dauernd betriebsfähig, in der Dresdener Anlage wurden in besonders umfangreichem Maße systematische Versuche durchgeführt.

Wenn das Doppelgasverfahren trotz dieser Durchbildung keine allgemeine Anwendung erreicht hat, bzw. in seinem Werte zeitlich sehr verschieden beurteilt wurde und wird, so liegt das einerseits darin begründet, daß es nicht ein verhältnismäßig einfaches Gaserzeugungsverfahren darstellt, wie die Entgasungsöfen oder Schwachgaserzeuger, sondern eher eine »Gaserzeugungsmaschine«, deren Wartung und gute Ausnutzung mindestens in kleineren Betrieben nicht ohne weiteres möglich ist, andererseits darin, daß ein gewisses allgemeines Vorurteil gegen das Verfahren die wirtschaftlichen Einflüsse der Marktpreisschwankungen für Kohle und Nebenprodukte wiederholt zu sehr in den Vordergrund der Erwägungen stellte. Vorübergehend stärkere Beachtung fanden Doppelgaserzeuger in der Kriegszeit 1914—1919 wegen des damals steigenden Interesses für Schwelteergewinnung. Da die Schwelteergewinnung beim Doppelgasverfahren aber nicht Hauptzweck ist, erlangten andere Verfahren (z. B. Drehtrommeln) zunächst größere Bedeutung.

## 2. Brennstoffe für Doppelgaserzeugung.

In England wurden, wie erwähnt, ausgesucht gute Kohlen für Doppelgaserzeugung verwendet, sowohl nach Stückform wie nach Beschaffenheit, z. B. im Gaswerk Halifax gasreiche, harte Nüsse mit geringem Aschengehalt.

Da solche Kohlequalitäten in Deutschland nicht verfügbar waren, war man besonders auf die wenig backenden Gasflammkohlen angewiesen und beschränkte sich auch nicht auf stückiges Material. Es zeigte sich vielmehr, daß feinkörniger oder gemischtkörniger Brennstoff ebenfalls gut durchgesetzt werden kann, wenn er mit Zwischenlagen von stückigem Brennstoff aufgegeben wird. Ferner haben sich Rohbraun-

<sup>1)</sup> Europ. Wassergas-Ges. DRP. 36431.

<sup>2)</sup> H. Strache, DRP. 90747.

<sup>3)</sup> H. Strache, DRPP. 205252 (1906) und 305721 (1916).

<sup>4)</sup> Gas- und Wasserfach 65 (1922), S. 543; 66 (1923), S. 645; 68 (1925), S. 275.

<sup>5)</sup> Gas- und Wasserfach 73 (1930), SH. S. 18; 73 (1930), S. 546.

kohlen und Braunkohlenbriketts als ebenfalls schichtweise zwischen-gegebener Brennstoff bewährt. Nicht geeignet sind sandige Steinkohlen und mulmige Braunkohlen, also solche Brennstoffe, die nach Entgasung ein dicht lagerndes, für die Wassergaserzeugung zu wenig durchlässiges Brennstoffbett ergeben. Über die Verwendung von Torf, der in der Literatur auch gelegentlich als geeignet erwähnt wird, liegen keine genaueren Angaben vor. — Diese Erfahrungen faßt G. Vater<sup>1)</sup> in folgenden Forderungen an die Brennstoffeigenschaften zusammen:

1. Lose Schüttung, d. h. nicht zuviel Strömungswiderstand bei der Schwelung,
2. nicht zuviel Wasserballast,
3. Kohle muß »stehen«, d. h. beim Entgasen nicht zerfallen,
4. keine fließende (zu leicht schmelzende) Schlacke.

G. Vater folgert hieraus, daß es mehr Kohlensorten gibt, die diesen Anforderungen genügen, als solche, die als gute Gas- und Kokskohle brauchbar sind.

Beim Arbeiten mit Steinkohle und Rohbraunkohle gab eine Mischung von 70 + 30% die beste Betriebsform; besser eignen sich Braunkohlenbriketts, die infolge ihres geringeren Wassergehaltes zu größeren Anteilen (50% Gasflammkohle und 50% Briketts) im Dauerbetrieb verwendet wurden.

Weitere Entwicklungen im Bau der Doppeltgaserzeuger haben es aber auch möglich gemacht, die Kohlenbasis noch wesentlich mehr zu verbreitern. W. Schroth konnte mit niedrigerem Schwelschacht (vgl. S. 14) — unter Heranziehung von Backfähigkeitsuntersuchungen der Brennstoffe — auch feinkörnige, Grieß- und sogar Staubkohlen in geeigneten Mischungen durchsetzen. Wegen der geringen Schwelschachthöhe entfiel die vorgenannte erste Forderung; der dritten wurde durch geeignete Auswahl oder Mischung entsprochen. Auch sehr aschereiche Kohlen erwiesen sich als brauchbar, da es bei der restlosen Vergasung nicht auf Erzielung eines verkaufsfähigen Kokes ankommt.

Natürlich kann mit geringwertigeren Kohlen nicht die gleiche Ausbeute erzielt werden wie mit gasreichem, aschearmem Material. Es wird immer örtlich zu entscheiden sein, ob mehr Wert auf den billigeren Brennstoff oder auf die höhere Ausbeute zu legen ist.

Bei den erwähnten, die Kohlenbasis erweiternden Versuchen verwandte W. Schroth<sup>2)</sup> die Backfähigkeitsbestimmung nach Meurice<sup>3)</sup>; neben den bisherigen Kohlen mit Meurice-Zahlen bis 14 konnten in dem Dresdener Doppeltgaserzeuger von 1933 (vgl. S. 14, 17) solche mit den Meurice-Zahlen 16 und in Gemischen bis zu 23 und 24 verarbeitet werden

<sup>1)</sup> Gas- und Wasserfach 68 (1925), S. 275.

<sup>2)</sup> Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 608.

<sup>3)</sup> Chaleur et Ind. 1923, S. 45, vgl. Brennstoffchemie 12 (1931), S. 181.

Umfassende Versuchsapparaturen zur laboratoriumsmäßigen Vorauswahl geeigneter Kohlen beschreiben R. Mezger und Th. Payer<sup>1)</sup>; die Untersuchungsmethoden bezweckten nicht nur die Feststellung der Kohle-Koks-Eignung, sondern zugleich einen Überblick über das Gas-mengen- und Heizwert-Ausbringen.

Als Zusatzbrennstoff zur Vermeidung zu starken Backens ist auch Kleinkoks und Koksgrus verwandt worden, der natürlich nur in Sonderfällen in Frage kommt und eine weitere Ausbeutesenkung bedingt.

Bei veränderten Brennstoff- oder Nebenprodukt-Marktverhältnissen ist es ohne weiteres möglich, den Doppelgasgenerator auch als Wassergasgenerator arbeiten zu lassen.

Von besonderer Bedeutung für das Doppelgasverfahren ist die Tatsache, daß dabei zur Wassergaserzeugung nicht Koks (Hochtemperaturkoks), sondern Halbkoks oder Schwelkoks zur Verfügung steht. Es liegen also die an anderer Stelle bereits erwähnten<sup>2)</sup>, für die Wassergaserzeugung teils günstigen, teils ungünstigen Voraussetzungen vor. Die bessere Reaktionsfähigkeit des Schwelkokes ist vorteilhaft für die Gasung, aber nachteilig für das Heißblasen, wobei höhere Energieverluste unvermeidlich sind und deshalb ein Abhitzeessel notwendig ist. Auf diese Besonderheit weisen auch W. J. Müller und E. Graf hin<sup>3)</sup> und stellen fest, daß deshalb mit höheren Dampfgeschwindigkeiten beim Gasen gearbeitet werden kann als beim reinen Wassergasverfahren.

Für die Kohlenauswahl empfiehlt W. Schroth<sup>4)</sup> außer der Tiegelprobe noch die Backfähigkeitsprobe nach R. Kattwinkel und ferner eine Bestimmung des Durchgangswiderstandes nach T. H. Layng und Hathorne<sup>5)</sup>.

### 3. Größenanordnung von Doppelgasanlagen.

Obwohl der Betrieb eines Doppelgaserzeugers bei zunehmendem Generatordurchmesser schwieriger wird, weil dann die Gleichmäßigkeit der Vorgänge im Brennstoffbett schwieriger zu beherrschen ist, sind doch Kleinanlagen kaum zu finden. Das ist, außer dem erwähnten Grunde, daß sie sich wegen ihrer Wartung für Kleinbetriebe weniger eignen, darin begründet, daß ein gewisser Mindestwärmeinhalte für die Gleichmäßigkeit des Generatorzustandes erwünscht ist, besonders wenn die Anlage nicht ununterbrochen, sondern mit Pausen arbeitet.

Die kleinsten Anlagen werden mit 700 mm Schachtdurchmesser angegeben (Pintsch), bei einer Leistung von 2000 bis 2500 m<sup>3</sup>/Tag.

<sup>1)</sup> Gas- und Wasserfach **73** (1930), S. 1.

<sup>2)</sup> Handb. d. Gasind. Bd. II, 1. Teil, S. 121, 124.

<sup>3)</sup> Brennstoffchem. **20** (1939), S. 246.

<sup>4)</sup> Gas- und Wasserfach **73** (1930), SH. S. 22.

<sup>5)</sup> Ind. Eng. Chem. **19** (1927), S. 924.

Zwei Generatoren der A.-G. für restlose Vergasung (Wien) im Gaswerk Kochendorf (Wttbg.) hatten 1,2 m Schachtdurchmesser, 0,6 m Dmr. der eingehängten Schwelglocke und leisteten im 1- bis 2-Schichtenbetrieb 100—120 m<sup>3</sup>/h.

Die Mehrzahl der Anlagen ist aber mit 2—3 m Schachtdurchmesser gebaut, 3 m werden als Grenzgröße bezeichnet.

Die Tagesleistung betrug schon bei den um 1915 nach dem Strachenschen Patent erbauten Anlagen 20—24 000 m<sup>3</sup>/24 h u. Generator.

Die Doppelgasanlage in Plauen i. V.<sup>1)</sup> erzeugt mit 2,7 m Schachtdurchmesser 1000 m<sup>3</sup>/h oder 20 000 m<sup>3</sup>/Tag, ebenso hat die Chemnitzer Doppelgasanlage mit 2,75 m Schachtdurchmesser eine gewährleistete Erzeugung von 20 000 m<sup>3</sup>/Tag, die im Betrieb wesentlich überschritten wird, bis 30 000 m<sup>3</sup>/Tag. Von der Dresdener Anlage mit 3 m Dmr. berichtet W. Schroth<sup>2)</sup> Tagesleistungen von 25 000 bis 35 000 und selbst bis nahe an 40 000 m<sup>3</sup>/Tag.

Diese Leistungen verringern sich natürlich bei Durchsatz gasärmerer oder weniger durchlässiger Brennstoffgemische (vgl. später). Ebenso kann dieselbe Anlage mit gleichem Brennstoff auf verschiedenen Heizwert und entsprechend verschiedene Gasmenge arbeiten. So ergab nach E. Körting<sup>3)</sup> die Tully-Anlage in Halifax eine Ausbeute von 1500 m<sup>3</sup>/h mit 3250 kcal oder 1160 m<sup>3</sup>/h mit 4200 kcal, in beiden Fällen 4 900 000 kcal/h.

#### 4. Bauarten und Betriebsweise von Doppelgasanlagen.

Sowohl die Bauformen wie auch die Betriebsweise der Doppelgasgeneratoren zeigen keine einheitliche und auch keine gleichförmige Entwicklung. Vielmehr ist verschiedentlich ein Zurückgreifen auf früher schon einmal gebrauchte und wieder verlassene Formen festzustellen.

So finden sich bei Doppelgasanlagen wechselnd in verschiedenen Zeitabschnitten: in den Generator eingehängte Schwelglocken oder aufgesetzte Schwelretorten, durch Blasegas außen beheizte oder nur durch Wassergas innenbeheizte Schwelretorten, schonende Abführung des Doppelgases und der Schwelteerdämpfe oder Verkracken des Schwelgases im Generator oder einem Kurburator, ruhend absinkende Brennstofffüllung oder Rührwerkeinbau in der Schwelzone.

Der Vergaserschacht wird trotz der Gefahr der Wandverschlackung fast ausschließlich ausgemauert. Es ist natürlich, wie beim Wassergaserzeuger, ohne weiteres möglich, den Schacht auch teilweise als Doppelmantelkessel auszubilden, und diese Bauart wurde auch vereinzelt vorgeschlagen. Bei Vergasung von Braunkohlenbriketts oder sonstigen nassen Brennstoffen ist es allerdings wichtig, möglichst viel Wärme für

<sup>1)</sup> W. Müller, Gas- und Wasserfach **74** (1931), S. 173

<sup>2)</sup> Gas- und Wasserfach **77** (1934), S. 608.

<sup>3)</sup> a. a. O.

die Wasserverdampfung im Generator zurückzubehalten. Auch für Stillstände ist die wärmespeichernde Ausmauerung wertvoll. Starker Verschlackung kann einerseits durch Verwendung von Kohlen mit hochschmelzender Asche vorgebeugt werden oder auch durch die Art der Ausmauerung. In Chemnitz bewährte sich als besonders schlackenunempfindlich eine Ausmauerung mit Krummendorfer Quarzschiefer.

Die erste Ausführung von H. Strache stellte Generatorschacht und Regenerator nebeneinander. Zwei Kanäle verbanden den Gaserzeuger mit dem Überhitzer, ein Kanal oben, einer in halber Höhe unter dem nicht entgasten Brennstoff<sup>1)</sup>. Der Vergasungsschacht oder Vergaser — dies ist die im Doppelgasbetrieb übliche Bezeichnung für den mit entgastem Brennstoff gefüllten und für die

Wassergaserzeugung bestimmten Generatorunterteil — wurde in der für Wassergaserzeugung üblichen Weise von unten heiß geblasen, die Blasegase gingen durch den unteren Kanal in den Überhitzer und heizten diesen auf. Das Gasen erfolgte anschließend abwärts, indem der im Überhitzer aufgeheizte Dampf oben in den Brennstoff eingeführt wurde, diesen abschwelte und mit dem Schwelgas in den Vergaser eintrat zur Wassergasbildung und gleichzeitigen Aufspaltung der Schwelgase. Das Doppelgas zog unten ab.

Die nächste Entwicklungsstufe des Stracheschen Doppelgaserzeugers zeigt Abb. 1<sup>1)</sup>.

Die Schwelretorte ist auf den Gaserzeugerschacht aufgesetzt und von Heizzügen umschlossen. Am Fuße dieser Heizzüge sind ringsum Luftdüsen angeordnet. Das von unten kommende Blasegas verbrennt in den Heizzügen mit Luftzusatz und beheizt die Schwelretorte von außen. Der Druck in der Retorte wird so geregelt,

daß kein Blasegas in den noch nicht entgasten Brennstoff eintreten kann. Gegast wird von unten, das Wassergas durchstreicht den Schwel-schacht aufwärts, schwelt den von außen vorgeheizten Brennstoff ab und das Wassergas-Schwelgasgemisch (Doppelgas) zieht oben ab. Das Schwelgas wird also nicht mehr verkrackt.

Die in Chemnitz nach den Patenten von H. Strache und der Dell-wick-Fleischer-Wassergasgesellschaft von der Allgemeinen Vergasungs-

<sup>1)</sup> de Grahl, Wirtschaftl. Verwertg. d. Brennst., München 1921, S. 218.

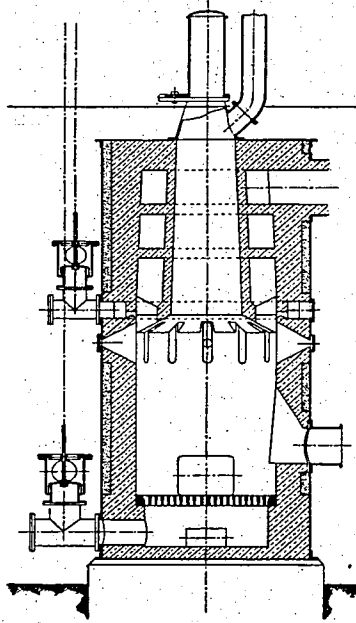


Abb. 1. Doppelgaserzeuger nach H. Strache.

gesellschaft erstellten Doppelgaserzeuger haben einen Generator von 2750-mm Dmr. und einen aufgesetzten Schwelschacht von 1400 mm Dmr., der gesamte Gaserzeuger ist 4 m hoch. Die Schwelretorte wird nicht außen beheizt, sondern der Brennstoff wird nur durch das durchziehende Wassergas verschwelt. Bei der hohen Retorte genügt der Sinkweg zum völligen Abschwelen. Die Arbeitsperiode umfaßt 1—1½ min Blasen und 5—6 min Gasen. Der Gasedampf wird in dem durch das Blasegas aufgeheizten Regenerator auf 950° überhitzt. Der Drehtrost des Vergasers läuft etwa 15' je h (= ¼ Umdrehung)<sup>1)</sup>. Die anfangs nur mit Überhitzern ausgestatteten Doppelgaserzeuger erhielten dann zur Verbesserung der Wärmewirtschaft noch Abhitze-dampfkessel.

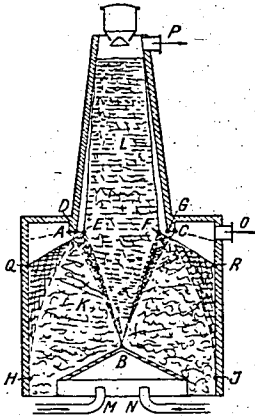


Abb. 2. Schema der Strömungszonen in einem Doppelgaserzeuger.

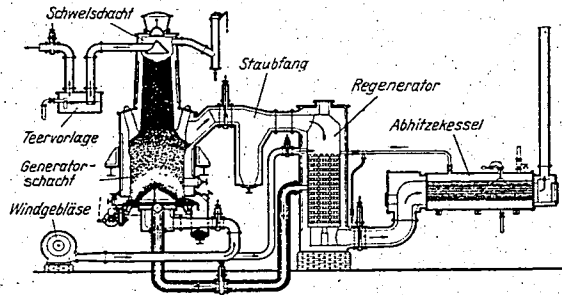


Abb. 3. Schema einer Doppelgasanlage (Dresden).

Eine grundsätzliche Darstellung der Ursachen für die verschiedenen, den Erfolg störenden Ursachen, die in der Arbeitsweise des Verfahrens mit aufgesetzter Retorte begründet sind, zeigen R. Mezger und Th. Payer<sup>2)</sup> (Abb. 2). Ersichtlich ist die im Schwelschacht absinkende, durch Entgasung schwindende Brennstoffsäule und deren Ausbreitung im Vergaser unter Bildung des Ringkanals. Beim Heißblasen bleibt, da der Wind den bequemsten Weg vom Rost zum Ringkanal sucht, ein dem Schnitt *A B C* entsprechender Kegelraum nicht oder wenig durchströmt; also zu wenig heißgeblasen; hier kann also unvergaster Brennstoff in die Schlacke absinken. Wird nun gedampft, so läßt der Dampf den Raum *H A Q* bzw. *C J R* ungenügend durchströmt. Dieser Teil des heißgeblasenen Koks wird also nicht durch die Wassergasreaktion abgekühlt und neigt durch Überhitzung zum Verschlacken mit der Wand. Auch der vorerwähnte Kegel *A B C* oder wenigstens sein innerer Teil *E B F* nimmt, weil vorher ungenügend heißgeblasen, nicht stark am Wasser-

<sup>1)</sup> G. Vater, Gas- und Wasserfach 65 (1922), S. 543.

<sup>2)</sup> Gas- und Wasserfach 73 (1930), S. 2.



gasprozeß teil, wird vielmehr durch Teile durchziehenden Dampfes eher noch abgekühlt. Bei gleichmäßig stückigem, wenig bäckendem Brennstoff sind diese Erscheinungen natürlich geringer. In der Hauptsache wurden sie aber durch die bauliche Weiterentwicklung bekämpft.

Die Vermeidung dieser ungenügend durchströmten Zonen erstrebte die heute nicht mehr gebaute Dinglersche Kohlenwassergasanlage (Erlangen u. a.) dadurch, daß das Koksbedt im Vergaser in jeder Periode wechselnd von rechts und links waagrecht durchblasen wurde.

Die gleiche Anordnung wie die Chemnitzer Anlage zeigen die Doppelgasgeneratoren in Dresden (Pintsch), mit 3 m Vergasungsschachtdurchmesser und 2 m Schwelschachtdurchmesser, über die W. Schroth 1930 berichtete<sup>1)</sup>. Jeder Gaserzeuger hat einen Regenerator, drei Gaserzeugern ist ein Abhitzekeßel zugeordnet. Abb. 3 zeigt den Aufbau der Doppelgasanlage. Zwischen dem Vergaser und dem Regenerator ist hinter dem Abgasschieber noch ein Staubsack eingebaut, der die bei der hohen Windgeschwindigkeit (Gebläseleistung nominell 450 m<sup>3</sup>/min) mitgerissenen Brennstoffteile auffängt und damit verhütet, daß im Regenerator durch die mitgerissenen Teile Schlackenverschmelzungen entstehen. Um den vom Abhitzekeßel durch den Regenerator geleiteten und daselbst hoch überhitzten Dampf genügend heiß in den Gaserzeuger zu bringen, ist bei diesen Anlagen die Leitung für den überhitzten Dampf zwischen Regenerator und Vergaser aus Schamotterrohren zusammengesetzt, die mit Sterchamolsteinen isoliert sind und um diese Isolierung herum das gasdichte Blechrohr tragen. Auf diese Weise kommt der Dampf mit bis 600° zum Vergaser, üblicherweise werden 550° gehalten. — Der Abgasschieber bewährte sich am besten in Nicrotherm-Ausführung. Der Füllkopfdeckel mußte wegen des hohen Druckes im Generator (400—500 mm WS) an Stelle der bei Generatoren sonst meist üblichen metallischen Dichtung mit eingearbeiteter Gummidichtung versehen werden.

Der Schwelschacht erhielt senkrechte Trennwände, die den Schachtquerschnitt in drei und bei anderen Versuchen auch in vier Teile teilten. Bei ungeteiltem Schacht senkte sich bei auch nur wenig backender Kohle der Schwelkoks in Form und Durchmesser des Schwelschachtes in den Vergaser ab und bot dem Gasedampf zu wenig Reaktionsoberfläche. Die aus den Teilschächten absinkenden Teilsäulen von Schwelkoks dagegen ermöglichten durch die dazwischen gebildeten Kanäle sowohl besseren Dampfzutritt als auch leichteren Zerfall zur Ausfüllung des Vergasers.

Die Betriebsweise dieser Anlage wurde in der verschiedensten Weise durchprobiert, mit Blasezeiten von 1 bis 1½ min und Gasezeiten von 4¾ bis 15 min. Die letztere Arbeitsweise, die die Gasezeitverlängerung durch geringeren Dampfdruck erreichte, ergab natürlich eine entsprechend geringere Durchsatzleistung. Der Dampf wurde nicht nur durch

<sup>1)</sup> Gas- und Wasserfach 73 (1930), S. 546 u. SH.

den Rost, sondern im Interesse der bei dem großen Schachtdurchmesser besonders wichtigen, gleichmäßigen Verteilung und der Schlackenbekämpfung auch ringsum am Mantel durch 8 zusätzliche Dampfdüsen eingeführt. Die günstigsten Leistungen und Ausbeuten ergaben mittlere Arbeitszeiten unter Anwendung eines Dampfschlußmelders<sup>1)</sup>.

Die hohe Dampfüberhitzung erwies sich als entscheidend wichtig. Während beim reinen Wassergasprozeß durch das wechselnde Abwärtsgasen immer wieder Wärme aus dem oberen Brennstoffbett nach unten zurückgefördert wird, kann die Doppelgasanlage nur von unten gegast werden. Naßdampf oder Sattedampf würden daher die absinkende Füllung zu schnell abkühlen und trotz der besseren Reaktionsfähigkeit des Schwelkokes zuviel Unverbranntes in den Rückständen sowie eine Gasverschlechterung ergeben. Außerdem wird durch die Heißdampfzufuhr die Wassergasbildungszone im Generator verbreitert.

Bei Stillständen, sei es zum Schlacken oder aus sonstigen Betriebsgründen, kann infolge des vorhandenen Wärmehaltes der Anlage der Schwelvorgang nicht sofort zum Aufhören gebracht werden. Diese weitergebildeten Schwelgase über Dach abzulassen ist wegen der damit verbundenen Geruchsbelästigung ebenso wie aus wirtschaftlichen Gründen unerwünscht, da diese Heizwertmengen bei Wiederanblasen dann dem Doppelgas fehlen. Beide Nachteile wurden bei den Anlagen in Dresden und Chemnitz dadurch behoben, daß ein wahlweise an jeden Doppelgas-erzeuger anschließbares geregeltes Sauggebläse diese Schwelgase dem Gesamtgas zuführte.

Im übrigen wird bei Stillstand der Vergaser auf Durchzug gestellt, d. h. unten und oben so geöffnet, daß der Auftrieb des Kamins oder Überhitzers genügend Koksverbrennung im Generator bewirkt, um bei Bedarf schnell wieder heißblasen zu können. Bei geeigneter Überwachung waren Stillstände bis zur Dauer von 1 Woche ohne Verschiebung der Schwel- und Vergasungszonen möglich.

Im Gegensatz zu diesen Anlagen mit auf den Vergaser gestellten Schwelschacht ist der 1930 in Plauen i. V. erstellte Doppelgas-erzeuger (Pintsch) mit einer eingehängten Schwelglocke versehen<sup>2)</sup>, die in der vorherbeschriebenen Weise durch Trennwände unterteilt ist (Abb. 4). Der Generatorschacht hat 2,7 m Dmr. und etwa 4 m Höhe, mit Aufsatz und Fülltrichter ist er 5 1/2 m hoch. Die Schwelglocke wird von den Blasegasen außen und vom im Vergaser erzeugtem Wassergas innen beheizt. Das Doppelgas wird bei dieser Anlage zwecks Erzeugung eines möglichst hohen Heizwertes dem zwischen Generator und Überhitzer (Zündkammer) eingeschalteten Karburator zugeführt, der zuvor von Blasegas ebenso aufgeheizt war wie der Überhitzer. Ein Teil der Schwelteeerdämpfe wird verkrackt, das auf diese Weise selbstkarburierte Doppelgas

<sup>1)</sup> Handb. d. Gasind. II, 1, S. 150.

<sup>2)</sup> W. Müller, Gas- und Wasserfach 74 (1931), S. 173

oder Kohlenwassergas gelangt vom Überhitzer zur Teervorlage und zum Gasbehälter, der zugleich die Luftkühlung ersetzt. Außer diesem Gasweg ist noch eine Doppelgasleitung als Umgang um den Karborator direkt zur Teervorlage vorgesehen. Der Gasedampf wird nur durch den Überhitzer

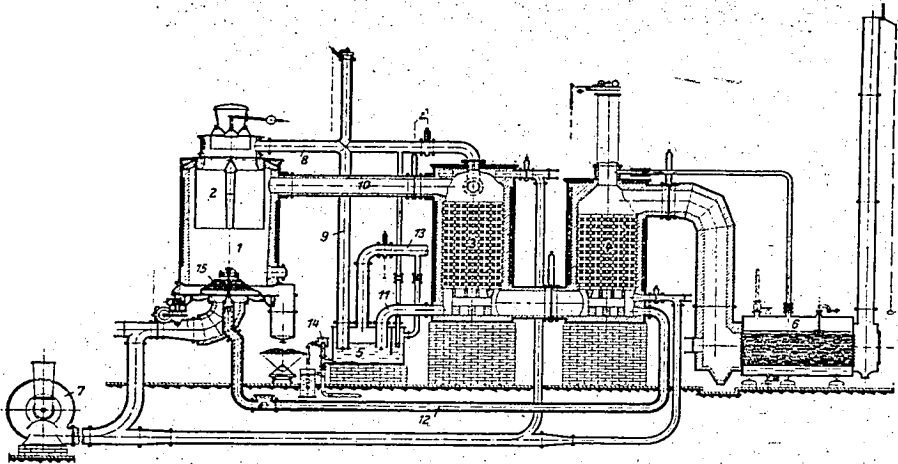


Abb. 4. Kohlenwassergasanlage Plauen i. V.

und in einer isolierten Heißdampfleitung unter den Drehrost des Gaserzeugers geleitet. Die Betriebsweise sieht eine verhältnismäßig lange Periode vor, die aus 2 min Blasen und 10 min Gasen besteht. Infolge der Länge der Gasung wird im Gegensatz zum sonst üblichen Wassergasbetrieb das Windgebläse während des Gasens zur Stromersparnis abgestellt. Alle Schieber, deren Zahl infolge der erhöhten Zahl von Apparaten und Leitungen größer ist, als sonst bei Wassergas- und Karburieranlagen, werden von einem Steuerbock mit gegenseitiger Blockierung der Arbeitsgänge zentral gesteuert. Der Dampf des Abhitzekeessels gibt außer dem Betriebsdampf noch Überschußdampf.

Der Dauerbetrieb dieser Anlage, die ebenso wie die Chemnitzer Doppelgasanlage und andere noch bis in neueste Zeit teils regelmäßig, teils zur Spitzendeckung in Betrieb war und ist, hat ergeben, daß der Gaserzeuger nur etwa alle  $1\frac{1}{4}$  Jahre einer Innenausbesserung bedarf.

Die Plauer Anlage arbeitet mit Hilfe der Karburation auf einen Heizwert von etwa  $3500 \text{ kcal/Nm}^3$  (vgl. Gasbeschaffenheit S. 18).

Nach Angabe der A.-G. für restlose Vergasung<sup>1)</sup> sollen je nach Betriebsweise 15—75% des Schwelteeres durch Karburation in Gasform verwertbar sein.

<sup>1)</sup> J. Gwosdz, Gas- und Wasserfach 71 (1928), S. 1257.

Eine andere Arbeitsweise für Erreichung eines höheren Doppelgas-Heizwertes ist der Zwischenabzug von Koks. Durch Entnahme von gewissen Koksmengen aus dem Vergaser sollte die Wassergaserzeugung verringert und der Überschußkoks einer anderen Verwendung zugeführt werden. Diese Arbeitsweise (Kreisa-Verfahren nach Breisig)<sup>1)</sup> ergab aber verschiedene andere Betriebsschwierigkeiten, so daß sie als solche praktisch kaum mit Erfolg im Betrieb durchgeführt wurde.

Eine Vereinigung der verschiedenen heizwertsteigernden Betriebshilfsmittel erreichte mit gutem Erfolg eine Sonderbauart des Gaswerks Hettstedt (Thür. Gasges.) (Abb. 5). Auf dem runden Vergaser ist eine Schwelretorte von fast 3facher Höhe des Vergasers erstellt, und zwar in der Form der Vertikalkammern mit rechteckigem Querschnitt und Heizzügen an den Längsseiten. Durch Verbrennung der Blasegase in diesen Heizzügen wird der Schwelchacht außen beheizt. Das Schwelgas wird von oben nach unten gesaugt und am Übergang zum Vergaser gemeinsam mit dem Wassergas abgeführt, das sich aber noch an dem Schwelgas aufkarburiert. Heizwertsteigernd wirken außer dieser Karburierung die sehr schonende, daher ergiebige Schwelung in einem Periodenverhältnis von 13 min Gasen nach 2 min Blasen, ferner ein beschränkter Koksabzug durch sehr kräftiges Ausschlacken, wodurch etwa 10% verwertbarer Koks aus dem Generator entfällt. Erreicht wurde ein Heizwert von 3950 kcal/m<sup>3</sup>. Ein weiterer in Hettstedt erstellter Doppelgaserzeuger erhielt zwei auf dem Vergaser parallel aufgestellte Retorten. Die Anlage war bis zur Stilllegung des Gaswerkes, 1938, in Betrieb.

<sup>1)</sup> J. Gwosdz, Gas- und Wasserfach 71 (1928), S. 1257.

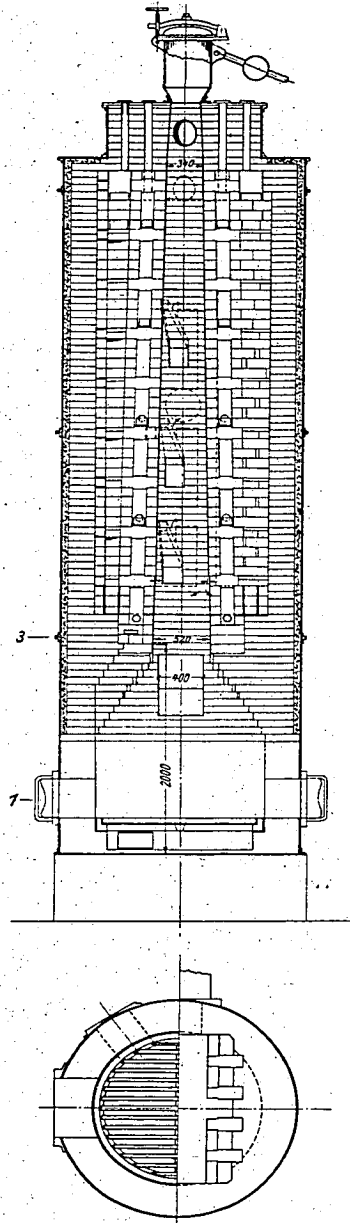


Abb. 5. Doppelgaserzeuger Hettstedt.

Eine weitere, grundsätzlich andere Entwicklung nahm die Dresdener Doppelgasanlage gegenüber dem oben beschriebenen Stand von 1930 seit 1932 durch völlige Umgestaltung des Schwelschachtes zur eingehängten Schwelretorte<sup>1)</sup>. Diese neue Bauart zeigt aber gegen den Plauer

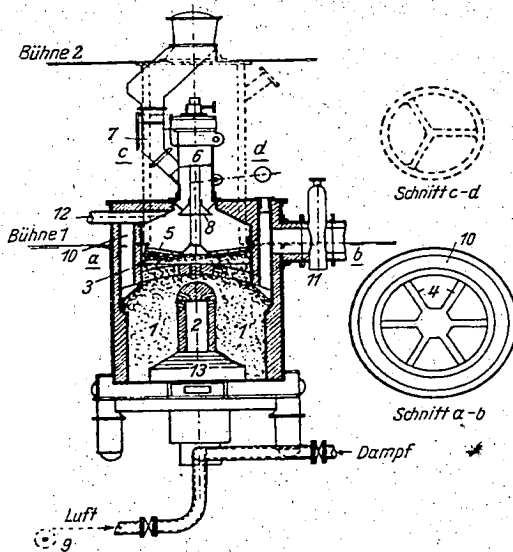


Abb. 6. Doppelgaszerzeuger für feinkörnige Kohlen (Dresden).

Generator mit eingehängter Schwelglocke verschiedene wesentliche Unterschiede. Dieser Umbau (Bamag) ist in Abb. 6 verdeutlicht durch punktierte Einzeichnung des früheren Schwelschachtes auf dem umgeänderten Generator. Die Schwelglocke ist, wie ersichtlich, nur verhältnismäßig niedrig gefüllt. Während beim hohen Schwelschacht die völlige Abschwelung durch einen möglichst langen Sinkweg erreicht wurde, der entsprechend dem Mengenverhältnis eine langsame Erhitzung der Rohkohle bedingte, wird bei der vorliegenden Anordnung die kleinere Kohlenfüllung durch den relativ größeren Wärmeinhalt des durchspülenden Wassergases in kürzerer Zeit abgeschwelt. Für gleichmäßige Lagerung der Kohleschicht und ihre gleichmäßige Auflockerung sorgt ein eingehängter wassergekühlter Rührarm. Die sonst durch den ganzen Schwelschacht oder die ganze Schwelglocke reichenden senkrechten Trennwände sind durch einen unterhalb des Rührarmes gewölbartig eingebauten sechsteiligen Verteilerstern ersetzt, der dafür ausreicht, den Schwelkoks nicht als eine zusammenhängende Masse in den Vergaser absinken zu lassen. Als weitere Besonderheit hat dieser Doppelgaszerzeuger auf dem Drehrost in der Mitte einen pfeilerartigen Aufbau. Dieser Rostpfeiler wurde in Amerika<sup>2)</sup> bei den Versuchen entwickelt, bituminöse Steinkohlen im üblichen Wassergaserzeuger ohne Schwelaufsatz od. dgl. zu vergasen<sup>3)</sup>. Der Pfeilerereinbau verhindert einmal die Bildung eines an der Reaktion ungenügend oder gar nicht beteiligten senkrechten Kernes

<sup>1)</sup> W. Schroth, Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 608.

<sup>2)</sup> J. Gwosdz, Gas- und Wasserfach 71 (1928), S. 1233; W. H. Fulweiler, Bericht Weltkraftkonf. 1926.

<sup>3)</sup> Handb. d. Gasind. II, 1, S. 139.

der Brennstoffsäule. Diese Gefahr besteht bei großen Generatoren, weil der Wind bzw. die Blasegase auf dem geradesten Wege vom Rostkegel nach dem Außenringraum um die Schwelglocke zu ziehen geneigt sind, so daß dieser Kern nicht genügend heißgeblasen wurde (vgl. Abb. 2). Der in die Mitte der Glocke gerichtete Dampf- bzw. Wassergasstrom würde den Brennstoffkern aber eher berühren und abkühlen, ohne genügend Reaktion zu finden. Der Pfeiler auf dem Rost dient aber nicht nur als Verdrängungskörper, sondern bringt durch einige Öffnungen unter seiner Kappe Blasewind auch in die oberen Koksschichten. Das hat einen mehrfachen Vorteil. Die zusätzliche Aufheizung oben kommt zunächst als strahlende Wärme, später als fühlbare Wassergaswärme dem Schwelprozeß zugute. Weiter ändert diese als Zweitluftzusatz zu bezeichnende Windmenge die Blasegasbeschaffenheit; in dem über dem Rost gebildeten Verbrennungsgas wird beim weiteren Weg durch die Kokssäule — zumal bei dem leicht reagierenden Schwelkoks — nach dem Generatorgasgleichgewicht Kohlendioxyd in wesentlichem Umfange zu Kohlenoxyd reduziert und Luftgas gebildet. Dieses verbrennt durch den oberen Windzusatz wieder zu Kohlendioxyd und es wird der Brennstofffüllung Wärme erhalten, die sonst im Blasegas als gebundene Wärme abgezogen und erst im Überhitzer und Abhitzekessel gewonnen würde. Die Blasegase zeigten auch tatsächlich mit diesem Einbau einen höheren Kohlendioxydgehalt. Auch für die Wassergaserzeugung bedeutet der Dampfzutritt durch die obere Verteilung eine Vergrößerung der mit dem Dampf reagierenden Brennstoffoberfläche.

Die vorerwähnte Gefahr der Bildung einer nicht genügend reagierenden Mittelzone ist auch bei großen Generatoren nicht wesentlich, solange besonders geeignete Kohlen verwendet werden. Dagegen bei Kohlen kleinerer Körnung und höherer Backfestigkeit, die durch die Struktur der Strömungswiderstände ganz andere Voraussetzungen für die Gasbildung ergeben, erfolgt, wie W. Schroth<sup>1)</sup> durch Temperaturmessungen im Brennstoffbett nachweisen konnte, die Erwärmung viel stärker in den Wandzonen. Diese neue Dresdener Bauart des Doppelgaserzeugers stellt also einen entscheidenden Fortschritt des Verfahrens im Sinne einer weiteren Verbreiterung der Kohlengrundlage dar.

### 5. Betriebsergebnisse, Gasbeschaffenheit, Nebenerzeugnisse.

Wie bereits betont wurde, sind die Leistungen von Doppelgasanlagen weitgehend abhängig sowohl von dem verwendeten Brennstoff als auch von dem nach den Betriebsverhältnissen erwünschten Heizwert. Dementsprechend finden sich in den Betriebsergebnissen der betriebenen Anlagen große Unterschiede, die jeweils nach den genannten Voraussetzungen bewertet werden müssen.

<sup>1)</sup> Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 609.

H. Strache<sup>1)</sup> erreichte um 1915 in Brünn mit guter, aschearmer Kohle hohe Ausbeuten, 1620 Nm<sup>3</sup>/t bei einem oberen Heizwert von 3340 kcal/Nm<sup>3</sup> und einem Vergasungswirkungsgrad von 68%. Ebenfalls hoch liegen die von E. Körting<sup>2)</sup> berichteten Ergebnisse der englischen Tully-Anlagen aus sehr guter Kohle mit 1500 m<sup>3</sup>/t bei 3250 kcal/Nm<sup>3</sup>, und die Leistung der Chemnitzer Anlage aus Wilhelmschacht-Kohle (86% Reinkohle, 29,5% flücht. Best.), 1610 m<sup>3</sup>/t und 3250 kcal/m<sup>3</sup>.

Größere Wichtigkeit haben für uns aber die Betriebsergebnisse der Anlagen, die sich von der Auswahl besonders geeigneter Kohle unabhängig machten, weil nur diese Arbeitsweise den Hauptwert der Doppelgasanlagen, im Ernstfall als leistungsfähige Spitzendeckungsanlage einzutreten, zuverlässig zu erreichen gestattet.

G. Vater erhielt<sup>3)</sup> bei schichtenweise wechselnder Aufgabe von 60% Steinkohle und 40% sächsischer Rohbraunkohle (mit 40% Wassergehalt) 1140 m<sup>3</sup>/t mit  $H_0 = 3250$  kcal/m<sup>3</sup>.

Verwendung von Braunkohlenbriketts an Stelle der Rohbraunkohle gestattete infolge des geringeren Wassergehaltes einen Zusatz bis 46% und auch 50% Briketts und ergab 1370 Nm<sup>3</sup>/t mit  $H_0 = 3100$  kcal bzw. bei nur 35% Braunkohlenbriketts 1400 Nm<sup>3</sup>/t von gleichem Heizwert. Weniger ausgesuchte Gasflammkohlen zu 68% mit 32% Braunkohlenbriketts gaben 1110 m<sup>3</sup>/t mit 3110 kcal/Nm<sup>3</sup>.

Die Ausbeute der mit Selbstkarburatation durch Verkracken der Schweldämpfe arbeitende Anlage in Plauen i. V.<sup>4)</sup> erreichte entsprechend höhere Heizwertausbeuten; der Garantievorsuch brachte 1492 m<sup>3</sup>/t mit dem ob. Heizwert 3485 kcal/Nm<sup>3</sup>.

Sehr aufschlußreiche Zusammenstellungen über die eingehend aufgezogenen und durchgearbeiteten Dresdener Versuche gibt W. Schroth in seinen bereits erwähnten Berichten. Als charakteristische Werte sind nachstehend einige Versuchszahlen herausgegriffen (s. Zahlentafel 1).

Von Versuch 1 zu 2 ist bei gleicher Periodenfolge die Leistung gesteigert, doch vermindert sich dadurch die Ausbeute. Versuch 3 zeigt bei verkürzter Gasezeit höhere Leistung, da die letzte Gaseminute wohl nicht mehr viel brachte, und zugleich eine höhere Gasausbeute. Bei Versuch 4 wurde mit dem Dampfschlußmelder zur Kennzeichnung des Gasungsabschlusses gearbeitet, der die Gasungen wesentlich verkürzte und dadurch zwar die Ausbeute sehr steigerte, aber durch die relative Kürzung der gesamten Gasungszeit gegenüber dem Blasen sanken Durchsatz und Gasleistung.

1) de Grahl, Wirtsch. Verw. d. Brennst., München 1921.

2) Gas- und Wasserfach 68 (1925), S. 273.

3) Gas- und Wasserfach 65 (1922), S. 543.

4) W. Müller, Gas- und Wasserfach 74 (1931), S. 173.

Zahlentafel 1.

Versuchsergebnisse in den Jahren 1927—29 am Dresdener 3 m-Generator mit aufgesetztem, dreigeteiltem Schwelgeschacht.

Kohle: Hedwigswunsch (7200—7300 kcal/kg).

Versuch	1	2	3	4
Jahr	1927	1928	1928	1929
Blasen: Gasen . . . . . min	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> : 5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> : 5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> : 4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> : Melder
Temperaturen:				
Überh. Rostdampf . . . . . °C	450—620	400—450	400—500	400—500
Im Ringraum . . . . . °C	800—900	700—850	720—800	740
Durchsatz . . t/24 h u. Generator	25,5	31,8	34,4	19,5
Leistung . . m <sup>3</sup> /24 h »	35100	41200	49400	29050
Gasausbeute . . . . . m <sup>3</sup> /t	1380	1292	1438	1511
ob. Heizwert . . . . . kcal/Nm <sup>3</sup>	3205	3160	3110	3130
Heizwertzahl Rohkohle. kcal/kg	4116	3722	4012	4400
Als Gas gewonnen . . . . . %	57,3	51,6	55,1	60,4

Zahlentafel 2.

Betriebsergebnisse im Jahre 1933 am Dresdener 3 m-Generator mit eingehängter Schwelglocke (Bauart Abb. 6) mit stückigen und feinkörnigen, stärker backenden Kohlen und Kohlemischungen.

Versuch	1	2	3	4	5	6	7
Kohlekörnig mm	40/60	40/60	40/60	10/15	75% <sub>0</sub> 10/15 25% <sub>0</sub> 0/10	50% <sub>0</sub> 10/15 50% <sub>0</sub> 0/10	80% <sub>0</sub> 0/10 20% <sub>0</sub> Koks-Grus
Flücht. Bestandt. %	32,9	35,6	35,0	32,2	32,8	32,2	25,6
Meurice-Zahl (vgl. S. 5)	16	16	16	14	14/19/20	14/19/20	19/20/0
Blasen: Gasen. min	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> : 8	1: 5	1: 3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1: 3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1: 5	1: 5	1: 5
Temp. Ringraum °C	820	820	840	850	840	875	890
Durchsatz t/24 h/Gen.	20,2	21,4	30,3	29,4	20,9	19,5	15,6
Leistung t/24 h/Gen.	28580	29580	39540	36900	25610	24710	20380
Gasausbeute . m <sup>3</sup> /t	1410	1380	1306	1268	1225	1288	1307
ob. Heizwert kcal/Nm <sup>3</sup>	3018	3090	2972	3085	3080	3130	3020
Heizwertzahl (Rohkohle) kcal/kg	3985	3970	3617	3640	3520	3760	3682
als Gas gewonnen %	53,4	53,0	48,4	52,2	49,6	52,4	52,8

Versuch 1—3 zeigt die Auswirkung der Gasezeitänderung; mit Verkürzung des Gasens steigen naturgemäß Durchsatz und Leistung, aber Ausbeute, Heizwertzahl und Vergasungswirkungsgrad gehen zurück. Die folgenden Versuche wurden mit zunehmender Kornverkleinerung durchgeführt, besonders mit zunehmendem Anteil an Staubkohlenzusatz. Mit



dem stärkeren Widerstand der dichteren Generatorfüllung fallen Durchsatz und Leistung wesentlich. Die Ausbeute bleibt aber in ähnlicher Größenordnung. Mit stark backender Kohle und magerndem Koksgruszusatz geht die Leistung und die Heizwertzahl natürlich noch weiter zurück (entsprechend dem geringen Gasgehalt der Mischung), aber Ausbeute, Heizwertzahl und Vergasungswirkungsgrad sind noch recht gut.

Diese Betriebsversuche zeigen besonders deutlich, wie unabhängig die Betriebsmöglichkeit eines gut durchgebildeten Doppelgaserzeugers von der Kohlensorte ist.

Die Anlage in Hettstedt (vgl. S. 13) erzeugte mit 120 m<sup>3</sup>/h und einer Gasausbeute von 740 bis 750 m<sup>3</sup>/t aus gasreicher Kohle ein Doppelgas mit 3850—3950 kcal/m<sup>3</sup> ob. Heizwert.

Auch die Gasbeschaffenheit zeigt sich entsprechend den je nach Betriebsart und Kohle verschiedenen Heizwerten sehr unterschiedlich.

### Zahlentafel 3.

Gasbeschaffenheit von Doppelgasen (Kohlenwassergase) aus verschiedenen Anlagen.

ob. Heizwert kcal/Nm <sup>3</sup>	2800	2970	3020	3080/90	3130	3160	3205	3540 (Plauen)	3950 (Hettstedt)
% CO <sub>2</sub>	11,7	5,4	6,1—6,2	5,4—6,0	5,6	5,4	4,6	3,4	4,8—5,8
% skW	0,4	0	0	0—0,2	0,2	0,1	0	1,2	1,4—2,0
% O <sub>2</sub>	0,3	0	0	0	0	0	0	0,1	0
% CO	21,2	33,2	32,1—33,5	32,5—33,0	32,8	34,5	35,7	37,3	30,8—33,2
% H <sub>2</sub>	52,3	45,3	46,2—46,6	46,8—48,9	47,4	51,6	47,9	47,8	40,0—41,0
% CH <sub>4</sub>	4,1	5,1	4,1—5,2	5,3—5,7	5,9	4,8	5,3	6,7	14,0—14,6
% N <sub>2</sub>	10,0	11,0	8,5—11,5	7,4—8,5	8,1	3,6	6,5	3,5	5,2—6,0
Dichte- ver- hältnis	0,547	—	—	—	—	0,52	—	0,56	0,57

Die Verwendbarkeit des Kohlenwassergases ist öfters umstritten. Der Grundgedanke, die Erzeugung eines unmittelbar abgabefähigen Stadtgases hat sich nicht nur hinsichtlich des Heizwertes als praktisch nicht erreichbar erwiesen, sondern die Hauptschwierigkeit liegt immer in dem zu hohen Dichteverhältnis. Als Zusatzgas ist Doppelgas aber gut verwendbar, und dann wirkt sich das höhere Dichteverhältnis nicht so stark aus. G. Vater<sup>1)</sup> erhielt bei hohem Doppelgaszusatz von bis zu 50% noch ein Mischgas, das eben noch den Gasbeschaffenheitsrichtlinien (Dichteverhältnis unter 0,5) entsprach.

Die Beschaffenheit der Blasegase wurde auch von W. Schroth untersucht<sup>2)</sup>. Entsprechend der hohen Reaktionsfähigkeit des gebildeten

<sup>1)</sup> Gas- und Wasserfach 68 (1925), S. 275.

<sup>2)</sup> Gas- und Wasserfach 73 (1930), SH. S. 18.

Schwelkokses steigt der Kohlenoxydgehalt schnell an und auch Wasserstoff ist in ihm vorhanden. Im Durchschnitt einer Blasezeit, ergab sich z. B.

bei 75"-Blasen: 13,5% CO<sub>2</sub>, 9,9% CO, 2,9% H<sub>2</sub>,  
 » 90"- » : 11,2% CO<sub>2</sub>, 14,8% CO, 6,3% H<sub>2</sub>.

Diese Zusammensetzungen zeigen die dringende Notwendigkeit, nicht nur die Blasegaswärme überhaupt weitgehend auszunützen, sondern vor allem auch die abziehende Wärme durch die Dampfüberhitzung möglichst für die Vorgänge im Generator wiederzugewinnen.

Der Dampfverbrauch wird von G. Vater<sup>1)</sup> mit 229—209 kg je 1 Mio. kcal angegeben, das sind etwa 0,7—0,65 kg Dampf je m<sup>3</sup> Doppelgas von 3100 kcal.

Der anfallende Teer ist nach der Art seiner Gewinnung ein Schwelteer oder Urteer. Seine Menge und Beschaffenheit, die natürlich auch von der Kohle mit abhängt, ist in den betriebenen Doppelgasanlagen nicht immer zu ermitteln gewesen, wenn keine getrennte Kondensation vorhanden war. H. Strache gab bei guten gasreichen Kohlen einen Anfall von 7,6% an<sup>2)</sup>, der sehr hoch erscheint. Vater schloß aus der Veränderung des Gesamtanfalles gegenüber reinem Vertikalofenbetrieb auf wenigstens 6% Doppelgasteer, auch nach W. Schroth ist sie höher als bei Entgasung der gleichen Kohle im Ofen.

Zur Teerbeschaffenheit gibt W. Schroth<sup>3)</sup> an, daß Doppelgasteer wenig Pech, viel Phenol und etwas Paraffin enthält. Die Teeranalyse war mit Schwankungen je nach der Kohle:

—	bis 150°	. . . . .	2	bis	7%
150	» 200°	. . . . .	0,04	»	0,6%
200	» 250°	. . . . .	9	»	17%
250	» 300°	. . . . .	15	»	17%
300	» 360°	. . . . .	42	»	52%
	Rückstand	. . . . .	14	»	21%
	Phenole	. . . . .	33	»	42%
	Paraffin	. . . . .	2,2	»	3,3%

Die Ammoniakausbeute erwies sich nach Angabe von G. Vater aus der prozentualen Zunahme des Gesamt-Rohwassers als höher gegenüber Vertikalofen-Naßbetrieb. Auch Untersuchungen des Gasinstituts an einer Dingerschen Doppelgasanlage (Erlangen) verzeichneten eine um 20% höhere Ausbeute an Ammoniak.

Der Stromverbrauch der Doppelgasanlage soll bei rd. 1 kWh je 100 m<sup>3</sup> liegen. Über den Koksanfall bei der Mischgasherstellung mit oder ohne Doppelgaszusatz sind sehr verschiedene Ansichten geäußert worden.

<sup>1)</sup> Gas- und Wasserfach **68** (1925), S. 275.

<sup>2)</sup> de Grahl, Wirtsch. Verwertg. d. Brennst. München 1921.

<sup>3)</sup> Gas- und Wasserfach **73** (1930), S. 546.

Im allgemeinen wird behauptet, daß durch die restlose Vergasung, also unmittelbare Koksverwendung, weniger Koks anfällt. Demgegenüber errechnet E. Körting<sup>1)</sup> durch Vergleich der Mischgasherstellung aus Ofengas mit Wassergas und Ofengas mit Doppelgas, daß bei gleichem Mischgasheizwert und auch sonst übereinstimmenden Voraussetzungen die Erzeugung der gleichen Mischgasmenge bei Doppelgasverwendung einen Koxsmehranfall von 23% gegenüber der Arbeitsweise mit Wassergas ergibt. G. Vater<sup>2)</sup> bestätigt nach den Ergebnissen der Chemnitzer-Anlage den Koxsmehranfall, aber geringer als 23%.

### 6. Wärmebilanz, Wirkungsgrad, Wirtschaftlichkeit.

In der Wärmebilanz wirkt sich natürlich die erwähnte Tatsache aus, daß die Trennung der Vorgänge der Entgasung und Vergasung nicht restlos möglich ist. Dadurch und durch die stärkere Reaktionsfähigkeit

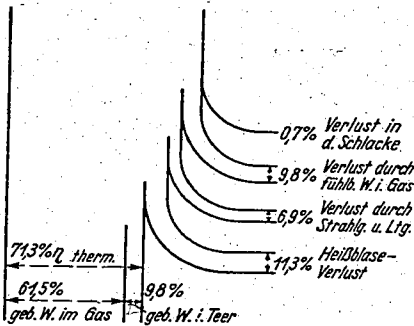


Abb. 7. Wärmestrombild eines Doppelgas-erzeugers (Chemnitz) ohne Abhitzeverwertung.

des abgeschwulsten Kokes ist der Blasegasverlust höher. So zeigt die Chemnitzer Anlage nach ihrem ersten Ausbau<sup>3)</sup> das folgende Wärmestrombild (Abb. 7) mit einem Vergasungswirkungsgrad von 61,5%. Der Verlust in der fühlbaren Wärme des mit 165° abziehenden Doppelgases kann nach Vater nicht verringert werden, weil anderenfalls die Schwelung und Trocknung benachteiligt würden. An diesem Verlust ist auch der Abgang an unzersetztem Dampf beteiligt; die Einschränkung des Dampfzusatzes erwies sich aber als

betriebllich nicht tragbar. Nur durch Ausnutzung der Blasegase würde eine Erhöhung des einschließlich des Teeranfalles 71,3% betragenden thermischen Wirkungsgrades noch für möglich gehalten.

Die Dresdener Doppelgasgeneratoren erreichten Vergasungswirkungsgrade von 55 bis 60% (vgl. Zahlentafel 1, S. 17), bei Vergasung billigerer und feinkörnigerer Kohlen 50—55% (vgl. Zahlentafel 2, S. 17).

Die Wirtschaftlichkeit der Doppelgaserzeugung ist eine sehr umstrittene und von den Gegnern des Verfahrens besonders abgelehnte Frage<sup>1)</sup>. Sie ist selbstverständlich außer vom örtlichen Brennstoffpreis und der Ausbeute des betreffenden Betriebes auch von der Marktlage der Nebenerzeugnisse abhängig. Den Berechnungen werden, da die Gas-aufbereitung praktisch die gleiche ist wie für andersartige Gaserzeugung,

<sup>1)</sup> Gas- und Wasserfach 68 (1925), S. 273.

<sup>2)</sup> Gas- und Wasserfach 68 (1925), S. 275.

<sup>3)</sup> G. Vater, Gas- und Wasserfach 66 (1923), S. 645.

die Nettokohlenkosten oder ungedeckten Kohlenkosten (Vergasungsstoff-Kaufpreis, abzüglich Nebenerzeugnisse-Einnahmen) zugrunde gelegt.

Verglichen wird dann a) die Herstellung von Kohlengas in Entgasungsöfen und von Wassergas in getrennter Anlage, b) die Herstellung einer entsprechend geringeren Kohlengasmenge und des zugehörigen Doppelgases, beide bezogen auf gleichen Mischgasheizwert von 4200 kcal/Nm<sup>3</sup>.

Eine besonders übersichtliche Berechnung hierzu, die infolge der darin gegebenen Mengen- und Preisangaben Vergleichsberechnungen für anders gelagerte örtliche Verhältnisse zuläßt, gibt G. Vater<sup>1)</sup>.

#### Zahlentafel 4.

### Gestehungskostenvergleich für Mischgasherstellung mit Wassergas oder Doppelgas.

	Mischgas aus Kohlengas u. Wassergas		Mischgas aus Kohlengas u. Doppelgas	
Ausgaben:		RM.		RM.
Gaskohlen . . . . .	197 kg 2,80 RM. % kg	5,52	167 kg 2,80 RM. % kg	4,68
Magerkohlen . . . . .	—	—	20 kg 2,605 RM. % kg	0,52
Braunkohlen-Briketts	—	—	17 kg 1,51 RM. % kg	0,26
Dampf . . . . .	40 kg 0,30 RM. % kg	0,06	32 kg 0,30 RM. % kg	0,10
		<u>5,58</u>		<u>5,56</u>
<b>Einnahmen:</b>		RM.		RM.
Verkäuflicher Koks . . . . .	81 kg 2,30 RM. % kg	1,86	92 kg 2,30 RM. % kg	2,12
Steinkohlenteer . . . . .	9,9 kg 5,— RM. % kg	0,50	8,3 kg 5,— RM. % kg	0,42
Doppelgasteer . . . . .	—	—	2,2 kg 5,— RM. % kg	0,11
Ammoniak . . . . .	0,49 kg 0,30 RM. je kg	0,15	0,42 + 0,28 kg 0,30 RM. je kg	0,21
Rohbenzol . . . . .	1,97 kg 0,10 RM. je kg	0,20	1,67 kg 0,10 RM. je kg	0,17
		<u>2,71</u>		<u>3,03</u>
<b>Netto-Kohlenkosten für 100 m<sup>3</sup> Mischgas . . . . .</b>		<b>RM. 2,87</b>		<b>RM. 2,53</b>

Verschiedene andere Angaben im Schrifttum bestätigen ebenfalls eine niedrigere Kostenlage der Doppelgas-Mischgaserzeugung (65—90%

<sup>1)</sup> Gas- und Wasserfach 68 (1925), S. 275.

der Wassergas-Mischgaserzeugung), die aber, was zuzugeben ist, nicht unter allen Betriebsvoraussetzungen erreichbar ist und sich auch am gleichen Ort durch Marktpreisänderungen verschieben kann.

An Stelle dieser Berechnungsart können auch die Erzeugungskosten für eine Kalorienmenge nach verschiedenen Arbeitsweisen verglichen werden. So stellt G. Vater gegenüber<sup>1)</sup>

Kosten für 10000 kcal aus der Retorte . . . . .	5,23 RM.
» » 10000 » » » Doppelgasanlage . . . . .	3,84 »

### 7. Zusammenfassung.

Die Erzeugung eines Mischgases in einem Arbeitsgange an Stelle der in der Gasindustrie sonst üblichen Verfahren — in getrennten Anlagen oder wie beim Vertikalofen-Naßbetrieb in zeitlicher Aufeinanderfolge — ist trotz vieler darauf verwandter Mühe nicht erreicht worden. Dagegen ist die Erzeugung eines heizwertkräftigen Beimischungsgases, das besonders zur Spitzendeckung sehr wertvoll sein kann, in mehreren neuzeitlichen Ausführungsformen zu einer vollendeten Durchbildung gelangt. Anlagen dieser Art sind auch heute noch in Betrieb und werden ihren Wert selbst in Fällen behalten, wo die Wirtschaftlichkeitsberechnung keinen oder geringen Vorteil zeigt, dagegen die Betriebsbereitschaft, die zahlenmäßig geringe Bedienung und der geringe Platzbedarf betrieblich wichtig sind.

<sup>1)</sup> Gas- und Wasserfach 65 (1922), S. 543.