

30810

3

Die Druckvergasung fester Brennstoffe mit Sauerstoff

Von Dr. Ing. Friedrich Danulat, Frankfurt a. M.

Sonderdruck aus Heft 13
der „Mitteilungen aus dem
Arbeitsbereich der Metall-
gesellschaft Frankfurt a. M.“

Die Druckvergasung fester Brennstoffe mit Sauerstoff.

Von Dr. Ing. Friedrich Danulat, Frankfurt a. M.

Einführung.

Das Gas als Brennstoff ist der begehrte Wärmeenergieträger für Industrie, Gewerbe und Haushalt. Das ursprüngliche Verfahren der Gaserzeugung war das der Entgasung der Kohle durch Erhitzen unter Luftabschluß, wobei man neben einem hochwertigen Gas (ob. Heizwert $H_o = 4000-5500 \text{ kcal/Nm}^3$) den Koks erhielt. Das Bestreben, den festen Brennstoff restlos in Gas umzuwandeln, führte zu den Verfahren der Vergasung der Kohle. Durch Vergasung mit Luft gelang es, ein stickstoffhaltiges Gas geringen Heizwerts zu erzeugen ($H_o = 1000$ bis 1500 kcal/Nm^3). Der Wassergasprozeß, bei dem die Vergasung des Brennstoffs im Wechsel mit Luft und Wasserdampf erfolgt, ermöglichte es, den Luftstickstoff aus dem erzeugten Gas zu halten und diesem dadurch einen höheren Heizwert zu geben ($H_o = 2500-3000 \text{ kcal/Nm}^3$). Der Zusatz von aus Koks erzeugtem Wassergas zum reinen Entgasungsgas der Kohle erlaubte es, die Gasausbeute bei unwesentlicher Senkung des Gasheizwertes zu steigern und damit Gas- und Koksausbeute mehr in ein den Absatzmöglichkeiten beider Erzeugnisse entsprechendes Verhältnis zu bringen. Mit Rücksicht auf den erforderlichen hohen Gasheizwert blieb die Stadtgaserzeugung an das Verfahren der Entgasung der hochwertigen Steinkohle und der zusätzlichen Wassergaserzeugung aus Koks gebunden, während sich die Luftvergasung in ihrer Anwendung auf die Eigenversorgung industrieller Betriebe beschränkte, bei der die Verwendung innerhalb des Werkes einen niedrigen Gasheizwert zuließ. Der Gaserzeugungstechnik erstrebenswert blieb ein Verfahren der restlosen Umwandlung des festen in den hochheizkräftigen, gasförmigen Brennstoff von der Beschaffenheit des Stadtgases.

Die großindustrielle Auswertung der Verfahren der chemischen Synthese stellte der Gaserzeugungstechnik erstmals die Forderung, Gase bestimmter, für die Synthese geeigneter Zusammensetzung zu erzeugen. Für die Ammoniaksynthese und die Synthese flüssiger Treibstoffe nach dem I. G.-Bergius- und dem Fischer-Tropsch-Verfahren werden wasserstoffreiche Gase benötigt, für deren

Erzeugung anfänglich der Wassergasprozeß trotz der Nachteile einer un stetigen Betriebsweise und der Verwendung hochwertiger Brennstoffe geeignet schien.

Als Linde¹⁾ um die Jahrhundertwende das Verfahren der Zerlegung der Luft in ihre Bestandteile Sauerstoff und Stickstoff entwickelte, schlug er vor, den so erzeugten Sauerstoff für die Vergasung der Kohle zu verwenden, um ein stetig arbeitendes und damit vollkommeneres Verfahren an die Stelle des Wassergasprozesses zu setzen. Aus vielen Gründen konnte damals die Verwirklichung dieses Vorschlages nicht in die Praxis umgesetzt werden. Erst Drawe²⁾ übersah mit einem durch die folgende Entwicklung der Technik geweiteten Blick von neuem die Möglichkeiten der Verwendung des Sauerstoffs als Vergasungsmittel und erbrachte im Jahre 1927 in einer technischen Apparatur den Beweis, daß auf dem von ihm vorgeschlagenen Wege ein stickstoffreies Gas bei restloser Vergasung des Brennstoffs gewonnen werden konnte. Im Anschluß an diese Vorarbeiten beschäftigte sich die Lurgi Gesellschaft für Wärmetechnik³⁾ weiter mit dem Verfahren. Ihr gelang es, im Jahre 1930 das Verfahren der Brennstoffvergasung mit Sauerstoff unter hohem Druck zu entwickeln und nach eingehenden Vorversuchen in einer betriebsmäßig arbeitenden Versuchsanlage zu zeigen, daß es möglich war, direkt ein für die Städteversorgung geeignetes Gas herzustellen. Weitere erfolgversprechende Arbeiten befaßten sich mit der Erzeugung von Synthesegas nach dem gleichen Verfahren.

¹⁾ Gesellschaft für Linde's Eismaschinen, Wiesbaden, DRP. Nr. 108 158 vom 21. Mai 1898.

²⁾ Drawe, Hochwertiges Gas und flüssige Brennstoffe als Endziel der Kohleveredelung, Gas- und Wasserfach 69 (1926) S. 1013-1015.

Drawe, Neue Wege der Schwelung und Vergasung, Gas- und Wasserfach 70 (1927) S. 904 und Braunkohle 26 (1927) S. 573.

³⁾ Drawe, Starkgas durch Brennstoffvergasung mit Sauerstoff, Gas- und Wasserfach 76 (1933) S. 541-545.

Hubmann, Erzeugung von wasserstoffreichem Gas für Städteversorgung und Synthese, Mitteilungen aus dem Arbeitsbereich der Metallgesellschaft A.-G., Nr. 8 (1933).

Das Verfahren.

Die Arbeitsweise des Verfahrens ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. In einer Trennanlage wird die atmosphärische Luft in ihre Bestandteile Sauerstoff und Stickstoff zerlegt und anschließend der Sauerstoff auf etwa 20 atü verdichtet. Gleichzeitig wird Dampf gleichen Druckes erzeugt, den man auf 500° C überhitzt. Sauerstoff und

gelang die Schleusen so durchzubilden, daß die Kohle trotz des hohen Druckes in der üblichen Weise in den Gaserzeuger eingebracht werden kann, so daß ihre Vergasung kontinuierlich erfolgt. Von dem Gaserzeuger strömt das Rohgas zur Kondensationsanlage, in der stufenweise die in dem Gas enthaltenen Teere und Öle und ferner der Wasserdampf niedergeschlagen werden. Mit einer Temperatur von 20—30° C verläßt das Gas die Kühler,

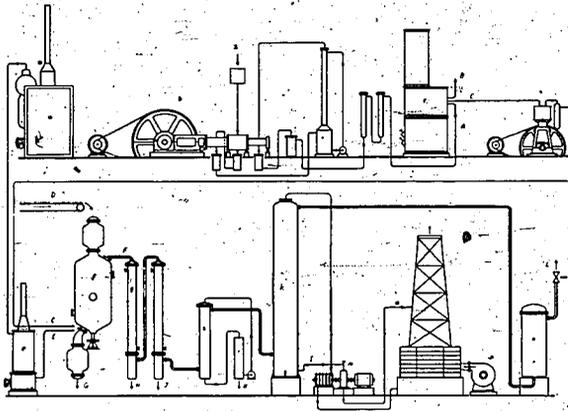


Bild 1: Erzeugung von wasserstoffreichem Gas für Städteversorgung und Synthese nach dem Lurgi-Druckvergasungsverfahren.

A Luft	G Asche	a Dampfkessel	l Abteller
B Stickstoff	H Teer	b Luftverdichter	k Druckwasserwäscher
C Sauerstoff	J Mittelöl	c Trennapparat	l Pumpe
D Brennstoff	K Benzin	d Sauerstoffverdichter	m Turbine
E Dampf	L Reingas	e Dampfüberhitzer	n Entgasungsturm
F Rohgas		f Gaserzeuger	o Restentschwefelung
		g Kühler	p Luftgebläse
		h Benzinwascher	

überhitzter Dampf werden gemischt und als Vergasungsmittel in den Gaserzeuger eingeleitet, in dem die Vergasung unter einem Druck von etwa 20 atü durchgeführt wird. Der Gaserzeuger ist ein druckfester, innen ausgemauert Behälter, der aus Sicherheitsgründen einen wassergekühlten Mantel besitzt. An ihn schließen sich die Schleusen für das Einbringen der Kohle und das Ausbringen der Asche an. Das Brennstoffbett ruht, wie dies auch bei den normalen Gaserzeugern der Fall ist, auf einem drehbaren Rost, dessen Umlaufgeschwindigkeit die ausgetragene Aschenmenge bestimmt. Es

um in einem Waschturm durch Waschöl von Gasbenzin befreit zu werden. Das Abreiben des aufgenommenen Benzins aus dem Waschöl geschieht durch Destillation unter atmosphärischem Druck; eine Hochdruckpumpe fördert das Waschöl wieder im Kreislauf zu dem Waschturm zurück. Auf die Kühlung des Gases und die Abscheidung der kondensierbaren Stoffe aus ihm folgt eine Druckwasserwäscher, die die Kohlensäure und den größten Teil des Schwefelwasserstoffs aus dem Gas entfernt. Das Wasser wird hierbei im Kreislauf geführt und zunächst durch eine Hochdruckpumpe auf den

D R U C K V E R G A S U N G M I T S A U E R S T O F F

Waschturm gefördert. In Berührung mit dem Gas nimmt es aus diesem die Kohlensäure und den Schwefelwasserstoff auf. Es wird dann über eine Turbine auf atmosphärischen Druck entspannt, zur Regeneration in einem Turm belüftet und kehrt über die Hochdruckpumpe zum Waschturm zurück. Die Gasreinigung endet in einer Trockenreinigung mit Raseneisenerz, die die restlichen Schwefelwasserstoffspuren aus dem Gase nimmt. Unter dem Vergasungsdruck wird das Reingas seiner weiteren Verwendung zugeführt. Das bei der Druckwasserwäsche anfallende kohlensäurehaltige Gas wird mit dem Entspannungsgas der Kohlenschleuse vermischt und dient zur Überhitzung des Vergasungsdampfes.

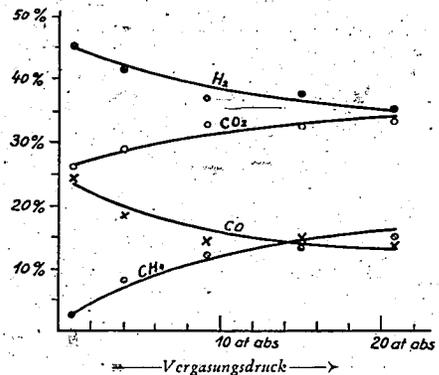
Das Verfahren der Hochdruckvergasung hat hinsichtlich des eigentlichen Vergasungsvorganges gegenüber den älteren Gaserzeugungsverfahren die folgenden besonderen Merkmale:

Bei Vergasung eines festen Brennstoffs mit einem Sauerstoff-Wasserdampfgemisch entstehen als Reaktionsprodukte: Kohlenoxyd, Wasserstoff, Kohlensäure und Methan, während ein Teil des Wasserdampfes unzersetzt bleibt. Das Verhältnis der Reaktionsprodukte zueinander ist wesentlich bedingt durch Reaktionsdruck, -Temperatur und -Zeit. Abgesehen von der durch die Anwendung des Sauerstoffs gegebenen Entfernung des Stickstoffs aus dem Gas wird also die Gaszusammensetzung in weiten Grenzen regelbar durch den Vergasungsdruck, den Wasserdampfzusatz im Vergasungsmittel und die Schachtbelastung. Diese Abänderungsmöglichkeiten in der Betriebsweise des Verfahrens gestatten es, sowohl heizkräftige Gase für die Stadtgaserzeugung als auch Gase bestimmter Zusammensetzung für die Synthese zu erzeugen. Der erhöhte Vergasungsdruck bewirkt gegenüber atmosphärischer Vergasung allgemein eine Verschiebung der Gasgleichgewichte derart, daß die mehratomigen Gase bevorzugt gebildet werden.

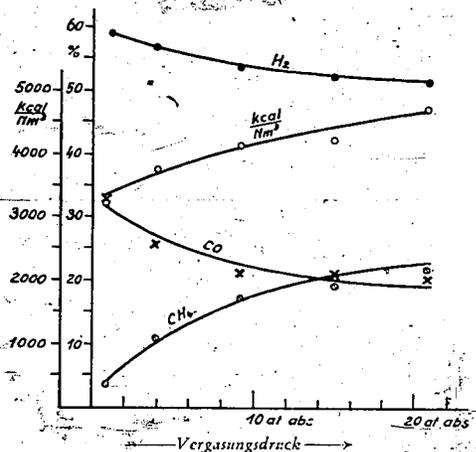
Nach dem Verfahren zur Stadtgaserzeugung wird der Vergasungsprozeß unter hohem Druck bei ausreichendem Wasserdampfzusatz im Vergasungsmittel so geführt, daß neben Kohlenoxyd und Wasserstoff bevorzugt Methan und Kohlensäure entstehen (siehe Abbildung 2). Die freiwerdende Wärme der exothermen Bildungsreaktionen des Methans und der Kohlensäure wirken sich in einer Verminderung des für die Vergasung benötigten Sauerstoffs aus, so daß der Sauerstoffbedarf nur

etwa 60 % des bei atmosphärischem Druck erforderlichen Bedarfs beträgt.

Mit dem Verfahren wurde erstmals die Möglichkeit der Methansynthese im Vergasungsprozeß bewiesen und diese Synthese selbst nutzbar gemacht. Sie steigert den Gasheizwert so weit, daß man nach der Entfernung der Kohlensäure ein dem Stadtgas gleichwertiges Gas erhält. Das lang erstrebte Ver



Zusammensetzung des Rohgases in Abhängigkeit vom Vergasungsdruck



Zusammensetzung und Verbrennungswärme des Reingases in Abhängigkeit vom Vergasungsdruck

Bild 2: Einfluß des Vergasungsdruckes auf die Gasbildung.

fahren der reinen Gaserzeugung, der restlosen Vergasung des festen in den hochwertigen, gasförmigen Brennstoff ist damit gegeben.

Eine geänderte Betriebsweise des Verfahrens gestattet es ferner, für die Synthese geeignete Gase herzustellen. Steigert man bei mittlerem Druck und hoher Gaserzeugungsleistung den Wasserdampfzusatz über eine gewisse Grenze, so sinken die Temperaturen der Vergasung so weit, daß die Kohlenoxydbildung verringert wird und gleichzeitig wegen mangelnder Reaktionsfähigkeit auch die Methanbildung stark abfällt. Der Kohlenoxyd- und Wasserstoffgehalt des Gases wird durch die dem Verfahren gegebenen Möglichkeiten so weitgehend beeinflussbar, daß das Kohlenoxyd-Wasserstoffverhältnis in den Grenzen 1:2 bis 1:4,5 geändert werden kann. Damit entstand ein dem Wassergasprozeß in vielem überlegenes Verfahren der Synthesegaserzeugung.

Die Stadtgaserzeugung.

Im Jahre 1936 wurde im Auftrage der A.-G. Sächsische Werke, die bei der praktischen Verwirklichung des Verfahrens von Anfang an mitgearbeitet hat, eine erste Betriebsanlage errichtet. In dieser Anlage wird Braunköhle restlos zu einem normgerechten Stadtgas vergast, das in einer Fernleitung unter dem Erzeugungsdruck nach der Stadt Zittau (40 000 Einwohner) geleitet und dort an Stelle des früher verwendeten Steinkohlengases für die Gasversorgung verwendet wird. Die Anlage, deren Jahresleistung 3,7 Mill. m³ Stadtgas beträgt, zeigt Abbildung 3.

Sie besteht aus zwei Gaserzeugern von je 1,2 m Schachtdurchmesser. Der Betriebsdruck, unter dem die Vergasung erfolgt, beträgt 20 atü; unter dem gleichen Druck wird das Gas gereinigt. Der für die Vergasung verwendete Sauerstoff wird von der Luftzerlegungsanlage eines Kalkstickstoff-Werkes geliefert, mit Kompressoren von der Gasanlage angesaugt und auf den Druck von 20 atü verdichtet. Vor seinem Eintritt in den Gaserzeuger wird er mit überhitztem Dampf gemischt. Für die mittlere Tagesleistung von rund 10 000 m³ ist der Betrieb eines Gaserzeugers ausreichend, der mit etwa $\frac{2}{3}$ -Last gefahren wird. Die angeschlossene Kondensationsanlage entspricht in ihrem Aufbau der oben ange-

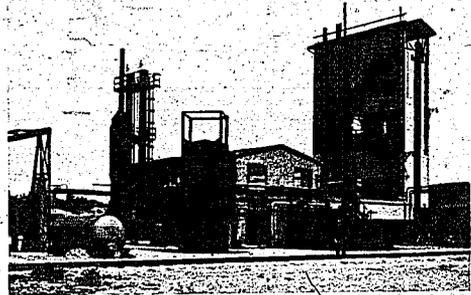


Bild 3: Gasanlage der A.-G. Sächsische Werke - Landesenergieversorgung.

gebenen schematischen Darstellung des Verfahrens (Bild 1). Die Gaserzeuger sind in einem besonderen Gebäude aufgestellt, Getrennt von diesem liegt das Maschinenhaus, in dem sich die Maschinen für die Verdichtung des Sauerstoffs und ferner die der Druckwasserwäsche befinden. Im Freien stehen die Waschtürme der Druckwasserwäsche und die Druckbehälter der Trockenreiner. Durch den hohen Druck, unter dem der Vergasungsprozeß und die anschließende Reinigung durchgeführt wird, erhält die Anlage im Vergleich zu der Bauweise normaler Gaserzeugungsanlagen sehr kleine Abmessungen. Für ihre Bedienung sind vier Mann ausreichend. Einzelteile der Anlage zeigen die Abbildungen 4 und 5.

Die bei dem Abnahmeversuch mit der Anlage erzielten Ergebnisse sind in der folgenden Aufstellung angegeben:

Ergebnis des Leistungsversuchs:

A. Allgemeines.

I. Kohle (Braunkohlen-Trockenknorpel).

I. Schwelanalyse:	in %
Teer	10,2
Schwelwasser	7,4
Feuchtigkeit	27,4
Koks	44,9
Gas + Rest	10,1

 DRUCKVERGASUNG MIT SAUERSTOFF

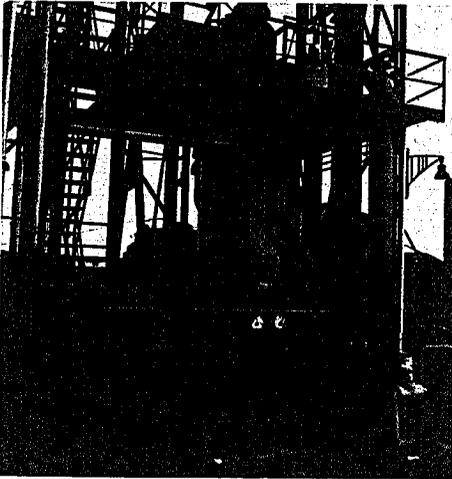


Bild 4: Druckgaserzeuger.

2. Allgemeine Zusammensetzung: in %	
Brennbare Substanz	67,5
Asche	5,1
Wasser	27,4
3. Elementaranalyse: in %	
Kohlenstoff	50,30
Wasserstoff	3,45
Schwefel (brennbar)	0,70
Sauerstoff + Stickstoff	14,74
Asche	5,21
Wasser	25,60
4. Siebanalyse: in %	
5 mm	39,2
2 — 5 mm	56,8
1 — 2 mm	2,5
0,5 — 1 mm	0,7
0,5 mm	0,8
5. Heizwert:	
H _o	4730 kcal/kg.
H _u	4390 kcal/kg.
6. Vergaste Kohlenmenge: 21 500 kg/24 Std.	
7. Schachtbelastung: 746 kg/qm u. Std.	

II. Rohgas:

1. Analyse:	in %
CO ₂ + H ₂ S	30,6
C _n H _m	0,6
O ₂	0,1
CO	16,5
H ₂	34,0
CH ₄	16,3
N ₂ + Rest	1,9
2. Schwefelwasserstoffgehalt:	0,45 Vol. %

III. Stadtgas.

1. Analyse:	in %
CO ₂	3,0
C _n H _m	0,5
O ₂	0,1
CO	22,8
H ₂	48,7
CH ₄	22,6
N ₂ + Rest	2,3
2. Oberer Heizwert des Gases: 4280 kcal/Nm ³	
3. Spez. Gewicht (bez. auf Luft = 1): 0,448	
4. Schwefelwasserstoff: 0,0 gr/100 Nm ³	
5. Ammoniak: 0,28 gr/100 Nm ³	
6. Erzeugte Gasmenge: (0°, 760)	
	16 020 Nm ³ /24 Std.

B. Leistungsziffern.

I. Gasausbeute (reduziert auf 4200 kcal/Nm ³)	
1. Gasausbeute je t Trockenkohle:	760 Nm ³ /t Kohle
2. Gasausbeute je t Reinkohle:	1128 Nm ³ /t Kohle
II. Sauerstoffverbrauch: 0,15 Nm ³ /Nm ³	
III. Dampfverbrauch: 1,01 kg/Nm ³	
IV. Teerausbeute: 72 %	

C. Sonderbestimmungen.

1. Schwefelwasserstoffgehalt nach der Druckwasserwäsche und vor der Schwefel-Reinigung	0,15 gr/100 Nm ³
2. Stickoxyd im Stadtgas	0,052 cm ³ /Nm ³
3. Gesamtschwefel im Stadtgas: 1,0 gr/100 Nm ³ (hauptsächlich organ. Schwefel)	

Die auf Grund der vorstehenden Zahlen aufgestellte Wärmebilanz zeigt folgende Aufteilung:

Wärmebilanz des Verfahrens.

A. Eingebachte Wärme:		in %
1. In der Kohle	89,9	
2. Im Satttdampf	10,1	
		100,0
B. Ausgebrachte Wärme:		in %
1. Chem. gebundene Wärme im Stadtgas	62,2	
2. Im Teer + Benzol	14,3	
3. Phenole im Gaswasser	0,9	
4. Unverbranntes in Asche	0,4	
5. Dampferzeugung im Kühlmantel	0,6	
6. Fühlbare Wärme des Gases u. Wärmeverluste	16,2	
7. Verluste im Dampfüberhitzer und Belüftungsturm	5,4	
		100,0

Der Wirkungsgrad der Brennstoffumsetzung wird

$$\frac{B_1 + B_2}{A_1} = 85,2 \%$$

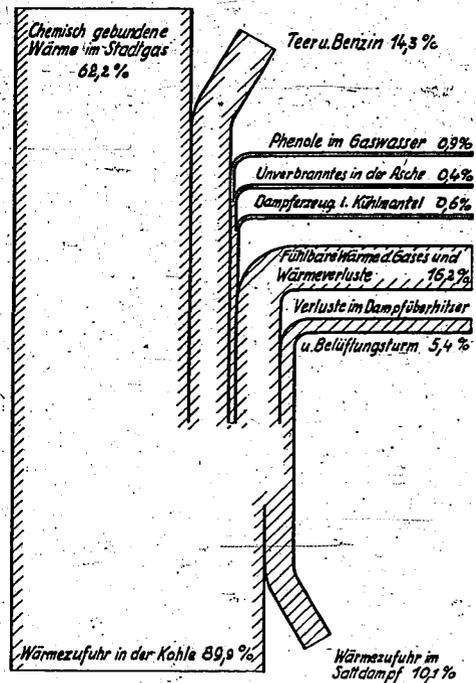


Bild 6: Wärmebilanz des Lurgi-Druckvergasungsverfahrens.



Bild 5: Aschenschleuse des Druckgaserzeugers.

Aus der vorangehenden Darstellung des Verfahrens und den Ergebnissen des Leistungsversuches mit der Betriebsanlage werden die Vorteile des neuen Verfahrens gegenüber den bisherigen Gaserzeugungsmethoden augenscheinlich.

Jeder nichtbackende Brennstoff kann unter restloser Vergasung bei hohem Wirkungsgrad in ein heizkräftiges Gas umgewandelt werden, dessen Zusammensetzung der geltenden Norm für Stadtgas entspricht. Da die Heizwertsteigerung durch die Bildung von Methan im Vergasungsprozeß erzielt wird, und diese weitgehend durch den Vergasungsdruck beeinflusbar ist, wird das Verfahren nicht auf die Verwendung von Braunkohle beschränkt, sondern es ist auch für andere Brennstoffe anwendbar. Dies beweisen weitere Versuche. Auf eine Teerkrackung zum Zwecke der Heizwertsteigerung, wie dies bei anderen Braunkohlengas-Verfahren not-

wendig ist, kann aus den gleichen Gründen verzichtet werden. Infolge des Druckes ist die Vergasung feinkörniger Kohle mit einer hohen Durchsatzleistung möglich, die das Mehrfache der bisher bei Vergasung unter atmosphärischem Druck bekannten Werte beträgt. Durch einen hohen Wasserdampfzusatz zum Vergasungsmittel erreicht man eine niedrige Vergasungstemperatur, die jegliche Gefahr einer Verschlackung beseitigt. Gleichzeitig beeinflusst dieser Wasserdampfzusatz den Vergasungsvorgang in Richtung der gewünschten Reaktionen, so daß ein wasserstoff- und methanreiches Rohgas entsteht, dessen Kohlenoxydgehalt bei einem hohen Anteil an Kohlensäure ausreichend erniedrigt wird. Da die Kohlensäureentfernung unter dem Vergasungsdruck erfolgt, sind die Kosten einer solchen Reinigung gering, so daß die mit der Bildung eines Gases gewünschter Zusammensetzung zwangsläufig verbundene Kohlensäureentwicklung den Gesamtwirkungsgrad des Prozesses nicht beeinträchtigt. Der Vorteil des Druckes macht sich weiter sowohl bei der Gaskühlung durch einen verbesserten Wärmeübergang als auch bei der Benzingewinnung durch Erleichterung der Absorption des Benzins mittels Washöl bemerkbar. Da die Vergasung kontinuierlich erfolgt, ist die Gaszusammensetzung und auch der Heizwert kaum Schwankungen unterworfen. Erstaunlich ist, daß trotz des Druckes im normalen Betrieb je nach der Belastung Teer- ausbeuten von 70—80% erzielt wurden. Die Entfernung der großen Kohlensäuremengen aus dem Rohgas bedingt die Umwälzung verhältnismäßig großer Wassermengen; damit verbindet sich der Vorteil, daß nebenbei auch der Schwefelwasserstoff weitgehend aus dem Gas entfernt wird. Bei der Beschaffenheit der vergasteten Kohle wäre eine Trockenreinigung kaum erforderlich gewesen, da bereits hinter der Druckwasserwäsche der Schwefelwasserstoffgehalt unter der zulässigen-Grenze lag, so daß nach Austritt des Reingases aus der Endreinigung ein Schwefelwasserstoffgehalt nach den üblichen Bestimmungsmethoden qualitativ nicht mehr festzustellen war. Der Gehalt des Reingases an Stickoxyd- und organischem Schwefel war unerwartet niedrig; dies ist wegen verringerter Korrosionswirkung der Verbrennungsprodukte des Gases auf die Gasgeräte besonders zu beachten. Mit der ersten Betriebsanlage wurde bewiesen, daß das Verfahren betriebssicher arbeitet und nach ihm ein

Stadtgas hergestellt werden kann, das dem bisher verwendeten, durch Verkokung von Steinkohle gewonnenen Gas gleichwertig ist.

Besondere Aussichten für die zukünftige Entwicklung hat das Verfahren in der Großgasversorgung, da sich in Anlagen größeren Ausmaßes seine Vorteile in besonderem Maße bemerkbar machen. Die Anwendung des Verfahrens auf der Basis der Braunkohle gibt die Möglichkeit, eine Großgasversorgung Deutschlands von der bisher dazu allein bestimmten Steinkohle zu lösen und unabhängig von den an den Grenzen des Reiches gelegenen Steinkohlengebieten die Gasversorgung in den zentral liegenden Landesteilen sicherzustellen. Von wesentlicher Bedeutung ist hierbei, daß die Beschränkung, die eine mit der Gaserzeugung zwangsläufig verbundene Koks- erzeugung dem Gasabsatz auferlegt, entfällt, da das Verfahren die restlose Umwandlung des festen Brennstoffs in den gasförmigen erlaubt. Die nebenbei gewinnbaren flüssigen Brennstoffe, Teer, Öl und Benzin, bieten der einheimischen Treibstoff- erzeugung eine willkommene Ergänzung.

Die Synthesegaserzeugung.

Eingangs wurde dargelegt, daß die Anforderungen der chemischen Synthese an die Gasbeschaffenheit grundsätzlich andere als die der Stadtgaserzeugung sind. Die Hydrierung fester und flüssiger Brennstoffe nach dem I.G.-Bergius-Verfahren zum Zwecke der Treibstoff- und Schmierölsynthese und auch die Ammoniaksynthese erfordern ein hochprozentiges Wasserstoffgas. Dagegen braucht die Fischer-Tropsch-Synthese ein Kohlenoxyd-Wasserstoffgemisch, dessen Gehalt an diesen Gasen in dem ganz bestimmten Verhältnis von $\text{CO}:\text{H}_2 = 1:2$ stehen muß. Für diese Synthesen gibt nun das Lurgi-Druckvergasungsverfahren die Möglichkeit der unmittelbaren Synthesegaserzeugung.

Das übliche Verfahren zur Erzeugung wasserstoffreicher Gase geht von dem bekannten Wassergasprozeß aus, der neben dem Nachteil des un stetigen Betriebes und der unumgänglichen Verwendung hochwertiger Brennstoffe den weiteren Nachteil hat, daß er ein Gas mit zu hohem Kohlenoxydgehalt ergibt. Dieses Gas, bei dem das Verhältnis $\text{CO}:\text{H}_2$ fast 1:1 beträgt, muß unter Zusatz von Wasser-

 DRUCKVERGASUNG MIT SAUERSTOFF

dampf konvertiert werden; das Kohlenoxyd und der Wasserdampf setzen sich hierbei in Wasserstoff und Kohlensäure um; letztere wird entfernt; durch Regelung der umgesetzten Kohlenoxydmenge ist es möglich, das Synthesegas der gewünschten Zusammensetzung zu erhalten.

Dem Druckgasverfahren kommt für die Synthesegaserzeugung die Möglichkeit der Beeinflussung der Gasbeschaffenheit durch den Druck zustatten. Das Verhältnis der das rohe Synthesegas bildenden Bestandteile CO , H_2 , CO_2 und H_2O wird bevorzugt von den Gleichgewichtsverhältnissen der Wassergasreaktion bestimmt. Es ist bekannt, daß diese Reaktion direkt vom Druck unabhängig ist. Dies gilt, solange man die Reaktion in reiner Gasphase durchführt. Findet aber die Gasbildung im Vergasungsprozeß selbst statt, so wird sie infolge der Anwesenheit des Kohlenstoffs so beeinflusst, daß der Druck das CO/CO_2 -Gleichgewicht in Richtung der Kohlensäure lenkt. Führt man außerdem den Vergasungsprozeß durch starken Wasserdampfzusatz im Vergasungsmittel sehr kalt, so wird das Gasgleichgewicht noch weiter in Richtung vermindert Kohlenoxydbildung verschoben. Die Druckvergasung ermöglicht es also von zwei Seiten, durch Vergasungstemperatur und Druck, die Kohlenoxydbildung zu begrenzen. Da die erforderliche Verringerung des Kohlenoxyds nicht sehr groß ist, genügt es, relativ niedrige Drücke von etwa 5—10 atü für die Vergasung anzuwenden.

Betriebsversuche über die Erzeugung eines für die Fischer-Synthese geeigneten Kohlenoxyd-Wasserstoff-Gasgemisches zeigten, daß die Vergasung von Steinkohlen-Schwelkoks (10—20 mm Körnung) unter einem Vergasungsdruck von 8,5 atü mit einem aus Sauerstoff und Wasserdampf bestehenden Vergasungsmittel ein Rohgas folgender Zusammensetzung ergibt:

Zusammensetzung des Rohgases:

CO_2	29,3 %
CO	21,9 %
H_2	44,0 %
CH_4	3,3 %
N_2	1,5 %

Aus dem Rohgas entsteht nach Entfernen der Kohlensäure in der nachgeschalteten Druckwasserwäsche ein Reingas folgender Zusammensetzung:

Zusammensetzung des Reingases:

CO_2	1,0 %
CO	30,7 %
H_2	61,6 %
CH_4	4,6 %
N_2	2,1 %

In diesem Gas stehen Kohlenoxyd und Wasserstoff in dem für die Synthese gewünschten Verhältnis von 1:2. Die Summe von CO + H_2 beträgt rund 92 % des Gasgemisches. Nach früherer Auffassung störend ist zwar das Methan, doch haben Untersuchungen über seinen Einfluß bei der Benzinsynthese gezeigt, daß die Anwesenheit von Methan die Reaktion nicht beeinträchtigt.

Weitergehend kann man durch gesteigerten Dampfzusatz die Kohlenoxydbildung so weit unterdrücken, daß ein Reingas von 70—75 % Wasserstoff bei nur 15 % Kohlenoxyd gewonnen wird. Dieses Gas ist vorzüglich für die Ammoniaksynthese und Hydrierung geeignet.

Bei der Synthesegaserzeugung machen sich die Vorteile des Druckes für die Reinigung und Kühlung des Gases in gleicher Weise wie bei der Stadtgaserzeugung bemerkbar. Insbesondere wird bei der Druckwasserwäsche mit der Kohlensäure der Schwefelwasserstoff bereits bis auf Stadtgasreinheit entfernt. Die Versuche ergaben weiter, daß auch die Entfernung des organischen Schwefels auf Synthesereinheit durch die Anwendung des Druckes wesentlich vereinfacht werden kann.

Zusammenfassend können die besonderen Vorteile des Lurgi-Druckvergasungsverfahrens für die Erzeugung von Synthesegas in folgendem gesehen werden:

Das Verfahren erlaubt die unmittelbare Erzeugung eines für die Ammoniaksynthese oder die Synthese von Treibstoffen nach dem I. G.-Bergius- oder Fischer-Tropsch-Verfahren geeigneten Gases. Die Vergasung des Brennstoffs erfolgt hierbei mit hoher Schachtbelastung (600—800 kg Brennstoff je qm und Stunde) im Gegensatz zum Wassergasprozeß in stetigem Betrieb. Für die Vergasung sind vorzugsweise billige feinkörnige Brennstoffe direkt verwendbar. Durch die mit dem Verfahren zwangsläufig verbundene Druckwasserwäsche wird eine weitgehende Reinigung des Gases von Schwefel-

D R U C K V E R G A S U N G M I T S A U E R S T O F F

wasserstoff erzielt; gleichzeitig bietet der Druck die Möglichkeit, verhältnismäßig einfache Mittel zur Abscheidung des organischen Schwefels anzuwenden.

Zusammenfassung.

Das von der Lurgi Gesellschaft für Wärmetechnik entwickelte Verfahren der restlosen Vergasung fester Brennstoffe unter Druck mit Sauerstoff ist für die

unmittelbare Erzeugung von Gasen für die Städteversorgung und Synthese geeignet. Im Jahre 1936 wurde eine erste Anlage für die Erzeugung von normgerechtem Stadtgas aus Braunkohle errichtet, deren ausgezeichnete Betriebsergebnisse eine aussichtsreiche weitere Entwicklung des Verfahrens versprechen. Weitere Arbeiten befassen sich mit der Synthesegaserzeugung, für die das neue Verfahren gegenüber den bisherigen Gas erzeugungsmethoden besondere Vorteile verspricht.