

**Herr Dr. W. Leybold:** Ich möchte mir die Anfrage erlauben, ob diese Analysen mit selbstgefertigtem Sauerstoff vorgenommen sind oder mit dem Handelssauerstoff. Ich kann bestätigen, dass der letztere nur 88 bis 92 Proc. Sauerstoff enthält, der Rest ist Stickstoff. Ich habe den Experimenten, die sich hiermit beschäftigten, in London beigewohnt. Es ist danach ausgeschlossen, auf diese Art einen reinen Sauerstoff herzustellen.

**Herr Professor Dr. Dennstedt:** Ich habe immer den Elkan'schen Sauerstoff angewandt, den ich nur loben kann. Der Sauerstoff ist ausserordentlich rein, und ich habe ihn immer dem selbstdargestellten Sauerstoff vorgezogen. Alle derartigen Verbrennungen sind mit solchem Sauerstoff vorgenommen worden, und ich habe nicht die geringste Beobachtung gemacht, dass irgend eine Verunreinigung stattgefunden hätte. Selbstverständlich ist der Sauerstoff durch entsprechende Apparate gereinigt worden, hat aber immer seinen Zweck erfüllt.

**Stellvertretender Vorsitzender C. Duisberg:** Wenn Niemand mehr das Wort wünscht, bitte ich Herrn Dr. Leybold, das Wort zu seinem Vortrage zu nehmen.

**Herr Dr. Leybold:**

#### Chemische Processe in der Gasanstalt.

Meine Herren! Ich möchte mir erlauben, Ihnen hier Einiges aus der Thätigkeit des Chemikers im Betrieb des Gaswerks vorzutragen. Die Fabrikation des Leuchtgases ist bekanntlich einer der grössten Zweige der chemischen Industrie geworden; die Einführung geschah von England her, wo 1814 schon eine Ortschaft mittels Gas beleuchtet wurde und 1823 schon über 50 Städte diese Beleuchtung besassen. In Deutschland war Hannover die erste Stadt, welche 1825 eine Gasanstalt erbaute, und zwar geschah dies ebenso wie 1826 in Berlin durch die Imperial Continental GasAssociation, welche auch jetzt noch in beiden Städten Werke im Besitz hat. Hamburg folgte erst 1844, indem der Gesellschaft „Gascompagnie“ die Versorgung der Stadt mit Leuchtgas auf die Dauer von 30 Jahren übertragen wurde. Seitdem hat sich in stetiger Entwicklung der Gasverbrauch so vergrössert, dass Hamburg 1896 etwa 41 Millionen cbm Gas producire und etwa 27 500 Laternen auf den Strassen besitzt. Wohl trat 1891 infolge des Zusammentreffens verschiedener Umstände, wie mitteleuropäischer Zeit, Entwicklung des elektrischen Lichts, schlechter Ge-

schäftslage, in den meisten Gaswerken ein Stillstand in der Vergrösserung oder sogar ein geringer Rückgang ein, so z. B. in Hamburg von etwa 4 Proc. Aber infolge des allgemeinen Mehrbedarfs an Licht, infolge der Entwicklung der Glühlichtbeleuchtung und besonders der Verwendung des Leuchtgases im Haushalt wie in der Technik, zum Kochen und Heizen wie für den Betrieb der Gasmotoren hat sich der Rückgang in den meisten Städten nahezu ausgeglichen. Es hat sich die anfängliche Befürchtung, dass die Elektricitätswerke die Gaswerke verdrängen würden, durchaus nicht bestätigt, sondern beide wachsen nebeneinander. Es ist richtig, dass hier in Hamburg in Bezug auf Förderung des Gasverbrauchs noch viel zu thun übrig bleibt gegenüber anderen Städten, z. B. in Belgien oder in England. Vergleicht man z. B. den Gasconsum Hamburgs mit etwa 41 Millionen cbm auf etwa 600 000 Einwohner mit der Leistung der städtischen Gaswerke Brüssel, welche innerhalb der Boulevards auf 191 000 Einwohner 33 Millionen cbm abgeben, so bedeutet dies auf den Einwohner und das Jahr in Hamburg etwa 70 cbm, in Brüssel 172 cbm. Allerdings ist hierbei zu bemerken, dass die städtische Gasanstalt Brüssel nur den dichtest bevölkerten Theil als Absatzgebiet besitzt, während Hamburg ausgedehnte Vororte mit versorgt. Immerhin bleibt der grosse Unterschied bemerkenswerth und die Förderung des Gasconsums in Hamburg hat noch ein weites Feld vor sich.

Es ist nun dem Chemiker merkwürdig, dass die Chemie sich mit diesem wichtigen Zweige der chemischen Industrie lange Jahre hindurch verhältnissmässig wenig beschäftigte, und auch jetzt noch haben nur die grössten Gaswerke Deutschlands und diejenigen, welche eine Specialität an Leuchtgas herstellen, einen Chemiker. Es sind dies Berlin, städtische Gasanstalt, Hamburg, Köln, Dresden, Leipzig, Frankfurt a.M., Continental-Gasgesellschaft in Dessau, Bremen, Krupp in Essen, im Ganzen etwa 10 bis 12. Und doch bietet die Gasanstalt dem Chemiker ein reiches Feld für seine Thätigkeit, vom Ankauf der Kohlen an bis zu der Wahl der Brenner auf den Strassenlaternen.

Die Fabrikation des Leuchtgases hat sich bekanntlich in den letzten beiden Jahrzehnten durchaus nicht vereinfacht; die Methoden der Reinigung blieben wohl die gleichen im Prinzip, aber die Apparate sind wesentlich complicirter geworden. Es liegt das hauptsächlich in dem Bestreben, auf kleineren Grundflächen grosse Leistungen zu erzielen.

Schon in der Auswahl der Apparate für eine neu zu bauende Gasanstalt hat der Chemiker eine wichtige Stimme, indem er die Wirkung derselben zu beurtheilen versteht, während der Ingenieur sich naturgemäß mit dem mechanischen Theil zu befassen hat. So kommt es, dass z. B. der Ingenieur einen Apparat für gut erklärt, der Chemiker für schlecht.

Was nun die Arbeit des Chemikers in der Gasanstalt betrifft, so theilt sich diese in zwei Theile, nämlich in die Controle des abgegebenen Gases und in den Betrieb eines wissenschaftlichen Laboratoriums behufs günstigster Herstellung und Verwerthung des Hauptproductes wie der Nebenproducte.

Was die Controle des Gases betrifft, so erstreckt sich dieselbe in erster Linie auf die Leuchtkraft desselben. Hier in Hamburg ist es Vorschrift, wenigstens 17 Kerzen-Gas zu liefern, d. h. etwa 19,5 Hefnerlicht bei 150 l stündlichem Consum, im Elster'schen Argandbrenner auf dem Bunsen-Photometer gemessen. In vier Photometerzimmern in den Gaswerken und in zwei solchen in der Stadt wird gemessen, um den Abnehmern ein möglichst gleichmässiges Gas zu liefern. Es ist bekanntlich leicht möglich, aus ein und derselben Kohle gutes und auch schlecht leuchtendes Gas herzustellen, einfach nach der mittleren oder hohen Temperatur der Retortenöfen. In kleineren Gasanstalten mit wenigen Öfen macht sich dies natürlich rasch bemerklich, in grossen dagegen weniger, zumal bei vielen Öfen fast immer einzelne den Anforderungen nicht entsprechen. Um die Ofenzahl in den hiesigen zwei Gaswerken zu nennen, so sind dies 176 Öfen mit 1240 Retorten. Sie werden sich über diese Zahlen wundern und es ist richtig, dass die Gaswerke gerade in Bezug auf die Kleinheit der einzelnen Retortenladung mit 150 bis höchstens 250 k und auf die hierfür erforderliche Arbeit des Ladens und Ausziehens der Retorten noch übel daran sind. Aber alle Versuche in grossen Kammern oder Öfen nach Art der Koksindustrie ein gutes Leuchtgas zu gewinnen, sind bisher fehlgeschlagen und man bleibt eben doch bei den kleinen Retorten.

In zweiter Linie folgt der Schwefelgehalt des Stadtgases. Es ist bekannt, dass das Gas von Schwefelwasserstoff vollständig befreit sein muss bis auf die letzten Spuren. Dagegen ist ein Schwefelgehalt in anderer Form gar nicht zu umgehen, nämlich als Schwefelkohlenstoff und schwefelhaltige organische Substanzen. Die Verbrennung derselben in der Flamme liefert schweflige

Säure und nebenbei, nach Art der Verhältnisse in verschiedener Menge, etwas Schwefelsäure. Es ist richtig, dass hier in Hamburg früher vielfache Klagen über eine angreifende Wirkung der Verbrennungsproducte des Gases laut wurden, besonders in Bezug auf Metalle, auf Stoffe u. dergl. Es ist ein Verdienst von Herrn Prof. Dennstedt, in zwei Brochüren auf diesen Umstand hingewiesen zu haben. Es lag dies einfach in der Verwendung stark schwefelhaltiger englischer Kohlen ohne die in England hierfür übliche Art der Kalkreinigung. In neuerer Zeit, nach Anstellung eines Chemikers, konnten wir diesen hohen Schwefelgehalt durch Auswahl der Kohlensorten bedeutend reduciren und wir haben uns nun auf die in den Londoner Gasanstalten übliche Maximalgrenze von 22 grains Schwefel in 100 cbf, d. i. etwa 0,5 g im cbm, eingerichtet. Ich möchte auf den Anfang dieser Verhältnisse hinweisen, indem schon im Jahre 1868 in London eine Acte in Bezug auf den Schwefelgehalt des Gases herausgegeben wurde.

Was die Bildung des Schwefelkohlenstoffs betrifft, so geht diese natürlich bereits in der Retorte vor sich, indem Schwefelwasserstoff aus der glühenden Kohle mit dem Rohgase entweicht und mit glühender Kohle Schwefelkohlenstoff bildet. Im Durchschnitt ergeben hoch schwefelhaltige Kohlen viel Schwefelwasserstoff und dementsprechend auch viel Schwefelkohlenstoff. Gegenüber dem Schwefelwasserstoff ist aber die Schwefelkohlenstoffbildung stets sehr gering.

Weniger von Bedeutung sind die gewöhnlich noch angestellten Bestimmungen von Kohlensäure und Ammoniak im Gase. Erstere ist ein Überbleibsel von der früheren Kalkreinigung her, während man jetzt mittels Eisenmasse reinigt und die Kohlensäure im Gase belässt. Ein etwas hoher Gehalt davon ist somit mit dem besten Willen nicht zu entfernen. Was Ammoniak betrifft, so schreibt die Londoner Vorschrift höchstens 4 grains in 100 cbf, d. i. etwa 8,1 g in 100 cbm vor; in Gasanstalten mit guten Apparaten sind stets nur Spuren bis höchstens 0,15 g zu finden, und nur in Werken mit sehr überlasteten Apparaten ist es möglich, mehr Ammoniak ins Gas zu bringen.

Zweckmäßig ist es, die Heizkraft des Gases mittels des Junker'schen Calorimeters zu bestimmen, um auch in dieser Beziehung, welche ja neuerdings wichtig ist, möglichst Gleichmässigkeit zu gestalten.

Die schärfste Controle des Gases ist ohne Zweifel in London, wo an 14 Stellen der Stadt 22 Chemiker und Apotheker neben-

amtlich täglich je 3 mal photometriren und eine Schwefel- sowie Ammoniakbestimmung vornehmen.

Was die Arbeiten in dem wissenschaftlichen Laboratorium betrifft, so erstrecken sich diese in erster Linie naturgemäß auf die Kohlen. Eine Versuchsgasanstalt ist hierzu unentbehrlich; als solche diente bisher hier die kleine Gasanstalt Steinwärder und ist zur Zeit eine solche im Gaswerk Grasbrook im Bau. Die Ankäufe der Kohlen geschehen in grossen Gaswerken nur nach vorausgegangener Probe und Sie können sich denken, dass bei einem Kohlen- und Cannelverbrauch von etwa 135 000 Tons jährlich, wie es hier der Fall ist, regelmässige Proben aus den Schiffsladungen und Bahnsendungen dringend erforderlich sind. Die Untersuchung geschieht auf Gasausbeute, Leuchtkraft des Gases, Kokeausbeute, Aschengehalt der Koke, Schwefelgehalt des Gases; ferner im Laboratorium auf Wassergehalt, Asche, Schwefelgehalt der Kohlen und Koke und somit die Vertheilung des Schwefels bei der Vergasung. Dieselben Proben werden mit Cannelkohlen vorgenommen, doch ist hier, besonders bei sehr hochwertigen zu beobachten, dass die wirkliche Aufbesserungsfähigkeit des Cannelgases eine höhere ist, als die directe Messung der Leuchtkraft ergibt. Die üblichen Brenner für Cannelgas, Zweilochbrenner, ergeben eben eine ungenügende Ausnutzung der Leuchtkraft. Besser werden die Resultate, wenn man z. B. Kohlen-gas mit 10 Proc. Cannelgas mischt und die Zunahme der Leuchtkraft in Betracht zieht. Aber die Resultate der Praxis sind immer noch höher, weil die beiden Gase noch heiss in der Retorte oder auch in der Vorlage sich mischen, wobei das Kohlengas wieder Kohlenwasserstoffe mit sich nimmt, welche bei der Vergasung von Cannel allein in den Theer gegangen wären.

Hierher gehört auch die Untersuchung der in neuerer Zeit vielfach in Aufnahme gekommenen flüssigen Aufbesserungsmaterialien wie Benzol, Benzin, Hydro-carbon, Carburin u. s. w. Dieselben werden hauptsächlich geprüft durch fractionirte Destillation, wieviel davon unter und über 100° flüchtig sind. Da die in den Gaswerken üblichen Aufbesserungsapparate mittels Dampf geheizt sind, so ist es höchstens möglich, Flüssigkeiten bis 120°, und auch die über 100° siedende Substanzen nur in geringer Menge, zur Verdampfung zu bringen. Die Probe auf Aufbesserungsfähigkeit der Leuchtkraft des Gases lässt sich ebenfalls im Kleinen vornehmen, gibt aber bei schwer flüchtigen Substanzen oft unrichtige Zahlen; bei Benzol,

Benzin stimmen die Resultate ziemlich überein mit dem Grossbetrieb. Von Interesse ist auch der Schwefelgehalt z. B. des Benzols, nämlich Schwefelkohlenstoff. Es wäre wohl das zweckmässigste, in einem Lämpchen die Substanz zu verbrennen und die Rauchgase im Drehschmidt'schen Apparat für Schwefelbestimmung im Gase von Schwefel zu befreien; aber da es mir noch nicht gelang, diese Substanzen ohne Rauchbildung zu verbrennen, so blieb nur ein anderer Weg übrig, die Umwandlung des Schwefelkohlenstoffes in xanthogensaures Kali und Zerstören desselben mittels Brom. Für Benzol gab dies richtige Resultate, controlirt durch directe Schwefelbestimmung in rohen und aufge-besserten Gasen. Benzin enthält hinnach keinen Schwefelkohlenstoff.

Wichtig ist auch der Einkauf der Gas-reinigungsmasse, welche in vielen Sorten, natürlichen und künstlichen, angeboten wird. In der norddeutschen Tiefebene findet sich, mit Torfmoor gemischt, ein Absatz von Eisenoxydhydrat, welcher sich sehr gut eignet. Derselbe bedarf keines Auflockerungs-materials, weil dasselbe schon darin vorhanden ist. Es wird durch Schwefelwasserstoff gut angegriffen und regenerirt rasch. Noch besser ist ein Gemisch von gefälltem Eisenoxydhydrat mit etwas Thonerdehydrat, die sogenannte Lux-Masse, welche dazu von dem Füllungs-mittel, Soda, etwas alkalisch ist. Aber dieselbe ist äusserst feinpulvrig und bedarf eines Auflockerungsmittels, Sägespäne, welche häufig schwer zu bekommen sind. Gerade dieser Reinigungsprocess ist eine der interessantesten Reactionen in der Gasfabrikation; das Eisenoxydhydrat wird bekanntlich durch Schwefelwasserstoff unter Abscheidung von Schwefel zu Eisenoxydul reducirt, welches sich sofort in Schwefeleisen umsetzt. Aus der gebrauchten Masse lässt sich nämlich mittels Schwefelkohlenstoff leicht Schwefel extrahiren, bevor irgend eine Regeneration eintrat. Merkwürdig ist, dass in der Litte-ratur dieser einfache Process der Aufnahme von Schwefelwasserstoff durch Eisenoxydhydrat in sehr verschiedenen Formeln dar-gestellt ist in Bezug auf die Endproducte, während sich derselbe in Wirklichkeit so ein-fach als möglich darstellt, eben durch Bildung von Schwefeleisen und Schwefel.

Ist dieser Process in dem Reinigungs-kasten vollständig vor sich gegangen, so lässt die Masse Schwefelwasserstoff hindurch, der Kasten wird entleert und neu beschickt. Die ausgebrauchte Masse wird nun regenerirt, d. h. ziemlich feucht der Luft ausgesetzt, so dass sich das Schwefeleisen durch den Sauer-stoff in Eisenoxydhydrat und Schwefel um-

setzen kann. Dieser Process geht unter starker Wärmeentwicklung vor, gewöhnlich etwa 60°; ist aber die Masse stark trocken, so kommt häufig die im Rasenerz enthaltene Torfmasse ins Glimmen, so dass auch der Schwefel brennt. Gehöriges Befeuchten verhindert stets das Brennen und begünstigt die Regeneration. Häufig wird an den Chemiker die Frage gestellt, ob eine solche Masse bereits soweit regenerirt ist, dass sie wieder gebraucht werden kann. Bei dem anfänglichen Gebrauch lässt die Farbe der Masse, die Umwandlung von schwarz in braun einen Schluss zu, später aber bleibt dieselbe stets von gleicher Farbe, blaugrau bis blau-schwarz. Es wollte sich zur Beantwortung dieser Frage lange keine Methode finden, bis mir die einfachste Reaction den Weg zeigte, nämlich die Entwicklung von Schwefelwasserstoff aus dem Schwefeleisen der Masse, so lange eben solches vorhanden ist. Man misst das entwickelte Gas und kann so prozentmässig das Fortschreiten der Regeneration beobachten. Bei öfterem Umschaufeln ist eine gute Masse in 3 bis 4 Tagen wieder brauchbar. Da die Masse Sauerstoff absorbirt, so konnte in dem Parentvolumen derselben Sauerstoff in erheblicher Menge erst nach vollendeter Regeneration sich finden. Das Vorfinden dieses Gases in einer mittels eines Rohres aus dem Haufen ausgesaugten Gasprobe zeigt somit ebenfalls die vollendete Regeneration an.

Neben der Bildung von Eisenoxydhydrat aus Schwefeleisen findet stets in geringer Menge die Bildung von Eisenvitriol statt; ist Ammoniak noch im Rohgase vorhanden, so bildet dies Ammoniaksulfat, wird also unschädlich. Hier und da tritt aber diese Eisenvitriolbildung verstärkt ein, so dass die Masse sauer reagirt und nicht mehr gut angreift. Welche Umstände aber diese Bildung veranlassen, gelang noch nicht, mit Sicherheit nachzuweisen.

Die Regeneration wurde früher häufig und wird auch heute noch hier und da in den Kästen vorgenommen, indem durch Einblasen von Dampf und Luft oder Luft allein die Umsetzung geschah. Aber es kamen doch öfters Übelstände vor, z. B. zu starkes Befeuchten der Masse oder zu geringer Feuchtigkeitsgehalt und in Folge dessen Entzündung. Man konnte den Vorgang im Kasten nicht genug verfolgen, und meist wurde das Verfahren wieder aufgegeben.

In England wurden Seitens der Brin's Oxygen Company zuerst Versuche angestellt, durch Zusatz von etwas Sauerstoff zum Rohgase die Regeneration in den Kästen lange Zeit fortzusetzen, so dass die Masse

viele Monate unberührt liegen bleiben konnte. Die Versuche, z. B. in Ramsgate, fielen günstig aus, aber der hohe Preis der Maschine für die Herstellung des Sauerstoffs verhinderte die allgemeine Einführung. In Folge dessen kam man zu einer billigen Sauerstoffquelle, indem man dem Gase absichtlich 1 bis 2 Proc. Luft zusetzte. Der Sauerstoff setzt eben, das Schwefeleisen der Reinigungs-masse wieder in Oxydhydrat um, welches sofort wieder in Schwefeleisen sich umwandelt. Der Stickstoff der Luft dagegen verbleibt im Gase. Setzt man nun die 2 Proc. Luft direct vor der Reinigung zu, so wird die Leuchtkraft geschädigt und es muss derselben durch etwas erhöhten Zusatz von Cannel aufgeholfen werden. Es fand sich, dass dies nicht erforderlich ist, wenn die Luft bereits in die Vorlage eingeblasen wird; dieselbe sättigt sich dort mit Kohlenwasserstoffen.

Das Maximum ist wohl 3 Proc. Luft; es resultirt aus diesem Zusatz eine ganz erhebliche Ersparniss an Arbeitslohn, indem nach angestellten Versuchen z. B. 5 bis 6 Monate lang kein Reinigerkasten gewechselt zu werden braucht. Aber die Masse wird warm und in Folge dessen hart und staubtrocken, so dass sie schliesslich wie Stein mit der Hacke herausgehauen werden muss. Hierdurch leidet auch ein anderer Process, auf welchen ich nun zu sprechen komme.

Eine Reaction, welche hier vollständig nebенächlich verläuft, ist die Grundlage für eine lange Zeit blühende Industrie geworden. Es findet sich bekanntlich im Rohgase eine ziemlich beträchtliche Menge Cyanwasserstoff vor.

Früher wurde die ausgebrauchte Reinigungs-masse als werthlos vergraben; die erste Nachricht stammt etwa von 1862, wo auf der Industrieausstellung in London an Gautier-Bouchard eine Auszeichnung ertheilt wurde für „Gewinnung von Berlinerblau im grossen Maassstabe aus dem schmutzigen Gaskalk“. Etwa 1861 begann man in Gasanstalten statt Kalk die Laming'sche Masse, ein Gemisch von Eisenvitriol und Kalk, anzuwenden, und ziemlich gleichzeitig wurde die Reinigung mittels Rasenerz aus der norddeutschen Tiefebene begonnen, nachdem sich erst die Überzeugung Bahn gebrochen hatte, dass das Eisenoxydhydrat der reinigende Bestandtheil sei. Das Material ist heute noch in ausgedehntestem Gebrauch und nur an einzelnen Orten wird der sogenannte Weldon-Schlamm zu gleichem Zweck gebraucht.

Erwähnenswerth ist, dass die Londoner

Gasanstalten geradezu zu der Kalkreinigung gezwungenen bleiben, weil derselbe praktisch das einzige Material ist, welches in Form von Mehrfach-Schwefelcalcium einen Theil des Schwefelkohlenstoffs aus dem Robgase entfernt.

Da früher die Waschung des Gases zu meist eine ungenügende war, so gelangte viel Ammoniak in die Reinigungsmasse und man gewann aus der ausgebrauchten Masse neben Schwefel auch das Ammoniak wieder. Da letzteres die Schwefelcyanbildung in der Masse begünstigt, so wurden zuerst Rhodansalze gewonnen. Erst als die Wäscherei zu besserer Wirkung gebracht waren, somit weniger Ammoniak zu der Masse kam, trat hauptsächlich die Bildung von Berlinerblau auf. Dasselbe sammelt sich bis zu 11 und 12 Proc. in der Masse an und gibt derselben einen bedeutenden Werth. Lange Zeit war ausgebrauchte Gasreinigungsmasse ein sehr gesuchter Artikel, und es wurde bis zu 800 und 900 M. pro Waggon bezahlt, während der Einkaufspreis der frischen Masse etwa 180 bis 200 M. betrug. Die Verarbeitung geschieht auf Blutlaugensalz oder Berlinerblau, wenn lobnend auf Ammoniak und Rhodansalze, zuletzt meist auf Schwefelsäure; lange Zeit war die Verarbeitung eine recht unbequeme, und erst das Kunheimische Patent von 1883, welches einen vollständig anderen Weg der Ferrocyanangewinnung einschlug, bewährte sich sehr gut in leichter und sicherer Arbeit.

Leider ist im vergangenen Jahr in dem Verbrauch von Cyankalium zur Goldextraction ein starker Rückschlag eingetreten, welcher sowohl auf Ferrocyanalze als auf den Preis des Robproductes, der ausgebrauchten Gasreinigungsmasse, erniedrigend einwirkte. Dazu trat noch die Darstellung von Cyanpräparaten auf vollständig anderem Wege.

Es wird aber der Cyanwasserstoff im Robgase lange nicht vollständig gewonnen; unter günstigen Umständen etwa  $\frac{2}{3}$  davon, während  $\frac{1}{3}$  die Reinigungsmasse passirt und zumeist, mit dem Gase in das Stadtröhrennetz gelangend, verbrennt. In kleineren Gasanstalten trifft man häufig Reiniger von ungenügend grossen Maassen, und die von denselben gelieferte ausgebrauchte Reinigungsmasse ist oft fast wertlos, weil das Gas die Masse zu rasch passirt und zur Aufnahme des Cyans zu wenig Zeit bleibt.

Es sind deshalb für hohen Cyangehalt der Masse günstig folgende Umstände, auf welche schon aus anderen Gründen hingearbeitet werden soll, nämlich grosse Reiniger und deshalb geringe Geschwindigkeit des Gases in denselben, möglichst voll-

ständige Absorption des Ammoniaks in den Wäschern und Vermeidung zu hoher Hitze bei der Regeneration, also genügendes Anfeuchten der Masse.

Ein geringer Luftzusatz zum Gase von 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Proc. schadet der Cyanaufnahme nicht, dagegen wird bei 3 Proc. Luft die Masse nach längerem Gebrauch so ausgetrocknet, dass von dem zur Reinigung tretenen Cyan nur etwa 40 Proc. zurückgehalten werden und 60 Proc. verloren gehen.

Auch auf nassem Wege wurde versucht, das Cyan der Gasanstalten zu gewinnen, nämlich durch Auswaschen mit Alkalien unter Zusatz von Eisensalzen, aber das Verfahren, Pat. Knublauch von 1886, konnte bisher keine Aufnahme finden.

So manches in der Gasreinigung ist noch nicht genügend erforscht und es bietet sich für den Chemiker neben den gewöhnlichen Berlinerblaubestimmungen in ausgebrauchter Masse noch Gelegenheit zu vielerlei Untersuchungen.

Ebenso wichtig wie dieses Nebenprodukt ist dem Gaschemiker das Ammoniak im Gase, dessen möglichst vollständige Gewinnung und Verwerthung. Leider sind bekanntlich auch hier die Preise so gesunken, dass der Gewinn aus Ammoniak gegen früher nicht mehr bedeutend erscheint. In Folge ausgezeichneten Wäschersysteme mit 99 bis 99,5 Proc. Wirkung ist es möglich, das Ammoniak aus dem Gase nahezu vollständig auszuscheiden, so dass als Gemisch aller Condens- und Waschwasser ein Gaswasser von 1,8 bis 2 Proc. Gehalt an Ammoniak entsteht. Ein grösserer Verlust an Ammoniak entsteht eigentlich nur dann, wenn die Gruben zur Ablagerung des Theers nicht gross genug sind, so dass dieser, wie es z. B. bei Verwendung englischer Kohlen oft vorkommt, 12 und mehr Proc. Gaswasser einschliesst, welches natürlich Ammoniak mitnimmt.

Die Verarbeitung des Gaswassers geschieht meist in den Gaswerken selbst; gerade die grössten aber, wie Berlin und Hamburg, haben ihre gesamte Production an Gaswasser auf längere Jahre verkauft, weil sie zu dem grossen Gasanstaltsbetrieb nicht noch eine chemische Fabrik zu errichten wünschten. Das Product der Verarbeitung ist zumeist Ammoniaksulfat oder concentrirtes Gaswasser, in seltenen Fällen, wie z. B. in Hannover, Salmiak oder Salmiakgeist. Die Art des Products ist natürlich vollständig von örtlichen Verhältnissen abhängig, vom Preise der Schwefelsäure, von Frachtverhältnissen, sowie von vorliegendem Absatzgebiet. Die Controle der möglichst vollständigen Gewinnung des Ammoniaks, sowie die Ver-

arbeitung des Gaswassers ist natürlich speciell Sache des Chemikers.

Was den Theer betrifft, so wird derselbe wohl durchweg in Deutschland an chemische Fabriken verkauft, ohne besondere Vorschriften als nur auf nicht zu hohen Wassergehalt. Von hier aus gehen grosse Quantitäten Theer in Schiffsladungen nach England. Eine sehr interessante, neu gebaute Anlage für Theerdestillation besitzt die städt. Gasanstalt Brüssel.

Es gibt ausserdem in Gasanstalten noch viele Untersuchungen, welche dem Chemiker obliegen, in neuerer Zeit z. B. Prüfungen von Glühlichtbrennern, welche ja in grosser Zahl im Handel erscheinen, von Fernzündern, hier in Hamburg sehr viel die Prüfung von Petroleum, welches zur Beleuchtung der Pontons und Fährstellen dient. Ferner Untersuchung der Materialien für Gasuhren, der Füllmaterialien für dieselben, wie Glycerin, Chlormagnesium, Calciumoxychlorid u. s. w. Thonproben auf Verhalten im Feuer; Heizwerthbestimmungen von Kohlen und Koksproben; ferner zerfressene Gasmesser und Gasrohre, Kesselspeisewasser und Wasserreinigung, kurz eine grosse Anzahl von Untersuchungen findet sich neben der gewöhnlichen Tagesarbeit zusammen. Auch Besichtigungen von Gasanlagen, wie z. B. Beleuchtungen mittels Acetylen, Pressgas, Wassergas, sowie Besichtigung etwa vor kommender Explosionen.

Leider ist hierdurch vielfach der praktische Chemiker von wissenschaftlichen Arbeiten zurückgehalten, durch welche ein Nutzen für die Allgemeinheit der Gaswerke geschaffen werden sollte.

Ich komme nun nochmals auf das Hauptproduct, das Leuchtgas, zurück, nämlich in Bezug auf die chemische Analyse desselben. Sie finden in folgender Tabelle eine Zusammenstellung der üblichen Leuchtgase.

der Vergasung ein und derselben Kohle stammen, aber bei vollständig verschiedener Ofentemperatur hergestellt sind. Ferner Kohlengas aus Saarkohle von ausgezeichneter Qualität, wie es in vielen Städten Süddeutschlands ausschliesslich hergestellt wird. Weiter enthält die Tabelle Gas von der Frankfurter Gasgesellschaft, welche von jeher eine Specialität herstellt, schweres Mischgas, aus Boghead, Cannel- und Kohlengas gemischt. Dasselbe ist von sehr hoher Leuchtkraft, gestattet aber nur die Herstellung kleiner Flammen im Zweilochbrenner bis zu 12 Kerzen Helligkeit. Noch einige Städte, wie Braunschweig, Bremen, stellen schweres Gas her, kommen aber, wie alle anderen Städte, welche das schwere Gas herstellten, davon ab. In Bremen wurden bereits Monate lang Versuche mit Kohlengas angestellt, und zwar mit gutem Erfolg. Weiter folgen schwere Gase, welche zur Aufbesserung des Kohlengases dienen, Cannelgas aus schottischer Cannel, sowie Gas aus australischer Shale Boghead, wie sie in Frankfurt a. M. gebraucht wird. Noch schwerer und leuchtkräftiger ist Ölgas, von einer Ölgasanstalt aus Öl von Messel bei Darmstadt hergestellt. Weiter folgt Kohlengas, welchem 3 Proc. Luft zugesetzt ist, Braunkohlengas und carburirtes Wassergas.

Was die Bestandtheile betrifft, so habe ich hier Wasserstoff, Methan, schwere Kohlenwasserstoffe, Kohlenoxyd, Kohlensäure, Sauerstoff, Stickstoff als Rest angegeben. Schwefelwasserstoff ist in diesem gereinigten Gase nicht mehr vorhanden. Ferner ist das spec. Gewicht, die Leuchtkraft und die zur vollkommenen Verbrennung nötige Luftmenge angegeben. Die Leuchtkraft bezieht sich bei den ersten drei Abtheilungen auf Kerzen, bei 127 l Consum im Schnittbrenner gemessen, bei den anderen auf 150 l stündlichen Verbrauch, entweder gemessen oder umgerechnet.

	Gleiche Kohle bei verschiedener Ofentemperatur			Kohlengas	Frankfurter Gas	Cannel- Gas	Australische Schiefer- kohle	Ölgas	Gas mit 3 Proc. Luft	Braun- kohlengas	Carb. Wassergas	Cokerei- Gas
H <sub>2</sub>	54,3	51,3	48,5	49,4	33,9	30,7	21,8	14,6	48,0	41,0	34,8	48,9
CH <sub>4</sub>	30,2	31,3	33,4	32,4	42,7	44,4	48,9	48,8	31,9	14,9	21,0	26,2
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	3,2	3,9	4,4	4,5	12,7	15,5	22,2	33,1	4,7	4,8	13,2	3,4
CO	8,8	8,0	8,6	8,6	5,8	5,5	4,6	2,3	8,0	25,8	21,8	8,4
CO <sub>2</sub>	2,2	1,8	2,2	2,3	2,5	2,4	2,0	1,2	2,1	0,8	4,2	3,6
O <sub>2</sub>	0,3	0,2	0	0	0	0	0,2	0	0,4	0	0,8	0,4
N <sub>2</sub> (Rest)	1,0	3,5	2,9	2,8	2,4	1,5	0,3	0	4,9	12,8	4,2	9,1
Spec. Gew.	0,399	0,440	0,463	0,45	0,55	0,56	0,61	0,75	0,48	0,49	0,75	—
Leuchtkraft	9,6 <sup>1)</sup>	10,5 <sup>1)</sup>	12,0 <sup>1)</sup>	15 <sup>2)</sup>	34 <sup>2)</sup>	38 <sup>2)</sup>	48 <sup>2)</sup>	65 <sup>2)</sup>	17 <sup>2)</sup>	—	24 <sup>2)</sup>	—
Verbrauchte Luft	4,42	5,16	5,45	5,20	7,65	8,10	9,20	10,74	5,24	4,25	—	—

Die Tabelle enthält in den ersten drei Abtheilungen drei Gasproben, welche von

1) Im Schnittbrenner bei 127 l Consum.

2) - - - 150 l -

Betreffs der Zusammensetzung unterscheidet man die „Lichtträger“, Wasserstoff und Methan, die „lichtgebenden Bestandtheile“, die insgesamt sogenannten schweren

Kohlenwasserstoffe und die Verunreinigungen, worunter hier Kohlenoxyd, Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff fallen. Mit demselben Rechte dürfte allerdings auch das Kohlenoxyd als brennbares Gas zu den Lichtträgern gerechnet werden, zumal derselbe im Braunkohlengas, im Holzgas und im carburirten Wassergas doch etwa  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{4}$  der Zusammensetzung beträgt.

Aus den ersten drei Abtheilungen ersehen Sie, wie die Leuchtkraft des Gases aus gleicher Kohle um 20 Proc. differiren kann, je nachdem dasselbe bei Weissglut oder Mittelrothglut hergestellt ist. Dementsprechend ändert sich auch die Zusammensetzung. Mit steigender Ofentemperatur von Mittelrothglut an verringert sich die Leuchtkraft, steigt der Wasserstoffgehalt und sinkt der Gehalt an Methan wie an schweren Kohlenwasserstoffen. Die übrigen Bestandtheile bleiben ziemlich gleich. Es setzen sich eben Methan und schwere Kohlenwasserstoffe in Wasserstoff und Kohle um, welche sich als Graphit ausscheidet. Mit steigender Ofentemperatur, also sinkender Leuchtkraft des Gases, verringert sich natürlich auch das spec. Gewicht desselben, sowie die nötige Menge Verbrennungsluft.

Man kennt diese Erscheinung in den Gaswerken recht wohl und beobachtet sie besonders Montags, wenn nämlich Sonntag wenig Gas zur Stadt ging und infolgedessen Öfen leer stehen blieben. Da die chemische Zersetzung der Kohle fehlt, welche ja viel Wärme wegnimmt, und die Öfen doch, wenn auch mässig, gefeuert werden müssen, so steigt die Ofentemperatur allmälig an und das am nächsten Tag producire Gas wird schlecht, d. h. es bedarf viel Cannel zur Aufbesserung. Es gelingt auf diese Weise sogar, die Leuchtkraft des Gases fast völlig zu beseitigen, so dass man aus Cannelkohle ein Gas von 3 bis 5 Kerzen Helligkeit bekommt.

In den folgenden fünf Abtheilungen sind Gase von steigender Leuchtkraft, aus vollständig verschiedenen Materialien dargestellt, angegeben. Es zeigt sich klar, dass mit steigender Helligkeit das spec. Gewicht steigt, die Menge Verbrennungsluft ebenso. Die Heizkraft der Gase steigt ebenfalls mit der Leuchtkraft, aber in einem viel kleineren Verhältnisse, so z. B. von 15 Kerzen auf 34, also etwa 1 : 2 steigt die Heizkraft nur wie 5 : 7.

Die Zusammensetzung zeigt dasselbe Bild wie die ersten drei Rubriken, mit steigender Helligkeit weniger Wasserstoff, mehr Methan und schwere Kohlenwasserstoffe, zugleich aber auch immer weniger Kohlenoxyd.

Es ist nun selbstverständlich, dass man geringwerthiges Kohlengas durch stark leuchtendes Cannelgas oder Ölgas aufbessern kann, und thatsächlich geschieht es auch hier so, dass in bestimmten Retorten etwa 14 Proc. Cannel vergast werden müssen, um die Leuchtkraft des Kohlengases mit etwa 14 Kerzen auf 17 zu bringen. Die Cannel werden absichtlich nicht mit Kohlen gemischt, um die verschieden preiswerthen Koks getrennt zu halten. Da es vollständig verschiedene Cannelsorten gibt, so braucht man für gleiches Resultat verschiedenen Zusatz, z. B. weniger Lesmahagow als Arniston. In Frankfurt a. M. wird so schweres Gas hergestellt, dass etwa  $\frac{1}{3}$  deutscher Kohle mit  $\frac{1}{3}$  schottischer Cannel und  $\frac{1}{3}$  australischer Boghead aufgebessert werden müssen. Leider enthalten die Cannelsorten häufig sehr viel Schwefel.

Ein zweiter Aufbesserungsprocess, der sich leider in Deutschland noch nicht eingeführt hat, ist derjenige mittels Ölgas; für Gasanstalten, z. B. Mitteldeutschlands, welche nahe den Thüringer Ödestillationen oder nahe Messel bei Darmstadt liegen, wäre diese Art sehr zu empfehlen, vorausgesetzt, dass sie überhaupt Aufbesserungsstoffe gebrauchen.

Aber alle unsere Ölgasanstalten, z. B. nach Pintsch, Hirzel, Suckow liefern grosse Quantitäten Ölgastheer als unbequemes Nebenproduct.

In England und Schottland hat sich ein Verfahren der Aufbesserung mittels Ölgas eingeführt, welches von Director Young in Peebles erfunden wurde und ausgezeichnete Dienste leistet. Ich hatte Gelegenheit, die Anlagen dieser Art zu besichtigen, und zwar die grösste in St. Helens bei Liverpool, andere in Galashiels und Peebles bei Edinburgh. Dieses Verfahren, Herstellung von Ölgas in mächtig grossen eisernen Retorten, liefert nur Gas und etwas Koks, dagegen keinen Theer. Es wird nämlich aller Theer mit frischem Öl zusammen vergast; das Öl durchläuft den Scrubber und wäscht das Gas, worauf das Öl mit Theer gemischt aus einem Kasten, in Verbindung mit der Vorlage, die Retorten speist. Das ungereinigte Ölgas wird mit Kohlengas vor der Reinigung gemischt; es genügen  $4\frac{1}{2}$  Proc. Ölgas, um das 14 Kerzengas auf  $18\frac{1}{2}$ , die normale Helligkeit, zu bringen. Das Waschen mit Öl soll das Gas sehr kältebeständig machen, und ich hatte Gelegenheit, in Galashiels, welches ein Gas wie Frankfurt a. M. so schwer abgibt, bei strengstem Frost mich davon zu überzeugen. Dieses Ölgas enthält Schwefel nur in Spuren. In Schottland wird schottisches Schieferöl

vergast, welches etwa dem Thüringer Öl nahesteht.

Eine ähnliche Ölvergasung und Aufbesserung besteht in Huddersfield bei Manchester, wo ebenfalls Öl zu Gas und Koke vergast wird. Aber der Erfinder glaubt einen besonderen Vortheil darin zu finden, dass er dem heissen Ölgas etwa 15 Proc. Sauerstoff beimischt, welcher an Ort und Stelle mittels Maschinen der Brin's Oxygen Company hergestellt wird.

Mit 1 bis 2 Proc. dieses gemischten Gases soll die Leuchtkraft von 14 bis 16 Kerzen auf 19 bis 20 gebracht werden. Nach meinen Versuchen ist Sauerstoff hier gerade der ungünstigste Zusatz, weil der selbe die Leuchtkraft einer Flamme geradezu zerstört. Günstiger wirkt Luft und noch viel besser gewöhnliches Kohlengas, welches in geringer Menge in die Vorlage eingeblasen wird. Dasselbe sättigt sich mit Kohlenwasserstoffen, welches sonst in den Theer gingen, und es entsteht wirklich mehr und besseres Gas als ohne diesen Zusatz. Es geschieht dies so in Peebles und Galashiels. Es ist allerdings möglich, dass die lichtverringernde Wirkung des Sauerstoffs zum Theil durch höhere Gehalt an Koblenwasserstoffen ausgeglichen wird. Im fertigen gemischten Gase aber ist die geringe zugesetzte Sauerstoffmenge praktisch ohne jeden Einfluss.

Alle diese Aufbesserungsverfahren beruhen darauf, ein gering leuchtendes Gas mit einem höher leuchtenden zu mischen und hierdurch die gewünschte Leuchtkraft zu erzielen; als Controlapparat dient natürlich das Photometer. Es lag nun nahe, die Zusammensetzung des Grundgases zu belassen und nur die schweren Kohlenwasserstoffe zu erhöhen, um auf ein gleiches Resultat zu gelangen. Es ist dies eine sehr alte Erfindung, indem schon vor langer Zeit in Häusern kleine Aufbesserungsapparate aufgestellt wurden, in manchen Städten aber wurden dieselben als feuergefährlich verboten. In der Gasfabrik selbst aber gelangte dies Verfahren erst in neuester Zeit in Aufnahme, hauptsächlich wohl durch die Bemühungen von Bunte im Jahre 1893. Als zweckmässigstes Aufbesserungsmittel fand sich das 90 proc. Benzol, welches damals zu sehr niedrigem Preise zu haben war. Die Aufnahme dieses Verfahrens in vielen Gaswerken, besonders das Eingreifen einiger grösserer Werke und auch die Speculation machte der Sache bald ein Ende, indem der Benzolpreis von etwa 30 M. die 100 k auf 120 M. in die Höhe ging, die Gaswerke mussten die Sache wieder aufgeben. Jetzt ist der

Preis wieder so weit gesunken, dass es sich lohnt, mit Benzol zu arbeiten. Als Vergleich dienen die z. Z. herrschenden Cannelpreise, welche ebenfalls sehr niedrig sind, so dass eine geringe Preissteigerung, wenigstens hier in Hamburg es lohnender macht, wieder mit Cannel zu arbeiten. Anders ist es freilich im Inland, wo hohe Frachten die Cannel vertheuern. Dort ist es auch möglich, für Benzol einen höheren Preis anzulegen.

Wir haben hier infolge günstiger Verträge fast ein Jahr mit Benzol gearbeitet und die Vortheile des Verfahrens, die Einfachheit und Sicherheit, bewährten sich vollständig.

Als Apparat diente erst, in den Sommermonaten, ein solcher von der Berlin-Anhalter Maschinenbau-Aktiengesellschaft, welcher aber als viel zu klein für Herbst- und Winterstage bald durch einen solchen eigener Construction ersetzt werden musste. Anfangs, bei dem ersten System, wurde ein Theil des Gasstromes abgezweigt, um in dem Apparat mittels des auf Heizkörpern verdampften Benzols aufgebessert und dann dem Gasstrom wieder zugemischt zu werden. Es bedingt dies immer den Einbau eines Schiebers in das Hauptröhr und Drosselung des Gasstromes, um das Gas zur Theilung und zum Durchgang durch den Apparat zu veranlassen. Später wurde das Benzol einfach mittels Dampf bei 100 bis 105° verflüchtigt und die Dämpfe direct in das Hauptröhr eingeblasen. Es bewährte sich dieses Verfahren selbst bei einer Maximalproduktion von über 120 000 cbm in dem einem Gaswerke sehr gut, auch die Kälte des Winters schadete nicht, im Gegentheil hielt sich die Leuchtkraft besser als bei Cannelzusatz. Die Helligkeit des Gases wurde erhöht je nach Art der vergasten Kohlen von 15 bis 16 Hfl. auf 19 $\frac{1}{2}$  Hfl. und verbraucht pro cbm 12 bis 16 g Benzol, pro cbm und Hfl. etwa 3,3 bis 3,8 g, etwas wechselnd.

Versuche mit Petroleumbenzin gelangen ebenfalls sehr gut, aber man verbraucht für gleiche Leuchtkraft etwa das Vierfache an Benzin gegenüber Benzol. Der hohe Preis des Benzins, welches ja dem Zoll wie Petroleum unterworfen ist, macht aber die Verwendung ganz unmöglich.

Diese Aufbesserungsverfahren werden natürlich stets mittels des Photometers kontrollirt; sie haben den Vortheil der sofortigen Wirkung nach Öffnen des Zulasshahns. Es ist sogar möglich, Abends zur Hauptabgabezeit etwa fehlende Leuchtkraft noch nachzuholen. In London z. B., wo kein Zoll auf Benzin existirt, sind 23 Maxim-Carburatoren aufgestellt, um die Leuchtkraft des

Gases, welches oft durch den Aufenthalt in den Zwischenbehältern leidet, mittels Benzin auf das Normal zu bringen.

Nach dem Steigen der Benzolpreise wurden auch sonstige Carburationsmittel in den Handel gebracht, wie die Rückstände der Compression von Ölgas bei der Bahnbeleuchtung, Carburin, Carburiröl u. s. w., mit welchen auch hier einige kleinere Versuche ausgeführt wurden.

Es folgt nun noch zum Schluss eine Art der Aufbesserung, welche in Deutschland noch nicht eingeführt ist, nämlich mittels carburirtem Wassergas. In den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika hat sich bekanntlich diese Art der Gasfabrikation so entwickelt, dass dort etwa 500 Gasanstalten eine solche Anlage besitzen und zwar ist diese Art neben der gewöhnlichen Kohlen-gasfabrikation dort zur Entwicklung gelangt. Auch in England breitet sich die Herstellung von carburirtem Wassergas immer mehr aus, und zwar nicht zur directen Abgabe dieses Gases allein, sondern zur Aufbesserung des Kohlengases.

Von den vielen Systemen hat sich fast nur das Lowe'sche Generatorsystem besonders entwickelt, in England ist dasselbe ausschliesslich im Gebrauch. Ich hatte Gelegenheit, mich in England über die Wassergasfrage zu unterrichten und ich kann bestätigen, dass die meisten grossen Gaswerke zur Aufbesserung des Gases eine Wassergasanstalt besitzen, so z. B. in London, Brighton, Manchester, Glasgow, Liverpool, Belfast und noch viele mehr, auf dem Continente Brüssel, Copenhagen, Rotterdam. Aber die Herstellung dieses Gases ist mit besonderem Vortheil nur in Ländern möglich, welche auf das nothwendige Petroleum, in England besonders russisches Solaröl, keinen Zoll besitzen. So ist dieses Öl an der englischen Küste zum Preise von etwa M. 5,60 die 100 k zu haben, zum gleichen Preise in Hamburg unverzollt, wozu aber noch M. 7,50 netto an Zoll kommen, so dass der wirkliche Preis etwa M. 13,10 die 100 k beträgt. Der Zoll schliesst somit die Herstellung von carburirtem Wassergas in Deutschland aus Petroleum vollständig aus, man ist vielmehr auf Öle deutschen Ursprungs angewiesen. Es sind dies die Producte der Thüringer Ölfabriken sowie von Messel bei Darmstadt.

Ich hatte in den städtischen Gaswerken Brüssel Gelegenheit, die Ölsorten deutschen Ursprungs gegenüber amerikanischem Petroleum zu versuchen; die Resultate sind sehr zufriedenstellend, indem die deutschen Öle ebenso leicht vergasen und höhere

Leuchtkraft liefern als Petroleum. Dieselben stellen sich wesentlich billiger als verzolltes Petroleum, aber die Versuche zeigten, dass Kohlengas von  $19\frac{1}{3}$  Hfl. in grossen Gasanstalten bei den derzeitigen Kohlenpreisen billiger herzustellen ist als carburirtes Wassergas gleicher Helligkeit. Rechnet man allerdings z. B. die Kohlenpreise von 91/92 oder das Mittel der letzten 10 Jahre, so ist Kohlengas theurer. Die Vortheile des carburirten Wassergases liegen somit nicht gerade in billigerer Herstellung als in anderen Umständen. Wesentlich geringere Anlagekosten gegenüber einer Kohlengasfabrik, geringere erforderliche Fläche für eine grosse Production, lohnende Verwerthung der eigenen Koke, rasche An- und Abstellung des Apparats, bequeme Aufspeicherung des Öles als lichtgebendes Mittel, höhere Concentration dieses Aufbesserungsmittels gegenüber Cannel sind als grosse Vortheile zu betrachten. Noch wichtiger aber ist die grössere Unabhängigkeit von Arbeiterverhältnissen, was in jetziger Zeit, und besonders hier in Hamburg, sehr von Bedeutung ist. Mit 13 bis 14 Mann ist man im Stande, in 24 Stunden z. B. 50 000 cbm Gas herzustellen, während man in der Kohlengasanstalt etwa 170 Arbeiter für die gleiche Menge gebraucht. Bei plötzlich eintretendem Nebel ist die Wassergasanstalt ganz unschätzbar.

Allerdings hat Wassergas einen Übelstand, den höheren Gehalt an Kohlenoxyd, wie aus der Tabelle zu ersehen ist. Aber da doch nicht beabsichtigt ist, Wassergas allein in das Stadtrohrnetz abzugeben, sondern nur in den Herbst- und Wintermonaten 10 bis 15 Proc. dem Kohlengase zuzumischen, so kann ich nicht an so wesentliche Nachtheile glauben. In England wenigstens wird dies ohne Anstand gethan und selbst die strenge Gesundheitspolizei in London hat noch keine Schritte dagegen unternommen. Allerdings im Fall plötzlichen Nebels oder einer Arbeitseinstellung sollte die Wassergasanstalt als mächtige Aushilfe voll arbeiten, im ersten Falle, um das über das Tagesquantum abgegebene Gas zu ersetzen, im zweiten Falle, um die Stadt, wenn auch mit verringertem Druck, doch in Beleuchtung zu erhalten. Ein Vortheil steht wieder auf Seite des carburirten Wassergases, nämlich der penetrante, auffallende Geruch, welcher weit stärker als der des Kohlengases ist.

Da die hiesigen Gaswerke bereits ziemlich voll ausgenutzt sind, so haben wir neben den Projecten für eine gewöhnliche Kohlengasanstalt auch eine Wassergasanlage

ins Auge gefasst für 50000 cbm Tagesproduktion. Es schweben zur Zeit Verhandlungen über diese Frage. Jedenfalls aber hat mir die grosse Einführung in England gezeigt, dass das carburirte Wassergas vollständig über das Versuchsstadium hinaus ist und dort eine wesentliche Beihilfe für die Kohlengasanstalt geworden ist.

Die ganze Wassergasfrage ist recht eigentlich ein Material für den Chemiker der Gasanstalt, und es war auch hier so, dass derselbe die Besichtigungsreisen, Berichte, Versuche sowie die Projectirungsarbeiten, letztere in Gemeinschaft mit einem Bausachverständigen vornehmen musste.

Es gibt in den Gaswerken noch vielerlei, welches dem Chemiker zur Untersuchung übergeben wird; manche Beobachtungen geben Anregung zu wissenschaftlichen Arbeiten und gerade hier warten noch viele Fragen ihrer Lösung; aber leider fehlt dem praktischen Chemiker meist die Zeit zu solchen Arbeiten.

Jedenfalls glaube ich aber im Vorstehenden Ihnen gezeigt zu haben, dass die Processe, welche im Gasanstaltsbetrieb vorkommen, die Untersuchungen, welche gemacht werden müssen, z. B. die Gasanalyse, mit zu den interessantesten Zweigen der chemischen Technologie gehören und dass ein tüchtiger Chemiker hier einen wichtigen und verantwortungsvollen Posten einnimmt.

Damit schliesse ich meine Ausführungen und erlaube mir, die Herren, welche unsere Werke zu besichtigen wünschen, hierzu höchstlich einzuladen.

**Stellvertretender Vorsitzender C. Duisberg:** M. Herren, ich danke dem Herrn Vortragenden für seinen Vortrag und erlaube mir die Anfrage, ob einer der Herren das Wort wünscht.

**Herr Dr. Salomon:** Ich habe vor einigen Wochen eine neue Methode der Darstellung von Wassergas gesehen, die sich wahrscheinlich schnell ausbreiten wird. Es ist dies ein Patent von einem Schweden, welches in Deutschland verwerthet wird und war ich bei einem Versuche in Warstein zugegen. Diese Wassergasherstellung ist vielleicht auch für die Gasfabriken von Interesse. Dieselbe besteht darin, dass man die Verbrennungsproducte, die man früher als Generatorgase erhielt, durch eine einfache Modification im Wassergasofen selbst gleich zu Kohlensäure und Wasser verbrannte und dadurch schneller die für die Wassergaserzeugung nötige hohe Temperatur des Koks erzielt.

Man erreicht dieses durch geringere Höhe der Kokssäule, stärkeren Winddruck und abwechselndes Blasen von oben und unten. Das Verbrennungsgas, welches zwischen 15 bis 18 Proc. Kohlensäure enthält, wird fortgeblasen, nach 2 Minuten gewechselt und der Dampf angestellt. Die Entwicklungszeit des Wassergases beträgt etwa 10 Minuten und 1 k Koks liefert 2 bis 2,5 cbm Wassergas.

**Herr Dr. Leybold:** Ich möchte mir erlauben, darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Versuchen in Warstein um ein nicht leuchtendes Gas handelte. Wir müssen aber ein Leuchtgas herstellen von 17 bis 25 Kerzen, welches etwa 12 Proc. schwere Kohlenwasserstoffe enthält. Das bei dem Heissblasen entstehende Heizgas müssen wir haben, um Carburator und Überhitzer die nötige Hitze für die Vergasung des Öls zu geben. Bei dem Apparat für die Herstellung leuchtenden Gases darf somit nicht Kohlensäure bei dem Heissblasen entstehen, sondern Kohlenoxyd, welches mit Luft im Carburator und Überhitzer verbrannt wird. Der Process der Wassergasfabrikation ist bekanntlich ein periodischer, indem erst der Generator heissgeblasen wird. Die hierbei entstehenden Heizgase erhitzen bei ihrer Verbrennung mit eingeblasener Luft die Steinfüllung von Carburator und Überhitzer. Ist die richtige Temperatur erreicht, so beginnt das Gasmachen, indem in den Generator Dampf und zugleich in den Carburator Öl eingelassen wird. Das glühende Gas nimmt die Öldämpfe mit und diese verwandeln sich im Durchstreichen der Steinfüllung in permanentes Gas. Ich möchte also nochmals darauf hinweisen, dass es sich in Warstein um nicht leuchtendes Wassergas handelte.

**Herr Dr. Krey:** Ich möchte noch den besonderen Dank dafür aussprechen, dass Herr Dr. Leybold auf einheimische Rohprodukte hingewiesen und gleichzeitig erwähnt hat, wie gross der Consum an ausländischer Cannelkohle ist. Wir haben aus dem Vortrage des Herrn Dr. Leybold entnehmen können, dass er sächsisches Öl in Belgien hat vergasen sehen, und wir haben gehört, wieviel englische Cannelkohlen hier importirt werden. Ich kenne den Process, den der Herr Vortragende hier geschildert hat, aus eigner Anschauung. Meines Wissens ist z. Z. allerdings dieser Process nicht nur in England, sondern auch in Schottland, Australien und Amerika in etwa 40 Anstalten ausschliesslich zur Anreicherung von Leuchtgas angewendet. Es ist ausserordentlich

bedauerlich, dass unseren deutschen Steinkohlengasleuten das Ölgas eigentlich nicht als ganz vollwerthig und in demselben Maasse zu berücksichtigen erscheint, wie es berücksichtigt werden muss, insofern, als wir doch in der sächsischen Braunkohle das Rohmaterial für das Ölgas und damit eine Industrie haben, die Zehntausende von Menschen ernähren kann, deren Wohl und Wehe mit der Gasindustrie verquickt ist. Bis heute sind ja der Hauptconsument der Gasölindustrie die deutschen Eisenbahnverwaltungen, und dass sie es auch bleiben werden, scheint aus einigen Ausserungen des Herrn Ministers hervorzugehen. Vor allem freut mich, dass der Herr Vortragende bei den Steinkohlengasleuten das Interesse für das Ölgas wachgerufen hat.

**Herr Professor Dr. Delbrück:** Ich möchte die Anfrage an den Herrn Vortragenden richten, ob das Verfahren, dem Gas in ge regelter Weise Spiritus zuzufügen, um das Naphtalin im Gase zu erhalten, die Ausscheidung zu verhindern, in die Praxis eingeführt ist.

**Herr Dr. Leybold:** Dies Verfahren ist namentlich in kleineren Anstalten eingeführt, und dort sollen die Resultate gute sein. Wir haben es in Hamburg noch nicht versucht, weil wir namentlich während der Arbeit mit Benzol Gelegenheit hatten, das Naphtalin festzuhalten. Die Aufbesserung mit Benzol hat Vortheile gegenüber dem Verfahren mit Spiritus. Letzteres ist zwar ein neues Patent, ist aber durchaus alt und schon vor 30 bis 40 Jahren in der Gasfabrikation eingeführt.

**Herr Prof. Delbrück:** Ich möchte wissen, ob die Leuchtkraft dadurch gesteigert wird.

**Herr Dr. Leybold:** Nein, durchaus nicht.

**Herr Prof. Delbrück:** Würde eine solche Anwendung nicht möglich sein, um das Naphtalin zu hindern, in das Gas einzutreten?

**Herr Dr. Leybold:** Das Naphtalin tritt besonders in Gasanstalten auf, wo eine sehr hohe Temperatur vorhanden ist. Bei mittlerer Temperatur ist die Naphtalinbildung weit geringer als bei höherer Temperatur. Es gibt leider noch kein Mittel, um den Naphtalingehalt im Gas zu bestimmen, so dass man quantitative Untersuchungen hätte machen können. Ein Mittel, das Naphtalin vollständig zu beseitigen, gibt es nicht; es

ist nur möglich, dass man die Leuchtkraft des Gases gut hält, indem man mittlere Temperatur anwendet.

**Herr Prof. Delbrück:** Ich hatte angenommen, dass man durch Naphtalinzusatz oder durch Mehrüberführung von Naphtalin in das Gas die Leuchtkraft des Gases wesentlich erhöhen könnte, wenn auch die Leuchtkraft nur zu einem Theil durch das Naphtalin bedingt wird.

**Herr Dr. Leybold:** Naphtalin ist nur zum geringen Theile der Träger der Leuchtkraft des Gases. Es lässt sich allerdinss, wie z. B. bei den Albocarbonbrennern, dem Gase kurz vor dem Brenner mittels Naphtalin eine hohe Leuchtkraft ertheilen, aber dies bereits in der Gasanstalt zu thun, ist nicht an gängig. Wenn Leuchtgas bei dem Durch streichen langer Rohrleitungen im Winter an Leuchtkraft abnimmt, so liegt dies weniger an dem ausgeschiedenen Naphtalin als an den flüssigen Ölen, welche sich im Winter in den Siphontöpfen vorfinden.

**Stellvertretender Vorsitzender C. Duisberg:** Ich möchte auch der Verwendung des deutschen Braunkohlenöls das Wort reden, wie Herr Director Dr. Krey es gethan hat, aber nicht im Interesse der Braunkohlen industrie, sondern, ich möchte sagen, aus egoistischen Gründen, im Interesse der organischen Theer- und Farbenindustrie. Bekanntlich hat uns die Gasindustrie in den letzten Jahren das Benzol unendlich vertheuert, und wir sind ebenso böse wie die Gasindustrie selbst, dass diese Art der Carburirung so grosse Aufnahme gefunden hat. Es ist zwar zu erwarten, dass die Gewinnung von Benzol bei der Kokerei, die in Schlesien fast überall durchgeführt ist, in England anfängt, sich breit zu machen und auch in Amerika eingeführt wird, uns mit so vielem Nährstoff versorgen wird, dass hieran kein Mangel ist. Denkt man doch jetzt schon daran und macht Versuche aus Sorge für eine Überproduction, das Benzol direct, sei es durch Zusatz zum Spiritus bez. Petroleum, zur Verbilligung des Spiritus bez. Petroleumglühlights unter zu bringen. Ich möchte aber doch, da diese Zeit noch fern zu liegen scheint, an den Herrn Vortragenden die Frage richten, wie hoch der Benzolpreis speciell hier in Hamburg, deren Gasanstalt eine der grössten Abnehmer für Benzol gewesen ist, sein darf, um dasselbe als Carburirungsmittel zuzulassen, und wie gross der Consum für diesen Zweck im letzten Winter war.

**Herr Dr. Leybold:** Ich kann mich dahin aussern, dass bei dem jetzigen Preis in Hamburg das Maximum, welches man für Benzol anwenden kann, 43 Mark für 100 k ist; bei einem höheren Preis ist die Arbeit mit Benzol unvorteilhaft. Das Quantum, das wir verbrauchen, lässt sich nur annähernd berechnen; es werden ja immerhin grosse Quantitäten Cannelkohle verbraucht, um nicht das Benzol allein verwenden zu müssen. Wir haben  $\frac{3}{4}$  Jahre ausschliesslich mit Benzol gearbeitet und verbrauchten im Maximum 1200 k pro Tag, im Minimum 700 k. Im Ganzen haben wir in den  $\frac{3}{4}$  Jahren etwa 800 t verbraucht.

**Stellvertretender Vorsitzender C. Duisberg:** Indem ich Herrn Dr. Leybold für seine freundliche Auskunft bestens danke, frage ich noch einmal, ob Jemand das Wort wünscht. Es scheint das nicht der Fall zu sein, und ich bitte nun Herrn Professor Dr. Ferd. Fischer, uns mit seinem Vortrage zu erfreuen.

**Ferd. Fischer:**

#### Thermochemie in der chemischen Industrie.

Die brennenden Holzscheite auf dem offenen Herde unserer Vorfahren bilden den Ausgangspunkt jedes Culturlebens. Erst später wurde an einzelnen Orten (bes. Nordwestdeutschland) Torf mit verwendet, während die Verwendung von Mineralkohlen der Neuzeit angehört<sup>1)</sup>.

Auch jetzt ist Holz noch ein wichtiger Brennstoff. Deutschland hat 14 Millionen ha Waldfäche<sup>2)</sup>. Nun beträgt im Schwarzwalde der jährliche Zuwachs auf 1 ha Bodenfläche im Mittel 3400 k Fichtenholz, in den Vogesen 3650 k Buchenholz. Der jährliche Zuwachs an Holz in Deutschland beträgt darnach etwa 50 Millionen Tonnen, wovon etwa 40 Millionen früher oder später zur Verbrennung kommen.

Die dabei freiwerdende Wärme (bez. das Licht) liefert die Sonne. Verbrennt z. B. Zellstoff:

$C_6H_{10}O_5 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 5 H_2O$ ,  
so werden für je 1 k Zellstoff 4200 w entwickelt. Umgekehrt müssen zur Bildung von 1 k Zellstoff:

$6 CO_2 + 5 H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6 O_2$ ,  
von den Sonnenstrahlen 4200 w gebunden werden.

Darnach entzieht 1 qm Waldfäche den Sonnenstrahlen jährlich durchschnittlich etwa

<sup>1)</sup> Vgl. Ferd. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig, 1897) S. 457.

<sup>2)</sup> Fischer's Jahresber. 1895, 103.

1400 w, somit, da der Baumwuchs sich wesentlich auf etwa 140 Tage beschränkt, täglich durchschnittlich 10 w. Diese 10 w auf 1 qm oder 100 000 w auf 1 ha Wald entsprechen dem durchschnittlichen täglichen Wärmeunterschied zwischen Wald und öder Fläche, aber auch der Grösse der Nutzbarmachung der Sonnenenergie durch den Wald, welche nur etwa 4 bis 5 Proc. der in unseren Breitengradeu verfügbaren Sonnenenergie (auf 1 qm etwa 30 000 w jährlich) ausmachen. Könnte der Baum alle Sonnenenergie binden, so würde es im Walde finster und kalt sein.

Nach Versuchen von A. Mayer<sup>3)</sup> bilden unter besonders günstigen Wachstumsverhältnissen die auf 1 qm wachsenden Rüben 1,6 k Trockensubstanz, entspr. etwa 6400 w, oder etwa  $\frac{1}{5}$  der verfügbaren Sonnenenergie. Mayer hebt hervor, dass im Grossbetriebe an solche Erträge allerdings nicht zu denken sei.

Nach dem Bericht von C. v. Eckenbrecher<sup>4)</sup> über Kartoffelanbau lieferte die Kartoffel „Silesia“ auf 1 ha bis 85 hk, auf 1 qm somit 0,85 k Stärke. Rechnet man dazu die übrigen Bestandtheile der Kartoffel und das Kraut, so ergeben sich für 1 qm fast 4000 w. Sämmtliche auf 24 Gütern angebaute 17 Kartoffelsorten ergaben i. J. 1896 im Durchschnitt 0,39 k Stärke, entspr. etwa 1800 w, i. J. 1895 aber 0,47 k Stärke oder etwa 2100 w. Die Berliner Rieselfelder<sup>5)</sup> lieferten i. J. 1889 im Durchschnitt auf 1 qm 0,155 k Weizen und 0,221 k, Stroh, entsprechend etwa 1500 w, die anderen Getreidearten nur etwa 1100 bis 1200 w gebundene Sonnenwärme. Im Jahre 1895 lieferte in gewöhnlicher Feldwirthschaft im Durchschnitt<sup>6)</sup> 1 qm in Malchow 0,344 k Roggen und 0,396 k Stroh, entsprechend etwa 3600 w, dagegen Sputendorf nur 0,096 k Roggen und 0,18 k Stroh, entsprechend etwa 900 w Sonnenwärme.

Würden nun durch passende Culturpflanzen auf 1 qm 2400 w gewonnen, somit auf 3 qm soviel als 1 k guter Steinkohle entspricht, so würde 1 ha den Wärmewerth von 3300 k Steinkohle liefern. Deutschland hat 540 504 qkm Fläche; würden hiervon (ausser Wald) 240 000 qkm oder 24 Millionen ha in dieser Weise so angebaut, so würde (ausser 50 Mill. t Holz) der Wärme-

<sup>3)</sup> Landw. Versuchsstat. 48, 73.

<sup>4)</sup> Zft. f. Spirit. 1897, Ergänzthft. 1.

<sup>5)</sup> Ferd. Fischer: Das Wasser, seine Verwendung, Reinigung und Beurtheilung mit besonderer Berücksichtigung der gewerblichen Abwässer S. 125.

<sup>6)</sup> Verwaltungsber. des Magistrats zu Berlin 1895, 96.