

Fortschritte der Gaserzeugung und Gasverwendung¹⁾.

Von H. BUNTE.

(Eingeg. 23./5. 1910.)

Wenn ich, der Anregung unseres Vorstandes entsprechend, es unternehme, innerhalb einer kurzen akademischen Stunde Ihnen über Fortschritte der Gaserzeugung und Gasverwendung zu berichten, so möchte ich meine Betrachtungen zunächst auf das Steinkohlengas beschränken und zu schildern versuchen, wie unter der Herrschaft des Gasglühlichtes die Gasindustrie im Laufe des letzten Jahrzehntes sich entwickelt hat.

Zunächst gestatten Sie mir einige allgemeine Bemerkungen über die äußere Lage und die extensive Entwicklung der Gasindustrie, über die in weiten Kreisen, allerdings nicht in den unseren, vielfach völlig irrige Anschauungen herrschen.

Die Statistik zeigt, daß in keiner früheren Periode die Zunahme der Zahl der Gasanstalten sowohl wie die Zunahme des Gasverbrauches eine größere gewesen ist, als in dem jüngst verflossenen Jahrzehnt. Dutzende, ja Hunderte von kleinen Städten und Ortschaften, die bis vor kurzem eine Zentrale entbehrten, wurden mit Gas versorgt, und selbst in einer Reihe von Orten, welche mit Strom aus elektrischen Zentralen versorgt sind, wurden Gaswerke errichtet. Über das Weichbild der Städte hinaus oder durch Zusammenfassung mehrerer Ortschaften hat man der ländlichen Bevölkerung Gas zur Beleuchtung, Heizung und Kraftversorgung zugeführt, und so sind in den letzten Jahren eine größere Anzahl von Gasfernversorgungen oder moderner „Überlandzentralen“ entstanden, die sich rasch vermehren. Die Fig. 1 (S. 2450) gibt ein Bild der Verteilung solcher Fernversorgungen vom Jahre 1908²⁾.

Der Gasverbrauch in Deutschland hat sich während des letzten Jahrzehnts im großen Durchschnitt verdoppelt und dürfte zurzeit 2,5 Milliarden Kubikmeter im Jahr betragen. Unsere Reichshauptstadt Berlin, die im Jahre 1898 noch mit 183 Mill. Kubikmeter ausreichte, verbraucht heute, trotz ihrer glänzenden Versorgung mit elektrischem Strom, über 400 Mill. Kubikmeter Gas, und der Konsum pro Kopf der Bevölkerung hat sich von 70 cbm auf 120 cbm im Jahre gehoben.

Dasselbe Bild einer kräftigen Entwicklung zeigt sich innerhalb und außerhalb des deutschen Reiches, und nirgends bemerken wir Anzeichen eines Rückganges oder gar die Verdrängung der zentralen Gasversorgung mit chemischer Energie

gegenüber der fortschreitenden Versorgung mit elektrischem Strom, wenn auch der Wettkampf beider Energieformen in den Grenzgebieten manche Verschiebungen hervorgebracht hat.

Mit dieser äußeren Entwicklung hat auch die innere technische Durchbildung der Gasindustrie nach der chemischen und mechanischen Richtung gleichen Schritt gehalten.

Durch umfangreiche Verwendung zweckmäßiger Transportmittel im Großbetriebe, sowie durch rationelle Gestaltung der Öfen und Apparate wurde die lästige Arbeit der Gaserzeugung aus Kohle in weitgehender Weise der Maschine übertragen, so daß in den neueren Anlagen gegen früher die Zahl der erforderlichen Arbeiter auf den dritten und vierten Teil vermindert und damit in sozialer und hygienischer Richtung ein wesentlicher Fortschritt erreicht werden konnte.

Wenden wir uns zum chemisch-technischen Teil unseres Themas, so beginnt mit dem Auftreten des neuen Auerlichtes 1891 eine Umwälzung durch die bis zum Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts die alten Schnitt- und Argandbrenner bis auf wenige Reste verdrängt wurden.

Mit dem Gasglühlicht und dem Auerstrumpf, der auch heute noch aus reinem Thoroxyd mit 1% Ceroxyd besteht, war der Bunsenbrenner auf dem ganzen Gebiet der Gasverwendung zur Beleuchtung und Heizung zur Herrschaft gelangt, und auf der zweckmäßigen Ausgestaltung dieser genialen Erfindung beruhen im wesentlichen die neueren Fortschritte der Gasbeleuchtung, die nunmehr auf das Problem der Gasheizung und der Erzeugung hoher Temperaturen zurückgeführt worden ist.

Die ausschließliche Verwendung von entleuchtetem Gas im Bunsenbrenner hat auch für die Gaserzeugung freie Bahn geschaffen, denn es gilt nicht mehr wie früher aus teuren Rohstoffen in kleinen Retorten ein Gas zu erzeugen, welches an sich mit leuchtender Flamme brennt, sondern durch zweckmäßige Gestaltung des Entgasungsprozesses aus dem Rohstoff, der Steinkohle, möglichst viel Heizwert in Gasform zu gewinnen.

Um diese Verhältnisse wissenschaftlich zu untersuchen und für die Forschungen auf dem Gebiete der Gaserzeugung und Verwendung eine Zentralstelle zu verschaffen, hat der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern vor 3 Jahren eine Lehr- und Versuchs-Gasanstalt geschaffen, welche an die Technische Hochschule in Karlsruhe angegliedert ist. Dieser in ihrer Art ersten und einzigen Anstalt ist inzwischen, von dem englischen Gasinstitut gegründet, eine ähnliche Anstalt gefolgt, welche an die Universität in Leeds angeschlossen wurde, und weiter ist in Wien ein ähnliches Institut an der dortigen Fachschule geschaffen worden.

¹⁾ Vortrag gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker zu München am 20./5. 1910.

²⁾ Journ. f. Gasbel. 1909, S. 1062.

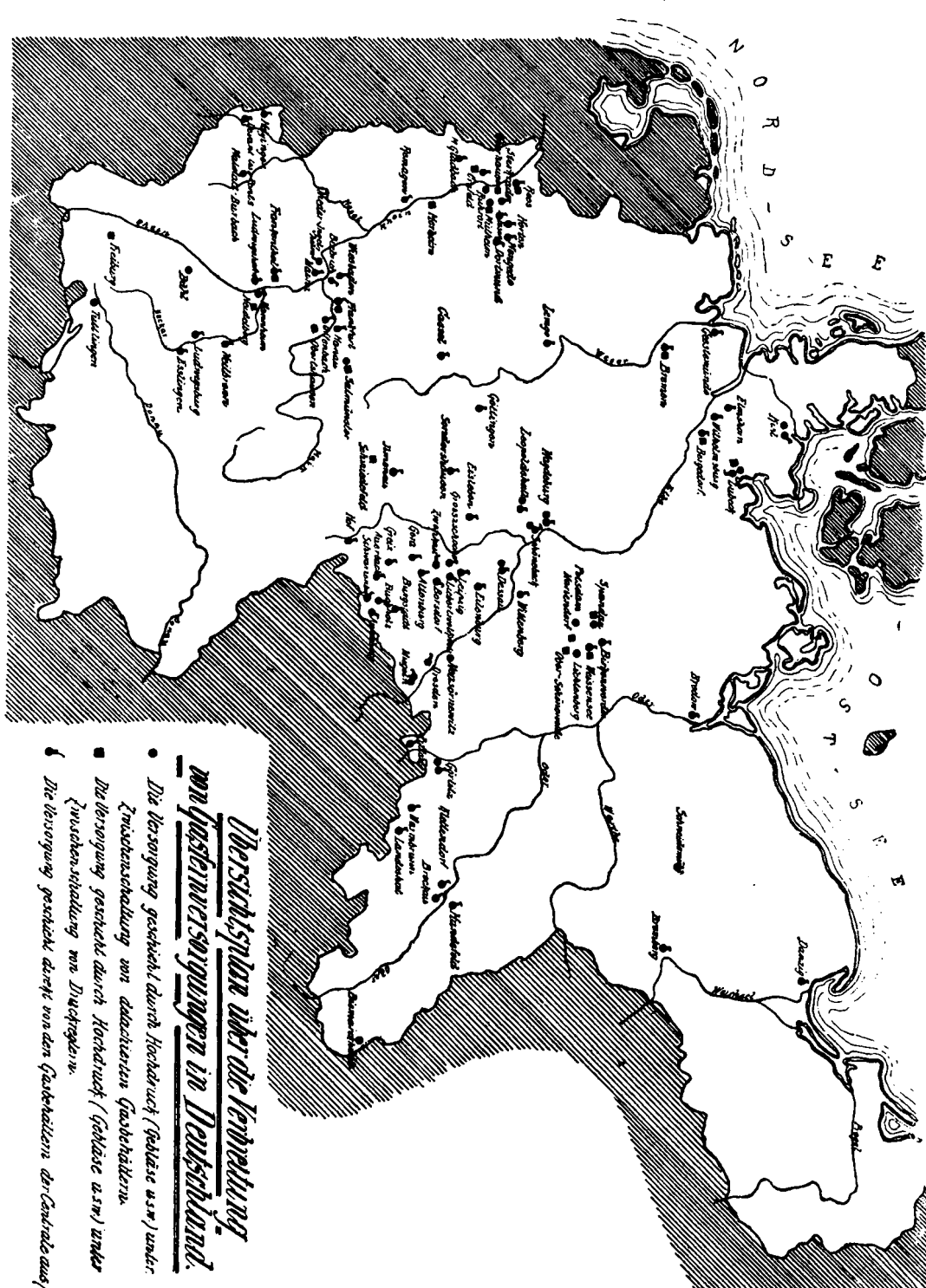


Fig. 1. Gasfernversorgungen in Deutschland. (Journ. f. Gasbeleuchtung 1909, S. 1062, Fig. 1189).

Unsere Versuchsgasanstalt hat es sich zunächst als Hauptaufgabe gestellt, die deutschen Gaskohlen einer vergleichenden Prüfung zu unterziehen, und hat diese Untersuchungen bis jetzt auf 60 Kohlenarten der wichtigsten Kohlenbecken: Rheinland-Westfalen, Saar, Sachsen und Schlesien ausgedehnt. Ich muß es mir versagen, auf die Einrichtung dieser Anstalt und die Art der Durchführung der Versuche näher einzugehen (Mitteilungen hierüber finden sich im Journal für Gasbeleuchtung).

Ich will nur bemerken, daß es sich um eine ähnliche für den besonderen Zweck eingerichtete Anstalt handelt, wie die vor 30 Jahren hier in München gegründete Heizversuchsstation, in welcher durch Versuche im Großen der Heizwert der Kohlen und dessen Verteilung im praktischen Betriebe zum erstenmal zuverlässig festgestellt wurde. Auch bei unserer Versuchsgasanstalt handelt es sich nach dem Vorausgegangenen in der Hauptsache um die Ermittlung des aus dem Rohstoff gewinnbaren Heizwertes in Gasform, der im allgemeinen mit einem zehnmal höheren Preise bezahlt wird als der Heizwert im Koks.

Zunächst ist festzustellen, daß der Heizwert der Kohle sich nach der trockenen Destillation fast unvermindert in den Produkten wiederfindet, wie die Fig. 2 zeigt, welche die Ergebnisse einer Gruppe von Versuchen mit Ruhrkohlen bildlich darstellt. Wenn auf der Fig. 2, welche die Verteilung des Heizwertes auf Gas, Koks und Teer zeigt, noch ein gewisser Anteil mit „Verlust“ bezeichnet ist, so ist dieser mehr den unvermeidlichen Versuchsfehlern zuzuschreiben (Gasverlust beim Laden und Ziehen der Retorten, Graphitbildung und Teerprodukte im Steigrohr usw.) als einem wirklichen Verlust an Heizwert bei der Zersetzung. Wir haben es also bei der Destillation mit einem Veredlungsprozeß zu tun, der, wenn wir absehen von dem zur Heizung der Öfen auf die Zersetzungstemperatur verwendeten Brennstoff, der ca. 10–12% des Heizwertes der Kohle beträgt — ohne Verlust verläuft und bei dem aus Rohkohle ca. zwei Drittel des Gewichts an ruß- und rauchfrei brennendem Koks neben etwa einem Viertel des Gewichts an wertvollem Heizgas, also 90% des Heizwertes wieder gewonnen wird; etwa 8% des Heizwertes finden sich im Teer.

Auf die ökonomische und hygienische Bedeutung dieses Verhältnisses für unsere Städte und deren Bestrebungen zur Bekämpfung der Ruß- und Rauchplage brauche ich kaum näher einzugehen und möchte als Radikalmittel das Schlagwort empfehlen: „Heize mit Koks, koche mit Gas“.

Was nun die technische Ausführung der Steinkohlengaserzeugung anlangt, so zeigen die Tafeln Fig. 3, 4 u. 5 zwei charakteristische Typen neuer Ofenkonstruktionen: den Münchner Kammerofen von Direktor Ries, der auf der

neuen Gasanstalt an der Dachauer Straße im Betrieb vorgeführt wird, und den Dessauer Vertikalofen von Dr. Bueb in seiner neuen Ausführung nach Dir. Körtling - Berlin.

Nachdem in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts die Gasfeuerung mit Recupération bei Gasretortenöfen zur allgemeinen Einführung gekommen war, konnte man das seit Murdoch und Clegg fast 100 Jahre festgehaltene Prinzip, die Entgasung in kleinen horizontal angeordneten

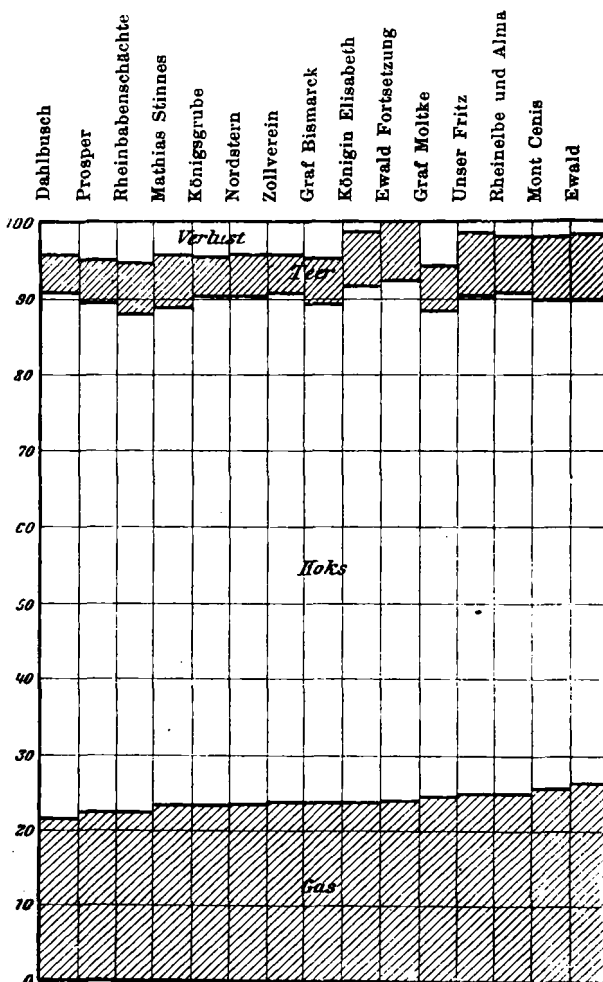


Fig. 2. Verteilung des Heizwertes der Kohle auf die Destillationsprodukte: Gas, Teer, Koks.

Retorten vorzunehmen, verlassen und Entgasungsräume von beliebiger Lage und Größe gleichförmig beheizen; es kostete jedoch eine Fülle von Arbeit und Intelligenz, bis man sich von den hergebrachten Anschauungen losmachen und die praktischen Schwierigkeiten überwinden lernte. Es gebührt deshalb den oben genannten Herren aufrichtiger Dank und volle Anerkennung ihrer Leistungen. Zunächst suchte man mittels Schrägstellung der Retorten die Bekohlung und Entleerung durch die eigene Schwere der Stoffe zu erleichtern (Cozeöfen); eine radikale Lösung wurde jedoch erst durch völlige Senkrechstellung erreicht in den „Vertikalöfen“, mit 10- bis 12stündiger Entgasungsdauer, statt der früher 4- bis 6stündigen Garung in den alten Retorten.

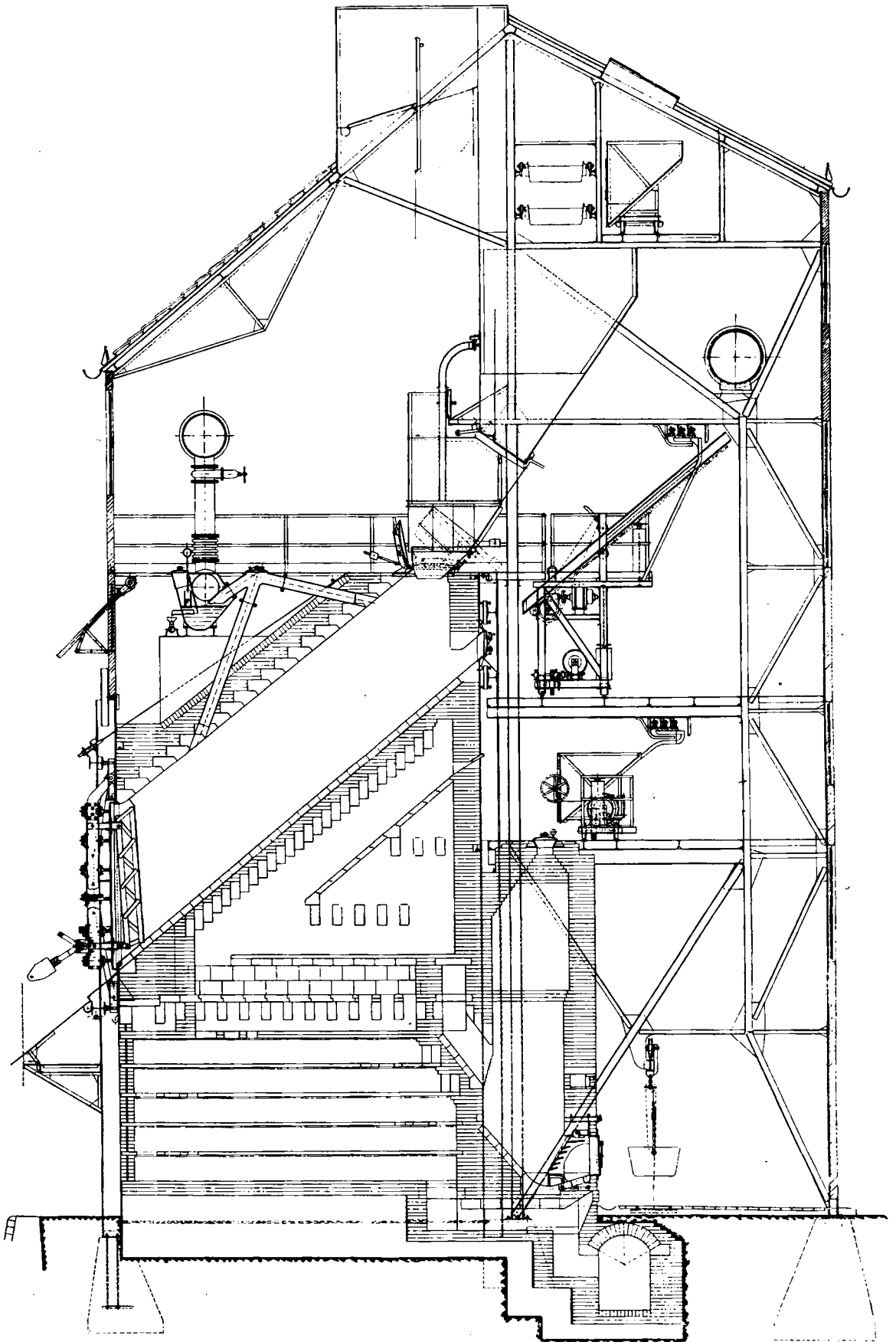


Fig. 3. Münchner Kammerofen von Ries.

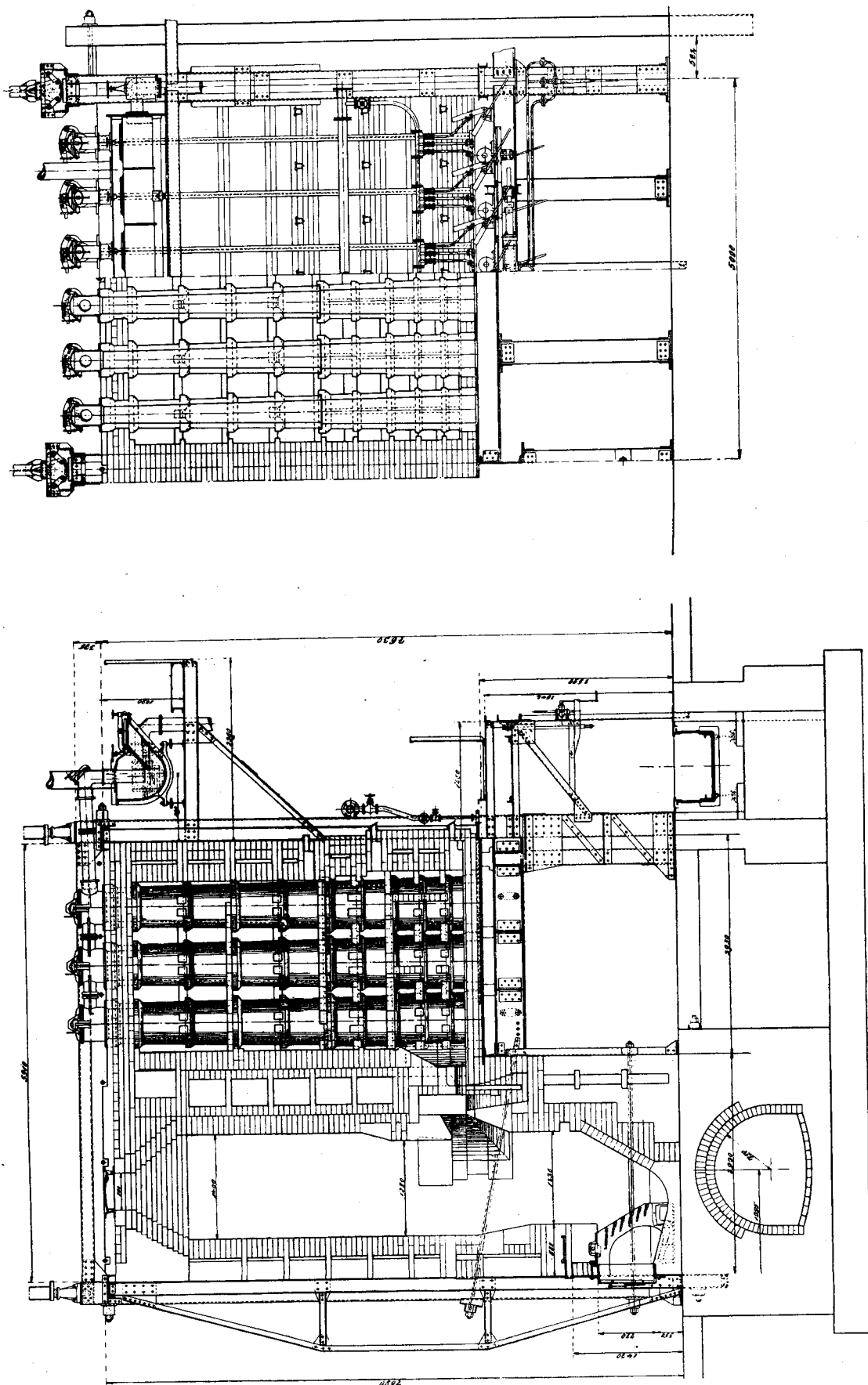
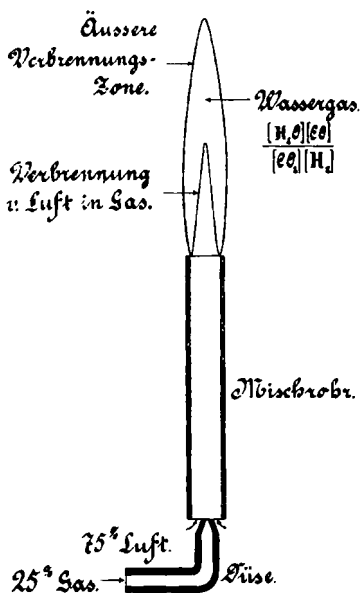


Fig. 4 u. 5. Dessauer Vertikalöfen. Buß-Körting, 1910.

Ein anderer Weg des Fortschrittes führte von den Öfen der Destillationskokerei in Verbindung mit schräger Sohle der Kammern zu den Großraumöfen von R i e s mit 24stündiger Garungszeit. Wenn man bedenkt, daß bei jeder Ladung und Entleerung der alten kleinen Retorten menschliche Bedienung in Anspruch genommen wird, und Ruß und Rauch dabei unvermeidlich sind, so wird man ohne weiteres erkennen, welcher Fortschritt durch die Lösung dieser Probleme in bezug auf Ökonomie und Hygiene im Betrieb der Gaserzeugungsöfen erreicht worden ist. Für die Herstellung von 100 000 cbm

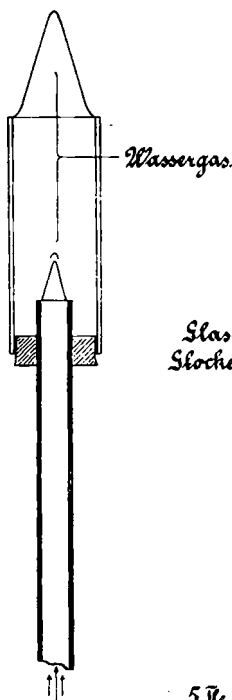
glühenden Koks zersetzt sich der Wasserdampf zu Wassergas, das sich dem Destillationsgas beimischt.

Im Ausland haben besonders englische Ingenieure eifrig mit der Verbesserung der maschinellen Bekohlung und Entleerung horizontaler und schräger Retorten sich beschäftigt und an einer kontinuierlichen oder halbkontinuierlichen Entgasung von Kohlen in Vertikalretorten gearbeitet. Bei der kontinuierlichen Entgasung nach W o o d a l l und D u c k h a m werden die zerkleinerten Kohlen kontinuierlich durch maschinelle Einrichtungen in die Vertikalretorte geworfen, und der Koks ebenfalls



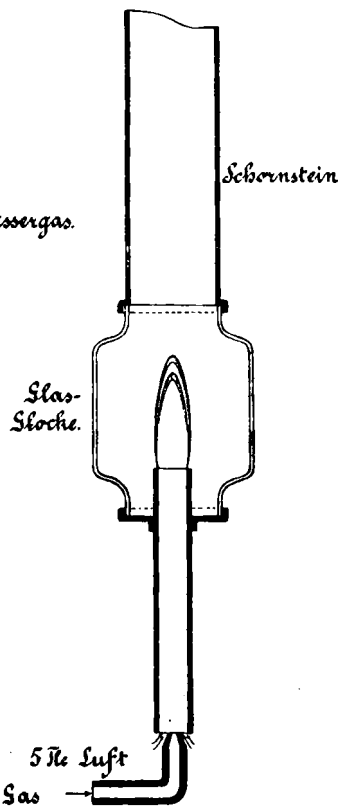
Flamme des Bunsen-
Brenners

Fig. 6.



Flammen-
Spaltung

Fig. 7.



Lukas-Lampe

Fig. 8.

Gas in 24 Stunden, was für München etwa in Frage kommt, waren bei den alten Retortenöfen 2376 Ladungen und Entleerungen erforderlich; dagegen bedürfen die neuen Kammeröfen für die gleiche Leistung nur 120 Ladungen, also etwa nur den 20. Teil.

Als weitere technische Vorteile der neuen Öfen haben sich unter anderen gezeigt: verminderte Bildung des lästigen Naphthalins, vermehrtes Ausbringen des wertvollen Ammoniaks und besonders gute Beschaffenheit des Koks bei gasreichen Juhlen.

Durch Anwendung des sog. „Nassen Betriebes“ bei Vertikalöfen hat man auch eine erhebliche Steigerung der Gasausbeute um 12–17% dadurch erreicht, daß man vor Schluß der Destillationsperiode Wasserdampf in die Retorte einbläst; mit dem

durch maschinelle Vorrichtungen gleichmäßig unten abgezogen; bei dem halbkontinuierlichen Verfahren werden in kürzeren Pausen größere Mengen Kohlen eingeworfen und Koks unten abgezogen, ähnlich wie es bei der Destillation des bituminösen Schiefers in Schottland oder der Braunkohlen in Deutschland geschieht. Diese an sich sehr interessanten Verfahren sind zurzeit über das Versuchsstadium bis jetzt kaum hinausgekommen; in Deutschland verspricht man sich gegenüber den im Großbetriebe bewährten neuen Ofentypen von der kontinuierlichen Entgasung vorerst noch keinen praktischen Erfolg.

Die übrigen Betriebseinrichtungen der Gasanstalten zur mechanischen und chemischen Reinigung des Rohgases treten in technischer und wirtschaftlicher Bedeutung weit hinter dem Ofenbetrieb zurück, doch sind auch hier wichtige Verbesserun-

gen zur allgemeineren Einführung gelangt; so die neueren Naphthalin-, Cyan- und Ammoniakwässer und manche andere zweckmäßige Änderung in Betriebsapparaten. Als Ersatz für die trockene Schwefelreinigung mit Eisenoxyd haben u. a. Burckheiser und Dr. Feld interessante Verfahren zur nassen Reinigung vorgeschlagen, durch welche erhebliche Platzersparung in der Anlage und Vereinfachungen im Betriebe erreicht werden sollen. Nach diesen Verfahren werden zurzeit in Hamburg und Königsberg Versuche in größerem Maßstabe durchgeführt.

Was nun die Gasverwendung betrifft, so hat der Bunsenbrenner aus seiner Geburtsstätte, dem von Bunsen in den 50er Jahren neu gebauten und zuerst mit Gas versorgten chemischen Laboratorium der Universität Heidelberg, im Laufe des vorigen Jahrhunderts in den mannigfaltigsten Formen und Größen erfolgreich seinen Weg gefunden in zahllosen Gasheizapparaten nicht nur für Küche und Haus, sondern für Tausende von Werkstätten des Groß- und Kleinbetriebes, von der Härtung der Panzerplatten bis zur kleinsten Uhrfeder und der Herstellung feinsten Glühfäden und Metallfadenlampen der elektrischen Industrie.

Man kann annehmen, daß heute im Durchschnitt in Deutschland etwa die Hälfte des abgegebenen Gases, also etwa eine Milliarde cbm im Jahr für Heizzwecke verwendet wird.

Seine wichtigste und interessanteste Ausgestaltung hat aber der Bunsenbrenner zur Beleuchtung im Gasglühlicht im letzten Jahrzehnt erfahren, und ich darf mir wohl erlauben, an die Vorgänge in der Bunsenflamme kurz zu erinnern. Die Figuren 6, 7 und 8 mögen zur Erläuterung dienen.

Um zunächst eine rußfreie Flamme zu erhalten, wird dem Leuchtgas vor der Verbrennung nach den Angaben des genialen Erfinders durch die saugende Wirkung des Gasstromes die zur Entleuchtung notwendige Menge Luft zugeführt. Nach der Mischung in dem Rohr über der Gasdüse erscheinen in der Flamme zwei konzentrische scharf begrenzte Kegel, von denen der innere grüne, die außerordentlich dünne Mantelfläche der unvollständigen Verbrennung oder der Verbrennung von Luft in überschüssigem Gas darstellt. Der nun folgende, von der äußeren Verbrennungszone begrenzte Raum ist von den Produkten der unvollständigen Verbrennung erfüllt und enthält im wesentlichen neben dem N_2 der Luft CO und CO_2 , sowie H_2 und H_2O , also mit N verdünnte Bestandteile des sog. Wassergases. Der äußere, ebenfalls sehr dünne Kegel bezeichnet die Fläche, an der die noch unverbrannten Gase den zu ihrer vollständigen Verbrennung notwendigen Sauerstoff in der Luft finden. Beide Verbrennungszonen können durch „Flammenspaltung“ (Fig. 7) getrennt werden. Dadurch wird die Untersuchung der Produkte unvollständiger Verbrennung wesentlich erleichtert.

²⁾ Vgl. die Verfahren von W. Feld auf der Gasanstalt Königsberg.

³⁾ Verfahren von Burckheiser in Aachen, Hamburg.

Mischen wir nun, etwa wie in der Gebläseflamme, dem Gase vor der Verbrennung eine immer größere Luftmenge bei, so verkleinert sich die Flamme, die beiden Kegel rücken immer näher zusammen, und die Verbrennungswärme entwickelt sich auf einem kleineren Raum, dessen Temperatur sich naturgemäß steigert, bis die beiden Flächen nahezu zusammenfallen, d. h. die gesamte Verbrennungswärme auf kleinstem Raum entwickelt wird.

Bringen wir in die Bunsenflamme einen Glührumpf, dessen Form sich der äußeren Begrenzung der Bunsenflamme anschließt, so wird das feine Gewebe aus Edelerden, der sogenannte Auerstrumpf, nahezu die Temperatur der Flamme jeweils annehmen und nur so weit darunter bleiben, als die Wärmeabstrahlung der Temperatursteigerung entgegenwirkt; der Glühkörper wird hiernach unter sonst gleichen Umständen umso heißer werden, je kleiner die Flamme, je größer die Wärmekonzentration ist. Nun ist das Leuchten des Auerbrenners, wenn auch nicht ausschließlich, so doch in der Hauptsache ein „Temperaturleuchten“, d. h. der Auerstrumpf gehorcht annähernd den für die Strahlung des „schwarzen“ Körpers geltenden Gesetzen, wonach die Gesamtstrahlung in der Hauptsache Wärmestrahlung etwa mit der vierten Potenz der absoluten Temperatur zunimmt, während die Lichtstrahlung etwa mit der zwölften Potenz also ganz außerordentlich viel rascher steigt. Eine geringe Steigerung der Temperatur der Bunsenflamme bzw. des Glühkörpers wird demnach zwar eine erhöhte Wärmeabstrahlung, aber eine unvergleichlich größere Lichtstrahlung, also Zunahme der Leuchtkraft bewirken.

Diese wichtigen Beziehungen lassen sich am einfachsten erklären an den beiden Figuren 9 u. 10. Fig. 9 stellt nach Lummer die Verteilung der Strahlungsenergie eines schwarzen Körpers bei $1728^\circ C$ dar. Die gestreifte Fläche innerhalb der Kurve entspricht der nicht sichtbaren Wärmestrahlung; während die nicht gestrichelte Fläche zwischen der Wellenlänge $0,4$ und $0,75 \mu$, für die unser Auge allein empfindlich ist, der Lichtstrahlung entspricht. Man erkennt, wie gering bei dieser Temperatur der auf die Lichtstrahlung treffende Teil gegenüber der langwelligen unsichtbaren Wärmestrahlung ist. Das Maximum der Strahlung liegt zwischen den Wellenlängen 1 und 2μ , also weit außerhalb des sichtbaren Teiles des Spektrums: Mit steigender Temperatur findet aber eine Verschiebung des Maximums der Strahlungsenergie nach kleineren Wellenlängen statt, Wiens Verschiebungsgesetz; wie die Figur 10 zeigt: nähert sich mit der Temperatursteigerung das Maximum der Strahlung immer mehr dem sichtbaren Teil und würde zwischen 3000° und 4000° ganz in das sichtbare Gebiet des Spektrums fallen.

Diesen Weisungen der Strahlungsgesetze ist man bei der Verbesserung des Gasglühlichtes gefolgt, indem man ausgehend von dem stehenden Auerbrenner nach den Gesetzen der Feuerungskunde zu immer höheren Temperaturen der Bunsenflamme aufstieg und dadurch den Lichteffect und die Ökonomie der Lampen erheblich steigerte, wie dies folgende Tabelle erkennen läßt.

*Verteilung der Strahlungsenergie eines
"schwarzen Körpers" bei 1728°C im
Wärmespektrum.*

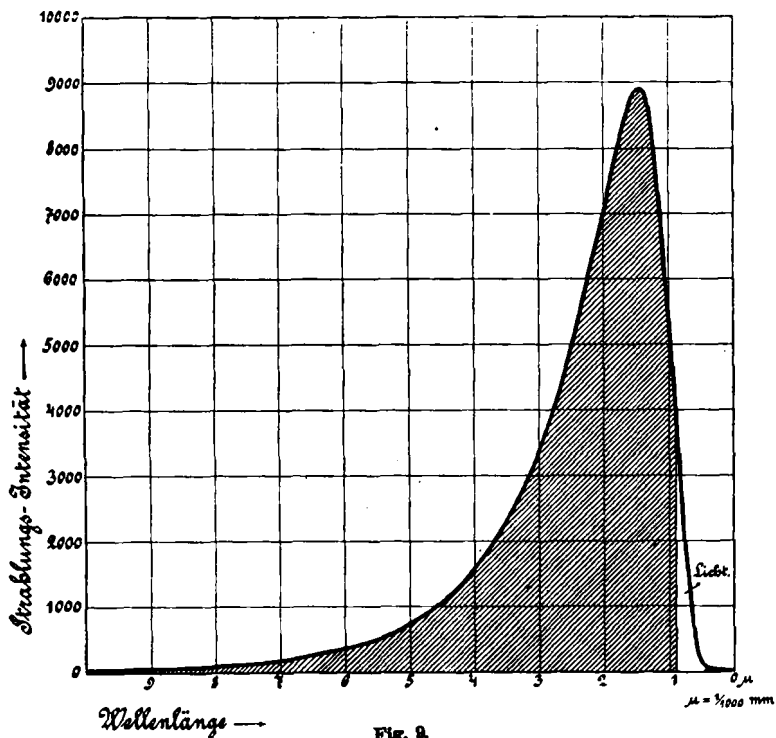


Fig. 9.

Stehendes Glühlicht	Gasverbrauch pro HK u. Stunde
1900	1,7
1905	1,5
1910	1,0
Hängendes Glühlicht	
Graetzin- und Auerlicht ca.	0,84
Niederdruckin- vertlampe .	0,70
Preßgas- } Lam- Preßluft- } pen .	0,50

Die Mittel zur Steigerung der Flammentemperatur sind theoretisch einfach: Wärmekonzentration, Verkleinerung der Flamme durch entsprechende Gas-Luftmischung und Vorwärmung der Verbrennungsteilnehmer. Die praktische Lösung bot aber außerordentliche Schwierigkeiten, die im einzelnen zu besprechen hier nicht möglich ist, die aber zum größten Teil mit Glück und großem Geschick überwunden wurden, und zwar sowohl bei kleinen Brennern als bei großen Intensivlampen, welche in Helligkeit mit elektrischen Bogenlampen erfolgreich rivalisieren.

Bei dem allgemein verbreiteten stehenden Auerbrenner mischt sich dem Gas unter dem üblichen Druck von 30—40 mm Wassersäule in der Bunsendüse etwa die dreifache Unterluftmenge bei, so daß das zur Verbrennung gelangende Gasgemisch aus 25 Vol.-% Gas und 75 Vol.-% Luft besteht; da zur vollständigen Verbrennung des gewöhnlichen Steinkohlengases etwa 5—5,5 Vol. Luft erforderlich sind, so müssen noch nachträglich 2—2,5 Vol.-% Oberluft zutreten. Je mehr Luft man vor der Verbrennung dem Gas beimischt, um so weniger Oberluft wird zur Verbrennung notwendig, um so kleiner wird das Flammenvolumen. Man kann dies auf drei Wegen erreichen, 1. durch Erhöhung der Saugwirkung des ausströmenden Gases, indem man dasselbe unter höherem Druck, etwa 1—2 m Wassersäule, ausströmen läßt, oder 2. künstlich Luft einbläst oder endlich 3. durch einen aufgesetzten Zylinder mehr Luft einsaugt. Beispiele hierfür sind die Lukaslampe und stehende Preßgas- bzw. Preßluftlampe.

Das stehende Glühlicht sendet den größten Teil seiner Lichtstrahlen in horizontaler Richtung, es wird demnach für Bodenbeleuchtung mit Reflektor versehen.

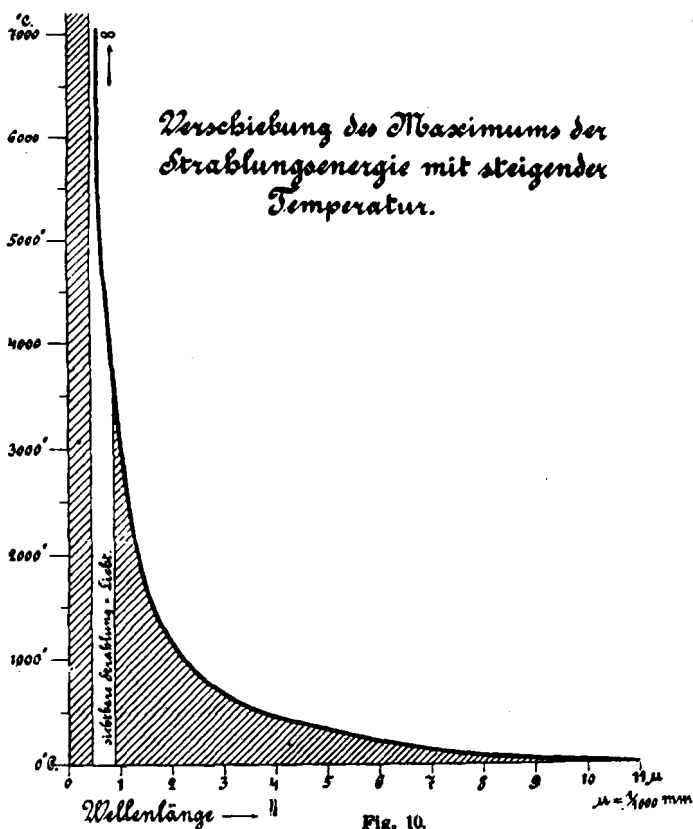


Fig. 10.

Günstiger wirkt unmittelbar hängendes Glühlicht, die sog. *Invertlampe* mit nach abwärts gerichteter Bunsenflamme. (Mannesmann, Ehrich und Graetz, Auer u. a. nach dem Vorbild der seinerzeit von Wenhams und Siemens geschaffenen Invertbrennern.)

Die Figur 11 zeigt die Lichtverteilung eines stehenden Auerbrenners ohne Reflektor und eines hängenden Gasglühlichtes.

Zu den günstigen Strahlungsverhältnissen der Invertlampen kommt noch die Möglichkeit, die heißen Abgase der Flamme in einfachster Weise zur Vorwärmung der Verbrennungsteilnehmer, Luft und Gas, zu verwenden, so daß man schon mit 1 und 0,8 l Gas pro Stunde 1 HK Lichtstärke erreicht. Die Figuren 12 und 13 (S. 2458)

Wege sich noch weiter steigern läßt, mag dahingestellt bleiben; jedenfalls steht zurzeit die Gasglühlichtbeleuchtung in ihrer neuesten Ausbildung, sowohl was Lichtfülle als Wirtschaftlichkeit anlangt, an der Spitze aller Beleuchtungsmittel.

Leider läßt die Bequemlichkeit der Zündung namentlich gegenüber dem elektrischen Licht noch manches zu wünschen übrig; wenn auch bereits seit Jahren sehr brauchbare Fernzündungen, z. B. „Multiplex“ vorhanden sind, so haben sie doch wegen der relativ teuren Einrichtung eine allgemeine Verbreitung noch nicht gefunden. Immer noch wird in der Regel das Zündholz benutzt, doch hat die neue Zündholzsteuer die schon vor mehreren Jahren aufgetauchte Verwendung von stark funkenenden Metallegierungen, namentlich das sog. Auer-

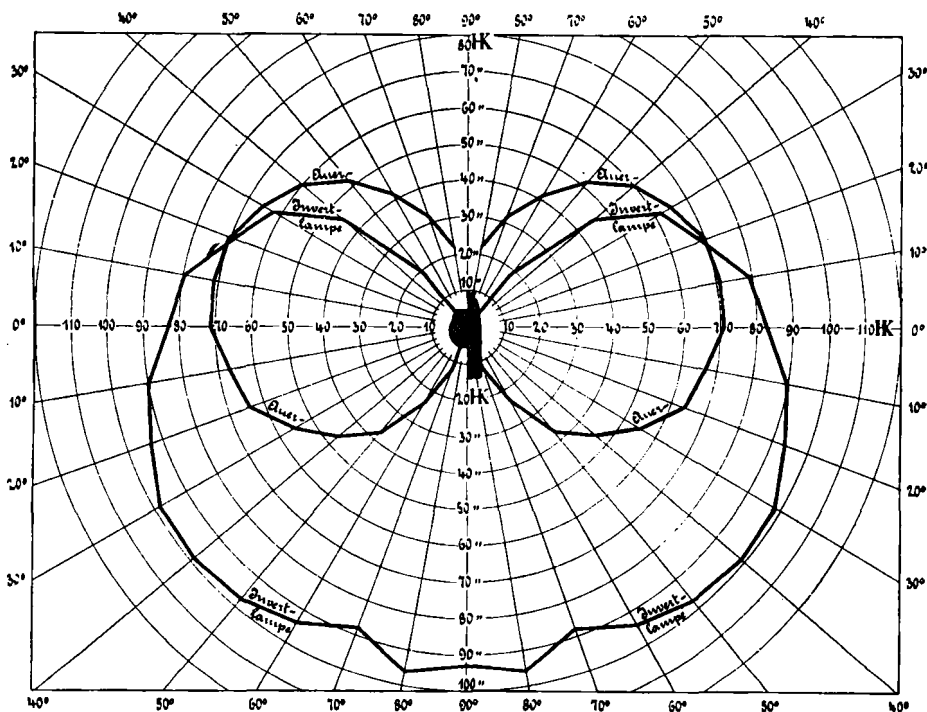


Fig. 11. Lichtverteilung eines stehenden Auerbrenners ohne Reflektor und einer Invert-Glühlichtlampe.

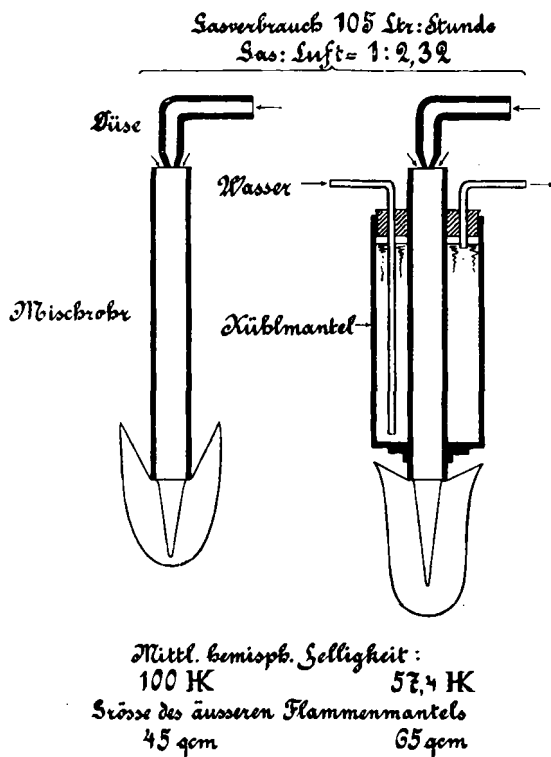
zeigen die gewaltige Steigerung der Helligkeit eines Hängelichtes durch Vorwärmung der Verbrennungsteilnehmer. Während der Flammenmantel des nach unten gekehrten Bunsenbrenners bei kalten bzw. gekühlten Gasen ca. 65 qcm beträgt, schrumpft derselbe bei heißen, durch die Abhitze erwärmten Gasen auf 45 qcm zusammen und die intensive Verbrennung steigert die untere hemisphärische Helligkeit des Glühlichtbrenners auf 100 HK gegen 57,4 HK bei kalten Gasen. Benutzt man noch weiter für starke Lichtquellen die Zuführung von Preßluft oder Preßgas, um eine intensive Verbrennung auf kleinstem Raum zu bewirken, so steigt in den neuesten Preßgasinvertlampen, wie sie zur Beleuchtung der Königgrätzer Straße in Berlin u. a. a. O. verwendet wird, die Ökonomie auf weniger als 0,5 l pro 1 HK, d. h. man kann mit 1 cbm Gas pro Stunde, also mit einem Aufwand von 12–15 Pf eine Starklichtlampe von ca. 2000 Kerzen unterhalten. Ob und wie weit die Ökonomie auf dem bisherigen

metall, eine Legierung von Cer und Eisen und ähnliche, über welche Herr Prof. Muthmann in seinen schönen Arbeiten über die Metalle der Edelerden besondere Studien gemacht hat, wieder in den Vordergrund gerückt. Die bekannten Funkenzünder haben vielfach in Küche und Haus sich Eingang verschafft, ebenso wie die verschiedenen Arten der Zündpillen nach Art des Döbereinerschen Feuerzeuges; es liegt aber hier noch ein weites, ausichtsreiches Feld zu Verbesserungen offen.

Auf die Verwendung des Gases für Kraftversorgung in Gasmotoren möchte ich hier nicht weiter eingehen und nur bemerken, daß der Gasmotor nicht nur in den Hüttenwerken mit Tausenden von Pferdestärken, vielfach zur Stromerzeugung, arbeitet, sondern auch durch die erheblich verbesserten Kleingasmaschinen (Cudell-, Fafnir- und andere Motoren) dem Handwerk und Kleingewerbe dient und durch seine Ökonomie erfolgreich sich gegen den bequemen Elektromotor behaupten kann.

Noch muß ich der in den letzten Jahren zunehmenden Verwendung des Gases für die Luftschiffahrt gedenken, speziell für die Freiballonsfahrten. Ich kann mich kurz fassen, da, wie ich höre, Herr Geheimrat Graebe die Ballongase zum Gegenstand eines besonderen Vortrages machen wird.

Die Beziehungen zwischen Leuchtgas und Luftschiffahrt sind sehr alte und reichen, wie von unserem holländischen Kollegen glaubhaft versichert und dokumentarisch nachgewiesen ist, bis zum Jahre 1783 zurück, in welchem der Chemiker und Physiker Jean Pierre Minckelers für



Invert - Brenner

mit heissem
Mischrohr

Fig. 12.

mit gekühltem
Mischrohr

Fig. 13.

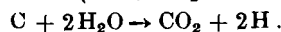
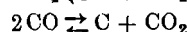
den Herzog von Aremberg einen Ballon mit Steinkohlengas füllte, um das in demselben Jahre von dem Physiker Charles bei seinem Ballon benutzte teure Wasserstoffgas zu ersetzen. Seitdem ist die Gastechnik mit der Luftschiffahrt in ständiger Berührung geblieben, und die Beziehungen haben sich im letzten Jahrzehnt durch die Militärluftschiffahrt und die zahlreichen Sportvereine sehr lebhaft gestaltet. Ich erinnere nur an die großartigen Vorkehrungen in Berlin und Zürich zur Füllung der zahlreichen Freiballons, die sich an den Wettfahrten um den Gordon-Bennett-Preis beteiligten.

Das gewöhnliche Steinkohlengas mit einem spez. Gew. von rund 0,4 besitzt einen Auftrieb von 0,77 kg pro Kubikmeter, d. h. ein Ballon von 1000 cbm Inhalt vermag ein Gewicht von 770 kg

zu tragen bzw. im Gleichgewicht mit der Luft zu halten. Dem gegenüber hat das Wasserstoffgas ein spez. Gew. von 0,07, einen Auftrieb von 1050 kg. Ein mit Wasserstoff gefüllter Ballon vermag also ein erheblich größeres Gewicht zu tragen oder kann in demselben Verhältnis kleiner gemacht werden. Dieser Umstand fällt bei Lenkballons bzw. Luftschiffen sehr in die Wage, und man verwendet deshalb hier ausschließlich Wasserstoffgas ohne Rücksicht auf den Preis, der denjenigen des Leuchtgases meist um das Mehrfache übersteigt. Man hat deshalb vielfach versucht, das Steinkohlengas, das an sich zur Hälfte aus Wasserstoffgas besteht, für die Zwecke der Luftschiffahrt leichter zu machen. Vor etwa 20 Jahren habe ich auf Anregung aus Luftschifferkreisen vorgeschlagen, durch Überhitzung des Gases auf 1100—1200° in Gegenwart von glühendem Koks die sog. schweren Kohlenwasserstoffe, hauptsächlich Methan, das neben Wasserstoff den Hauptbestandteil ausmacht, in C und Wasserstoff ($\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2$) aufzuspalten und unter Volumenvermehrung ein wesentlich leichteres Gas zu gewinnen. Mein Vorschlag ging dahin, einen Koks-generator durch Einblasen von Luft auf Weißglut zu bringen und nach Unterbrechung des Blasens Leuchtgas durch den Schachtlofen zu leiten. Nach dem Erkalten folgt von neuem Einblasen von Luft und so weiter, also ein Wechselbetrieb, wie im Wassergasofen. Die praktische Durchführung bei der Luftschifferabteilung in Berlin, zu denen ich leider nicht zugezogen wurde, stieß im Großen, wie es scheint, auf Schwierigkeiten. In neuerer Zeit sind durch die Bemühungen des Herrn v. Oechelhäuser auf der Dessauer Gasanstalt Versuche ausgeführt und die Schwierigkeiten überwunden worden. Dieses Dessauer Ballongas besitzt etwa 80% Wasserstoff und stellt sich im Preis nur wenig höher als das Steinkohlengas; wie ich höre, sind bereits mehrfach Ballons mit diesem leichten Gas aufgestiegen.

In neuerer Zeit hat es bekanntlich nicht an Versuchen und Vorschlägen gefehlt, um für die sportliche und militärische Luftschiffahrt auch auf anderem Wege billiges Wasserstoffgas zu erzeugen. So interessant diese Vorschläge sind, so kann ich im Rahmen dieses Vortrages nur einige kurz erwähnen, welche sich unmittelbar an die Leuchtgasindustrie anschließen oder Wassergas benutzen, das in ca. 60 Städten auf deutschen Gasanstalten in Apparaten nach Dellwik-Fleischer und Humphreys-Glasgow als Zusatz zum Kohlengas erzeugt wird.

Für Leuchtgas kommt nach einem englischen Patent vom Jahre 1889 ein Verfahren von Mond und Langer in Betracht, welche vorschlugen, unter Mitwirkung von Nickelmetall als Katalysator bei Rotglut die spezifisch schweren Bestandteile des Leuchtgases aufzuspalten nach den Gleichungen:

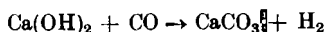


Die entstehende CO_2 kann in einfacher Weise, z. B. mit Kalk, entfernt werden. Wie man sieht, kann

4) Vgl. die Versuche von Henseling, Mayer u. Altmayer in meinem Institut Journ. f. Gasbel.

auf einen glatten Verlauf der umkehrbaren Reaktionen von links nach rechts nach unseren heutigen Anschauungen nicht gerechnet werden, und es ist deshalb, wie direkte Versuche in meinem Laboratorium gezeigt haben, ein praktischer Erfolg leider nicht zu erwarten.

Von denjenigen Verfahren, welche vom Wassergas ausgehen, kommt zunächst eine Reaktion in Betracht, welche vor 30 Jahren von Merz und Weith als Vorlesungsversuch vorgeschlagen wurde, nämlich die Zersetzung von Wassergas mit Kalkhydrat. Bei etwa 400° wird das den Wasserstoff begleitende Kohlenoxydgas in CO₂ verwandelt und vom Kalk absorbiert. Da nach der Gleichung



der Dissoziationsdruck des CO₂ im Calciumcarbonat bei dieser Temperatur noch sehr gering ist, so wird fast reines Wasserstoffgas erhalten. Nach Versuchen, welche wir in letzter Zeit angestellt haben, wird der relativ langsam verlaufende Prozeß durch Gegenwart von Eisenoxiden sehr beschleunigt, so daß die praktische Verwendung des Verfahrens manche Aussicht bietet.

Ein anderes von der Internationalen Wassergasgesellschaft (Fleischer) patentiertes Verfahren benutzt abwechselnd Wassergas zur Heizung und als Reduktionsmittel für poröses Eisenoxyd, und zersetzt das schwammige Metall mit Wasserdampf unter Rückbildung von Eisenoxyd und Wasserstoff.

Besonders bemerkenswert sind die von Adolf Frank und Caro vorgeschlagenen und in Verbindung mit der Lindegesellschaft in Höllriegelsgreuth bei München durchgeführten Versuche zur Gewinnung von reinem Wasserstoff aus Wassergas mit Calciumcarbid oder auf physikalischem Wege durch Fraktionierung der verflüssigten Bestandteile des Wassergases. Der erste Weg, die schweren Begleiter des Wasserstoffs auf einmal durch erhitztes Calciumcarbid zu entfernen, scheint praktische Schwierigkeiten zu bieten; auch eine vorherige Entfernung des CO durch Kupferchlorürwaschung führte nicht zu dem gewünschten Erfolg, so daß nunmehr die Verflüssigung beziehungsweise fraktionierte Destillation der Hauptbestandteile analog dem Verfahren der Gewinnung von Sauerstoff und Stickstoff aus Luft nach Linde angewendet wird. Das bei —190° siedende flüssige Kohlenoxyd samt dem Stickstoff wird kondensiert, der schon bei —252° siedende Wasserstoff gasförmig abgeschieden und nach Überleiten über Calciumcarbid fast völlig rein erhalten. Die Menge des abgeschiedenen Kohlenoxyds soll vollständig ausreichen, die Kosten der Verdichtung und Fraktionierung der Gase zu decken.

Ich bedaure, daß Herr Prof. Frank verhindert ist, selbst sein Verfahren, wie er vorhatte, eingehender zu erörtern.

Außer zur Luftschiffahrt spielen diese Gase auch bei dem autogenen Schweißen und Schneiden, das immer mehr in Aufnahme kommt, eine wichtige Rolle, und die Gasanstalten scheinen berufen, auch in dieser Richtung dem Fortschritt zu dienen und Zentralstellen für die luftförmigen und daher schwer transportablen Gase zu werden. Welche Wichtigkeit solche Zentralstellen für die künftige Entwicklung des Luftverkehrs besitzen, ist schon wiederholt erörtert worden, und es ist von großer

Bedeutung, viele noch ungelöste Fragen durch wissenschaftliche Untersuchungen zu klären. Daß die Chemie der Gase für unsere Forschung, die auch wirtschaftlich von größter Bedeutung ist, noch eine Fülle von lohnenden Aufgaben birgt, steht außer Zweifel, und ich begrüße es mit Freuden, daß unsere physikalisch-chemische Forschung sich in neuerer Zeit immer mehr diesem Gebiete zugewandt hat. Ich möchte auch die Gelegenheit nicht vorbegehen lassen, meine jüngeren Herren Kollegen zur eifrigen Mitarbeit auf diesem Gebiete anzuregen.

H. V. [A. 118.]

Zur Bestimmung des Brennwertes von Gasen.

(Eingeg. 25./11. 1910.)

Verschiedene Anfragen bezüglich einer Notiz im Taschenbuch¹⁾ über Brennwertbestimmungen veranlassen mich zu folgender Klarstellung.

Nach B. Fischer und Croissant²⁾ stimmen die mit dem Junkers'schen Calorimeter bestimmten Brennwerte nicht mit den berechneten.

Hubert³⁾ bestimmte den Brennwert von Hochofengasen einmal mit dem Calorimeter von Junkers, dann mit der Bombe von Witz:

	Junkers	Bombe
20./3. 1900	915 w	984 w
21./3. 1900, morgens	876	991
21./3. 1900, nachm.	888	1004

Bei den Versuchen von Nägeli⁴⁾ ist es trotz großer Anstrengungen nicht gelungen, für die Absolutwerte eine einigermaßen befriedigende Zuverlässigkeit zu erhalten. Es zeigte sich bei der Calorimetrierung von Generatorgas bei allen Versuchsreihen, daß das Junkers'sche Calorimeter einen um etwa 10—15% kleineren Heizwert anzeigte, als die Berechnung auf Grund der Gasanalyse ergab. Abwechselnd wurde am Calorimeter und am analytischen Verfahren verbessert, wodurch der Unterschied der beiden Heizwertzahlen nur noch augenfälliger und gesetzmäßiger wurde, anstatt zu verschwinden. —

Nach meiner Ansicht wird diese unvollständige Verbrennung veranlaßt durch Mangel an Sauerstoff oder durch frühzeitige Abkühlung der Flamme.

Unvollständige Verbrennung durch Mangel an Sauerstoff kann leicht eintreten, wenn nicht durch einen Vorversuch festgestellt wird, daß die Verbrennungsgase noch etwa 5% freien Sauerstoff enthalten⁵⁾.

Wenn eine Gasflamme kalte Flächen berührt, das Gas-Luftgemisch also vor der vollständigen Verbrennung unter die Entzündungstemperatur abgekühlt wird, so ist die Verbrennung unvollständig. Die Flamme sollte daher in einem größeren Raum brennen oder sonst wie vor Berührung der umgebenen Metallwände geschützt werden. Fischer.

¹⁾ Fischer, Taschenbuch für Feuerungstechnik. 6. Aufl., S. 52.

²⁾ Fischers Jahresber. d. chem. Technol. 1897, 28; 1904, 55.

³⁾ Z. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, 857.

⁴⁾ Z. d. Ver. deutsch. Ing. 1907, 1411.

⁵⁾ Fischer, Kraftgas, dessen Herstellung und Beurteilung, S. 14.