

Sitzungsberichte

der

königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1860.

München.

Druck von J. G. Weiss, Universitätsbuchdrucker.

1860.

—
In Commission bei G. Franz.

482

Sitzungsberichte
der
königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch – physikalische Classe.

Sitzung vom 10. November 1860.

(Schluss des Berichts.)

Zur Vorlage kamen noch

- 1) von dem auswärtigen Mitgliede Herrn Prof. Erdmann in Leipzig:
„der Gasprüfer, ein Instrument zur Werthbestimmung
des Leuchtgases.“

Die üblichen Methoden zur Werthsbestimmung des Leuchtgases entsprechen dem praktischen Bedürfnisse nicht genügend.

Was zunächst die photometrischen Bestimmungen anlangt, so ist es bekanntlich sehr schwer, mittelst derselben sichere Resultate zu erhalten. Abgesehen von der Schwierigkeit einer guten Ausführung derselben, welche viele Uebung voraussetzt, leiden die photometrischen Bestimmungen hauptsächlich an zwei Mängeln. Die erste ist die Unsicherheit, welche in Bezug auf die zur Vergleichung anzuwendende Lichteinheit herrscht, indem das verschiedene Material der Kerzen, ungleiche Höhe der Flamme, Beschaffenheit des Doctes u. s. w. auf das Resultat von grösstem Einfluss sind. Selbst die englischen sogenannten Normal-Spermaceti-Kerzen scheinen durchaus nicht immer von gleicher Be-

schaffenheit zu sein, überdiess sind sie oben schwächer als unten¹. Ein zweiter Mangel der photometrischen Bestimmungen ist der, dass sie nur angeben können, welchen Leuchtwerth das Gas beim Brennen unter gewissen Umständen, namentlich bei einer gewissen Beschaffenheit des Brenners entwickelt. Die Leuchtkraft einer Gasflamme von bestimmter Consumption hängt so wesentlich von der richtigen, d. h. der Eigenthümlichkeit des Gases angepassten Construction des Brenners ab, dass die photometrische Vergleichung zweier verschiedener Gase bei Anwendung desselben Brenners leicht zu den grössten Irrthümern führen kann. Für jedes Gas muss durch Versuche ermittelt werden, bei welcher Brennereinrichtung dasselbe, zufolge photometrischer Bestimmungen, mit der stärksten Lichtentwicklung brennt. Insofern nicht diese Bestimmungen vorausgegangen sind und für jedes Gas der geeignete Brenner ermittelt worden ist, können photometrische Versuche nicht zur Vergleichung des Werthes verschiedener Gase angewendet werden². Eine derartige Vergleichung aber mittelst einfacher Mittel, ohne jene schwierigen und aufhältlichen Vorprüfungen, ausführen zu können, ist ein wichtiges Bedürfniss der Praxis.

Ein anderes häufig zur Werthsbestimmung des Leuchtgases benutztes Mittel ist die Bestimmung seines specifischen Gewichtes. Aber dieses Mittel kann kein genaues Resultat geben, sobald das Leuchtgas ausser Kohlenwasserstoffen und Wasserstoff, abgesehen von Kohlensäure, Stickstoff und Kohlenoxyd enthält, wie diess stets der Fall ist. Diese machen das Gasgemisch schwer und lassen seinen Werth zu hoch erscheinen³.

Das sicherste Mittel würde die chemische Analyse des Gases abgeben, aber die Schwierigkeit der Ausführung macht dieses Mittel für praktische Zwecke völlig unanwendbar.

Unter diesen Umständen darf ich hoffen, dass ein einfaches Instrument zur Prüfung des Leuchtgases, welches ich in folgendem als „Gasprüfer“ beschreiben will, sich allgemein als nützlich bewähren und einem Bedürfnisse abhelfen werde.

(1) Der obere Durchmesser einer solchen Kerze fand sich = 20,5 Millim., der untere 22 Millim. Ein 10 Millim. langes Stück vom oberen Ende enthält demnach circa 322 Cub.-Millim., ein gleiches vom untern Ende 345 Cub.-Millim.

(2) Vergl. die am Schlusse beigefügten Belege unter I.

(3) Vergl. die Belege unter II.

Der Gasprüfer gestattet den verhältnissmässigen Werth eines Leuchtgases, d. h. die Fähigkeit desselben, beim Brennen aus geeigneter Brennvorrichtung Licht zu entwickeln, so genau zu ermitteln, als das praktische Bedürfniss es fordert. Der Versuch ist in wenigen Minuten zu beenden und die Anwendung des Instrumentes fordert keine besondere Geschicklichkeit, sie kann vielmehr von Jedem bei einiger Aufmerksamkeit und gesunden Augen leicht eingeübt werden. Die Einrichtung des Gasprüfers gründet sich auf die bekannte Thatsache, dass die Flamme des Leuchtgases durch Beimischung von atmosphärischer Luft zum Gase an Leuchtkraft verliert und dass das Gas bei einer gewissen Luftbeimischung ruhig mit nicht leuchtender blauer Flamme brennt. Die Menge von Luft, welche dem Gase beigefügt werden muss, um die Leuchtkraft vollständig zu vernichten, reicht bei Weitem nicht hin, um das Gas vollständig zu verbrennen, der beigemischte Sauerstoff verbrennt also zunächst und vorzugsweise den freien Kohlenstoff, welcher das Leuchtvermögen der Flamme bedingt⁴.

Man benutzt diese Eigenschaft des Leuchtgases allgemein, wo dasselbe zum Heizen dienen soll. Beobachtet man eine Bunsen'sche Lampe, die so eingerichtet ist, dass man den Luftzutritt zum Gase, während des Brennens der Flamme unter einem Glaszylinder, allmählich vergrössern kann, so sieht man, dass der leuchtende Theil der Flamme immer kleiner wird und zuletzt nur eine weissliche Spitze über dem innern blauen Kegel bildet, bis auch diese bei weiterem Luftzutritte verschwindet; dieser Zeitpunkt ist ziemlich scharf begrenzt. Es liess sich, einer in den beigefügten Beilagen unter III. erwähnten Beobachtung zufolge, voraussehen, dass einem Leuchtgase in dem Maasse mehr Luft beigemischt werden müsse, um seine Leuchtkraft zu vernichten, als das Gas mehr Kohlenstoff in der Form von schweren Kohlenwasserstoffen enthält; zahlreiche Versuche, von deren Resultaten die Belege unter III. Rechenschaft geben, haben gezeigt, dass dies, bis zu einem gewissen Grade, wirklich der Fall ist. Da nun aber die schweren Kohlenwasserstoffe wesentlich den Werth des Leuchtgases bedingen, so gibt die Menge atmosphärischer Luft, welche einem

(4) Erst bei einer Beimischung von 4—6 Volumen Luft und darüber zum Leuchtgase beginnt das Gemenge explosiv zu werden. Ich verweise in dieser Beziehung auf die von W. Weber und mir angestellten Versuche, *Dinglers polytechn. Journal* 110. 436.

Leuchtgase beigemischt werden muss, um dessen Leuchtkraft vollständig zu vernichten, ein Maass für den Werth, welchen das Gas als Leucht-Material besitzt.

Da die Beweise hierfür mittelst des Gasprüfers selbst erhalten worden sind, lasse ich zunächst die, zum Verständniss der unter 3. gegebenen Belege erforderliche Beschreibung des Instrumentes folgen.

Der Fig. 1 in perspectivischer Ansicht, Fig. 2 im Durchschnitt dargestellte Gasprüfer hat in der Hauptsache die Einrichtung einer Bunsen'schen Lampe, deren 18 Millimeter weites, 195 Mm. langes Rohr a, unterhalb der Stelle, wo die Luft sich mit dem Gase mischen soll, zu einem 96 Mm. weiten, 11 Mm. hohen Hohlcyylinder bb. sich erweitert. Um die Luft eintreten zu lassen, ist in der Wand dieses Hohlcyinders ein nahe um den halben Umfang laufender, 1 Mm. weiter Schlitz c. angebracht. Ueber den weiten Cylinder ist ein Ring d. aufgeschliffen, welcher wie der Cylinder von einem nahe $\frac{3}{4}$ Millimeter weiten, ebenfalls um den halben Kreisumfang laufenden, überall genau gleich weiten Spalte durchbrochen ist. So kann mittelst des durch den Handgriff e. drehbaren Ringes der Schlitz im Cylinder geschlossen oder beliebig weit geöffnet und damit der Luft Zutritt gegeben werden. Auf der obern Fläche des weiten Cylinders ist eine um den halben Umfang laufende Kreistheilung angebracht. Der drehbare Ring aber ist mit einer Marke versehen, welche auf 0 eingestellt wird, wie Fig. 1. zeigt. Dreht man dann den Ring so, dass die Marke sich an der Theilung hinbewegt, so öffnet man damit den Schlitz und man kann an der Scala die Grade ablesen, um welche die Oeffnung erfolgt ist. Dieser Oeffnung aber entspricht die Menge der der Flamme zuströmenden Luft.

Ueber dem Brennerrohre ist ein 80 Millimeter weiter und 20 Centimeter hoher Cylinder von geschwärztem Messingblech mittelst einer Stellschraube befestigt. In der vordern Seite desselben ist eine 30 Millimeter breite Glasplatte eingesetzt zur Beobachtung der Flamme. In 10 Centimeter Höhe ist vorn in der Glasplatte eine Linie und derselben genau gegenüber in der innern Wand des Cylinders eine zweite Linie eingerissen, um die Höhe der Flamme genau reguliren zu können; f und g stellen das Rohr, durch welches das Gas in das Brennerrohr einströmt, von der Seite und von oben gesehen in natürlicher Grösse vor.

Die angegebenen Dimensionen, namentlich die Weite des Brenners, des Cylinders u. s. w. haben sich bei vielfachen Versuchen als die

zweckmässigsten ergeben. Ein engeres Brennerrohr gewährt der Luft nicht hinreichenden Zutritt bei kohlenstoffreichen Gasen, ein engerer Cylinder erzeugt zu viel Zug und dieser vermehrt sich bei fortgesetztem Gebrauche des Apparates, indem sich der Cylinder erwärmt, wodurch die zuströmende Luftmenge vergrößert wird. Der Cylinder hat nur den Zweck, die Flamme ruhig brennen zu lassen. Um sie noch ruhiger zu machen, und damit die genaue Einstellung zu erleichtern ist unterhalb des Cylinders ein Trichter von Drahtgaze c. c. so angebracht, dass die Luft nur durch die Maschen desselben zur Flamme gelangen kann. Damit die Luft leicht zutreten kann, darf die Drahtgaze nicht zu eng gewebt sein; ausserdem wird die Flamme zitternd. Der Trichter greift mit seinem oberen Rande etwas über den unteren Rand des Cylinders; seine untere Oeffnung ist durch einen Ring verstärkt, und durch diesen auf das Brennerrohr so aufgesteckt, dass der Trichter beliebig auf und nieder geschoben werden kann. Wenn der Trichter oben den Cylinder umfasst, steht das untere Ende etwa einen Zoll von der Hohlscibe ab, so dass man durch Niederschieben des Trichters leicht zur Flamme gelangen kann.

Der Gebrauch des Apparates geschieht nun in folgender Weise.

Nachdem die Marke des Ringes auf 0 der Scala gestellt worden, wird der Apparat an einem möglichst dunkeln Orte durch einen Gummischlauch mit der Gasröhre verbunden, worauf man das zu prüfende Gas in den Apparat einströmen lässt, anzündet und die Flamme mittelst des Hahnes h. so regulirt, dass ihre Spitze genau die in 10 Centimeter Höhe angebrachte Linie trifft. Hierbei stellt man, um Fehler der Parallaxe zu vermeiden, das Auge so, dass die Linie im Glase, die gegenüber auf der Innernseite des Cylinders befindliche Linie deckt. Bei ruhiger Luft, besonders vorsichtigem Abhalten des Athems von der Flamme, ist das Einstellen der Höhe derselben sehr leicht. Nachdem die Einstellung der Flamme erfolgt ist, dreht man den Ring mittelst des Handgriffes sehr langsam von Rechts nach Vorn und Links. Indem man hierdurch den Spalt öffnet, drängt die einströmende Luft in den ersten Augenblicken die Flamme hoch empor. Da hierdurch das Auge geblendet, und für die späteren Beobachtungen unempfindlicher wird, so ist es am besten, während dem das Auge von der Flamme abzuwenden. Bald sieht man, wie bei weiter fortgesetzter langsamer Drehung, wobei man immer kleine Pausen macht, die Flamme ihre Leuchtkraft verliert. Nur über dem innern blauen Kegel zeigt sich noch eine leuchtende Spitze. Auf diese

richtet man jetzt seine Aufmerksamkeit. Bei einer gewissen Oeffnung des Spaltes verschwindet die letzte Spur derselben. Der helle Contour der innern Flamme, welcher nach oben in die leuchtende Spitze überging, rundet sich jetzt ab und die innere Flamme erscheint scharf begrenzt. Dreht man von diesem Punkte aus wieder rückwärts, so zeigt sich bald wieder am obern Theile des blauen Kegels ein weisslicher Schein oder ein leuchtendes Spitzchen. Der durch einige Versuche leicht zu findende Punkt, von welchem aus die geringste Drehung rückwärts einen weissen Schein über dem blauen Kegel hervorbringt, muss festgehalten werden. Man zündet jetzt an der Flamme ein dünnes Wachsstockchen an und liest die Zahl der Grade ab, um welche man hat den Spalt öffnen müssen, um die Leuchtkraft der Flamme zu zerstören.

Der Gebrauch des Apparates ist leicht und die Messungen geben bei mehrmaliger Wiederholung sehr nahe übereinstimmende Resultate. Eingübt freilich muss das Verfahren werden und es ist nöthig, das Auge an die Beobachtung der kleinen Lichtverschiedenheiten zu gewöhnen, um welche es sich handelt. Im Beobachten geübte Personen, welchen ich die Art der Benutzung des Apparates zu zeigen Gelegenheit hatte, erhielten schon nach wenigen Versuchen übereinstimmende Resultate. Ich will noch einige Details, welche bei der Gasprüfung zu berücksichtigen sind, angeben.

Zunächst muss man den Ring sehr langsam drehen und nachdem das erste Aufflammen vorüber ist, nach jedem Fortrücken um ungefähr 1° einige Augenblicke innehalten, damit das Gasmisch, welches sich durch das Eintreten der Luft im Rohre gebildet hat, Zeit erhält, zur Flamme zu gelangen. Eine Flamme, welche sofort nach vergrösserter Oeffnung des Spaltes noch eine weissliche Spitze zeigt, kann dieselbe natürlich erst verlieren, nachdem das Gas, welches sich noch im Brennerrohre befindet, nach oben ausgeströmt und verbrannt ist. Ist man durch langsames Vorrücken zu dem Punkte oder über denselben hinausgekommen, wo die leuchtende Spitze verschwunden ist und der Contour der innern Flamme scharf begrenzt erscheint, so versucht man sehr langsam zurückzugehen, um genau den Punkt zu ermitteln, bei welchem soeben die erste Spur eines hellen Scheines über dem innern Flammenkegel erscheint. Man sucht diesem Punkte so nahe als möglich zu kommen, ohne ihn jedoch zu erreichen. Ich pflege, nachdem die erste Ablesung erfolgt ist, die ich als eine vorläufige betrachte, den Ring zurückzudrehen, bis die Marke auf 0 steht, dann die Höhe der Flamme

zu controliren⁵ und wenn diess geschehen, den Ring rasch soweit zu drehen, dass die Marke auf die abgelesene Zahl zu stehen kommt. Jetzt lasse ich einige Zeit vergehen und sehe, ob die Flamme keine leuchtende Spitze mehr zeigt. Ist diess nicht der Fall, so gehe ich nun sehr langsam zurück, um mich zu überzeugen, dass die erste Ablesung kein zu hohes Resultat gegeben hat. Das Resultat dieser zweiten Ablesung und ihrer Wiederholungen pflegt genauer zu sein als das der ersten, jedenfalls wiederholt man die Beobachtungen, bis sie auf einen Grad genau übereinstimmen. Da man die Scala während der Einstellung nicht sehen kann, so ist man hierbei vor Selbsttäuschung geschützt, denn man erkennt die Zahl, auf welche man eingestellt hat, immer erst nach dem Anzünden des Wachsstocks.

Sehr wesentlich ist, dass die Luft des Raumes, in welchem man die Gasprüfung vornimmt, staubfrei sei. Alle Staubtheilchen, welche in die nicht leuchtende Flamme gelangen, erzeugen darin leuchtende Fünkchen und Flämmchen, welche die Wahrnehmung des Punktes, bei welchem die leuchtende Spitze über dem blauen Flammenkegel verschwindet, ausserordentlich erschweren und die Messung ungenau machen. Schwebt Russ in der Luft, indem z. B. eine Gasflamme mit Rauch darin gebrannt hat, so umhüllt sich der blaue Kegel mit einer rothgelben Hülle, welche die genaue Einstellung unmöglich macht.

Das Instrument ist zunächst von mir nur zur Prüfung von Steinkohlengas angewendet worden und es werden die Scalentheile, aus Gründen, welche aus den Belegen sich ergeben, einen etwas andern Werth bei Steinkohlengas, als bei Holzgas repräsentiren. Die Grade der Scala geben nur Verhältnisszahlen; welchen Gasgemischen dieselben entsprechen, ergibt sich aus den beigegeführten Belegen unter III. Im Allgemeinen wird das Instrument in der beschriebenen einfachen Weise überall angewendet werden können, wo die zu prüfenden Gase nicht eine ganz ungewöhnliche Beschaffenheit, d. h. ungewöhnlich hohe oder ungewöhnlich geringe Leuchtkraft zeigen. In solchen Fällen können Modificationen in der Anwendung nöthig werden, z. B. die Verbindung mit einer Gasuhr, um die Volumina der verbrennenden Gase zu verglei-

(5) Hierbei ist zu bemerken, dass es bei der Enge der Ausströmungsöffnung längere Zeit, bis zu mehreren Minuten, dauert, ehe die Flamme sich wieder auf die ursprüngliche Höhe stellt.

chen, während im gewöhnlichen Falle, wie die Belege sub III darthun, die durch die gleiche Höhe und gleichen Querschnitt der Basis der Flamme bestimmte Grösse derselben hinreicht, um vergleichbare Resultate bei Prüfung verschiedener Gase zu erhalten.

Als Beispiele von Gasprüfungen und um zu zeigen, wie weit die einzelnen Beobachtungen dabei übereinstimmen, führe ich folgende bei Prüfung der Gase in einigen Städten Sachsens erhaltene Resultate an.

Dresden den 14. März mit Herrn Prof. Stein und zum Theil von diesem selbst im Laboratorio der königl. polytechnischen Schule bestimmt:

$$33\frac{2}{3}^{\circ}, 34^{\circ}, 34^{\circ}, 34^{\circ}, = 34^{\circ}.$$

Riesa den 16. März Gas des Bahnhofes mit Herrn Ingenieur Knösel bestimmt:

$$43^{\circ}, 42.5^{\circ}, 42.5^{\circ}, 42^{\circ}, = 42.5^{\circ}.$$

Chemnitz den 16. März mit Herrn Dr. Wunder im Laboratorio der königl. Gewerbschule bestimmt:

$$32^{\circ}, 32^{\circ}, 32^{\circ}, 31\frac{2}{3}^{\circ}, = 32^{\circ}.$$

Das Chemnitzer Gas wurde vergleichsweise auch photometrisch geprüft. Es ergab aus einem Argandbrenner mit 32 Löchern und bei $6\frac{1}{4}$ Cubikfuss sächs. (= 5 Cubikfuss engl.) stündlichem Consum mit englischer Normkerze verglichen (44 Millim. Flammenhöhe) $16\frac{1}{2}$ Lichtstärken.

Leipzig. Mittel der Beobachtungen vom 8. Februar bis 9. März 35° , vom 17. März bis 18. April 37° ,

den 19. April 36.5° ,

„ 20. „ 35.5° ,

„ 22. „ $36^{\circ}, 36^{\circ}$,

„ 23. „ $35^{\circ}, 35^{\circ}, 35^{\circ}$,

„ 27. „ $35^{\circ}, 35^{\circ}, 35^{\circ}, 35^{\circ}$ (mit 2 Apparaten).

B e l e g e.

I.

Bei Versuchen über Gasproduction, welche in der Leipziger Gasanstalt angestellt wurden, und über deren Resultate ich später Einiges veröffentlichen werde, wendete ich zu den photometrischen Versuchen zum Theil Flachbrenner aus Speckstein, sogen. Lavabrenner an, welche

bei 1,5 Zoll Druck 4—4½ Cubikfuss per Stunde consumirten. Die geringste Verschiedenheit in der Breite des Schnittes äusserte bei der Anwendung des Brenners einen sehr merklichen Einfluss auf die Lichtwirkung desselben Gases. Ein solcher Brenner, welcher 4 Cubikfuss per Stunde consumirte, diente bei Prüfung eines Gases aus Zwickauer Steinkohlen und bewährte sich dabei sehr günstig. Als aus demselben Brenner sodann Gas aus Boghead-Kohle brennen sollte, erwies er sich für dieses Gas ganz unbrauchbar, er gab eine stark russende Flamme, und es musste, um die Leuchtkraft dieses Gases zur Geltung zu bringen, ein engerer Brenner von nur 3 Cubikfuss Consum benutzt werden, aus welchem das Gas der Zwickauer Kohle sehr unvortheilhaft mit grosser dunkler Basis der Flamme und geringer Lichtentwicklung brannte.

Auch bei Versuchen über die Leuchtkraft von Gasen aus verschiedenen Perioden der Gasentwicklung, wobei Argandbrenner angewendet wurden, habe ich wiederholt gefunden, dass das in der ersten Stunde entwickelte Gas mit einer trüben, rothen, zur Rauchbildung geneigten Flamme brannte und bei der photometrischen Prüfung geringere Leuchtkraft zeigte, als das Gas aus späteren Perioden. Wurden dann die Gase der verschiedenen Perioden, die von Stunde zu Stunde gesammelt waren, gemengt und das Leuchtvermögen des Gemenges bestimmt, so ergab sich dasselbe oft wesentlich grösser als das aus den Lichtstärken der Gemengtheile berechnete. Der Grund ist einfach der, dass die gewöhnlichen Brenner, welche die günstigste Einrichtung für die höchste Lichtentwicklung aus dem gewöhnlichen Gase — welches durch das Gemenge repräsentirt wird — besitzen oder doch besitzen sollen, nicht die geeignetsten sind für das an schweren Kohlenwasserstoffen reichere, leichter Russ bildende Gas der ersten Periode.

Dieser für die Gastechnik hochwichtige Gegenstand ist auch von Herrn Professor Pettenkofer in einem Gutachten über die Leipziger Gasanstalt (S. Leipziger Tageblatt, ausserordentliche Beilage zu Nr. 92 vom Jahre 1860) hervorgehoben worden. Herr Professor Pettenkofer sagt am angeführten Orte folgendes: „Die Helligkeit von 13 Kerzen für eine Leipziger Gasflamme von 5,75 sächs. Cubikfuss in der Stunde setzt den geeigneten Brenner voraus. Ich habe, um dieses Resultat zu erhalten, aus mehreren Brennern denjenigen ausgewählt, welcher diese Gasmenge am vortheilhaftesten brannte. Mir wurden Brenner übergeben, welche dieses Gasquantum viel ungünstiger, nur bis zu 9 Kerzen Helligkeit brannten. Ich glaube bei dieser Gelegenheit darauf hinwei-

sen zu müssen, dass die Gastechniker alle Sorgfalt darauf verwenden sollten, die geeignetsten Brenner für verschiedenes Consum, gemäss der durchschnittlichen Beschaffenheit ihres Gases, zu suchen und den Consumenten in die Hand zu geben. Wo diess geschieht, kann die Selbsttäuschung mit sogenannten Sparbrennern nicht um sich greifen und man kann sicher darauf rechnen, dass dort, wo sie Boden finden, das Publikum von der Gasdirektion nicht die für das specielle Gas geeigneten einfachen Brenner erhält oder auch nicht verlangt u. s. w.“

Ich kann mich diesen Aeusserungen im Allgemeinen nur vollkommen anschliessen. Die sogenannten Gassparer u. s. w. haben alle nur die Wirkung, den Luftzutritt zur Flamme zu vermindern und demzufolge die glühenden Kohletheilchen, welchen die Flamme ihre Leuchtkraft verdankt, länger unverbrannt in der Flamme schwebend zu erhalten. Ihre günstige Wirkung ist unter Umständen unleugbar und sie können den Fehlern in der Einrichtung der Brenner und anderen ungünstigen Verhältnissen entgegenwirken. So strömt z. B. in Leipzig das Gas in Folge der den Verhältnissen nicht mehr entsprechenden Dimensionen der Röhren im Allgemeinen unter zu starkem Drucke aus und in Folge der raschen Einströmung in die Luft verbrennt das Gas aus manchen Brennern zu schnell und vollständig. In diesem Falle kann ein sogenannter Gassparer (Patent New York A. C.) d. i. ein breiter auf den Gascylinder des Argandbrenners aufgesetzter durchlöcherter Ring, welcher den Luftzug mindert, sich nützlich beweisen. In der That habe ich gefunden, dass die Leuchtkraft einer zwei Zoll hohen Argandflamme beim Aufsetzen eines solchen Sparers von 9 auf 11 Lichtstärken stieg. Als ich aber die Flamme vergrösserte, so dass das Missverhältniss zwischen der Menge des Gases und der zuströmenden Luft aufgehoben wurde, zeigte der Gassparer keine Wirkung mehr. Dieselbe Bewandniss hat es mit den Zwillingbrennern. Hat man zwei kleine flache Gasflammen aus engen Schnitten neben einander brennend auf der einen Seite eines Bunsen'schen Diaphragma mit der Normalkerze ins Gleichgewicht gesetzt und neigt man sodann diese Flammen mit den obern Rändern gegeneinander, so dass sie nur eine Flamme bilden, so ist sofort das Gleichgewicht mit der Normalkerze aufgehoben und das Leuchtvermögen der Doppelflamme ist gewachsen. Jedenfalls würde aber das gleiche Leuchtvermögen von dem Gase in einem einfachen Brenner mit weiterem Schnitte ebenfalls entwickelt werden. Immer wird es darauf ankommen, nicht mehr Luft mit dem brennenden Gase sich mischen zu

lassen, als nothwendig ist, die Temperatur auf den Punkt zu erhöhen, bei welchem der ausgeschiedene Kohlenstoff des Gases in der Flamme lebhaft glühen und Licht reflektiren kann.

Andererseits muss man aber auch vermeiden, sich der Grenze allzu sehr zu nähern, bei welcher die Flamme zu russen beginnt, d. h. bei welcher die ausgeschiedenen Kohlenstofftheilchen nicht mehr zum lebhaften Glühen gelangen und endlich sogar unverbrannt entweichen. Hat eine Gasanstalt die für eine gewisse Qualität ihres Gases geeignetsten Brenner ausgemittelt, so muss sie bemüht sein, in dieser Qualität so wenig als möglich Schwankungen eintreten zu lassen. Ich habe hier wiederholt die Erfahrung gemacht, dass man die Flammen „trübe und roth“ fand, während der Gasprüfer einen ungewöhnlich hohen Gehalt des Gases anzeigte, z. B. 37—38°. An einem Abende dagegen, an welchem der Prüfer nur 33° gab, erschienen mehreren von mir befragten Personen die Flammen weiss. Offenbar ist die Brennereinrichtung letzterem Gehalte, bei dem stattfindenden Drucke, angemessen, dem höheren nicht. In dieser Beziehung wird der Gasprüfer in Verbindung mit photometrischen Bestimmungen den Gastechniker bei der Wahl der Brenner leiten müssen.

Da die Ergebnisse der photometrischen Bestimmungen wenigstens eben so sehr von der Beschaffenheit der Brenner als von der des Gases abhängen, habe ich ganz davon abgesehen, die Angaben des Gasprüfers auf Lichtstärken zu beziehen und nur durch wenige später mitzutheilende Versuche mich überzeugt, dass eine solche möglich ist, insofern für jedes Gas der geeignete Brenner ausgemittelt wird.

Die im folgenden erwähnten photometrischen Bestimmungen sind mit dem Bunsen'schen Photometer ausgeführt. Zur Vergleichung dienten Stearinkerzen (5 Stück per Pfund), welche per Stück in der Stunde 8,95 Grm. verbrannten. Die Flamme wurde 1½ Zoll sächs. hoch erhalten, aber in der Regel die Vergleichung nicht mit der Kerze angestellt, sondern dieselbe durch eine Gasflamme von gleicher Wirkung ersetzt. Da es sich nur um die Gewinnung von Verhältnisszahlen handelte, war die angewendete Methode genügend, wenn sie nur immer auf ganz gleiche Weise benutzt wurde.

II.

Man pflegt das specifische Gewicht des Leuchtgases aus den Ausströmungsgeschwindigkeiten des Gases in Vergleich mit atmosphärischer

Luft nach dem Gesetze zu berechnen, dass die Quadrate der Ausströmungszeiten zweier Gase direct proportional sind den Dichten derselben. Bei einer grossen Anzahl von Versuchen, in welchen die Dichten von Leuchtgasen mittelst des auf das angegebene Princip gegründeten Blochmann'schen Apparates bestimmt wurden, habe ich die Ueberzeugung gewonnen, dass die Ermittlung der Dichten nicht mit Sicherheit zur Werthsbestimmung des Leuchtgases dienen könne. Einige Belege hierzu werde ich unter No. III. bei Vergleichung der Angaben meines Gasprüfers mit photometrischen Bestimmungen mittheilen.

Bei meinen oben erwähnten Versuchen, bei welchen auch die anzuführenden Ergebnisse erhalten wurden, wendete ich keinen Exhaustor an. Wo Exhaustoren in den Gasanstalten eingeführt sind, können diese Veranlassung dazu werden, dass sich dem Gase bedeutende Mengen von Stickstoff beimengen, denn wenn der Exhaustor bei Anwendung von Thonretorten so kräftig wirkt, dass er eine Verdünnung der Luft an der Retorte gegen Ende der Vergasung bewirkt, so saugt er durch die Risse der Retorte Luft aus dem Feuerraume und mischt diese dem Leuchtgase bei. Ich habe in der hiesigen Gasanstalt an dem aus einer Retorte in den Condensator führenden Gasableitungsröhre einer Retorte ein Manometer anbringen lassen. Bei Beobachtung desselben ergab sich, dass zwar im Beginne der Gasentwicklung, während das Manometer 5 Zoll Unterdruck im Condensator anzeigte, noch ein Ueberdruck bis zu mehreren Zollen in der Retorte selbst stattfand, dass aber gegen Ende der Entwicklung ein Unterdruck in der Retorte bis über 1 Zoll eintrat, der auch durch raschern Gang der Dampfmaschine noch bedeutend vermehrt werden konnte. Es ist klar, dass unter solchen Umständen der Exhaustor Stickstoff und Kohlensäure in die Retorte saugen und das Gas verunreinigen musste. Der hohe Stickstoffgehalt, welchen mehrere zuverlässige Analysen von Leuchtgasen nachweisen, hat vielleicht zum Theil in der Wirkung von Exhaustoren in Verbindung mit Thonretorten seinen Grund.

III.

Ich hatte ein Exemplar des von Herrn Professor Heintz in Halle construirten Verbrennungsapparates zur organischen Elementaranalyse — welchen ich beiläufig als sehr praktisch empfehlen kann — durch Vermittelung des Erfinders aus Halle erhalten. Herr Professor Heintz hatte denselben selbst in Halle geprüft und gut befunden. Als ich ihn

aber hier in Gebrauch nehmen wollte, zeigten sich die Flammen stark leuchtend, es mussten die Ausströmungsöffnungen für das Gas zum Theil verstopft, die übrigen enger gemacht werden, worauf erst der Apparat sehr gute Wirkung gab. Offenbar musste das hier angewendete Gas besser, d. h. reicher an schweren Kohlenwasserstoffen sein, als das, womit der Apparat früher geprüft worden war. Diese Erfahrung bildete den Ausgangspunkt der Versuche, welche mich zur Construction eines auf das Princip der Luftbeimischung gegründeten Instrumentes zur Prüfung des Leuchtgases führten.

Ich will in Folgendem einige Reihen von Versuchen mittheilen, welche bei Anwendung der oben beschriebenen Einrichtung des Apparates erhalten worden sind und dieselbe rechtfertigen mögen.

A.

Vergleichung der Angaben des Gasprüfers mit photometrischen Bestimmungen.

Zu diesen Versuchen dienten zwei Apparate, welche engere Schlitzze hatten, als diejenigen, welche ich gegenwärtig benutze. Ich führe diess an, weil die erhaltenen Zahlen nicht mit den Graden der jetzt von mir angenommenen Scala verglichen werden können. Sie stimmten sogar unter einander nicht überein. Es ist dies aber gleichgültig, da es nur darauf ankam, Verhältnisszahlen bei jedem einzelnen Versuche zu erhalten.

Leuchtgas aus Zwickauer Steinkohlen⁶.

Product der 1. Stunde.

Spec. Gew.: 0,579.

Photometrische Bestimmung, bei einem Consum von 3 Cubikfuss sächs.

u. 1,5" Druck: im Mittel 18,3 Lichtstärken.

Gasprüfer: im Mittel 62°.

Product der 2. Stunde.

Spec. Gew.: 0,567.

Phot. Best.: 16,9 Lichtstärken.

Gasprüfer: im Mittel 56,3°.

(6) Zu den photometrischen Versuchen wurden immer die für jedes Gas passendsten Brenner ausgesucht und das Consum auf das angegebene reducirt.

Product der 3. und 4. Stunde.

Spec. Gew.: nicht bestimmt.

Phot. Best. im Mittel: auf 3 Cubikfuss Consum reducirt: 12 Lichtstärken.

Gasprüfer: 41°.

Die gefundenen Lichtstärken stehen zu einander ganz nahe in dem Verhältniss der beobachteten Grade des Gasprüfers.

Lichtstärken 18,3 : 16,9 : 12.

Gasprüfer 62 : 56,3 : 41.

Die aus den ersten Stunden berechneten Zahlen für die beiden folgenden würden sein:

62 : 57 : 40,6.

Leuchtgas aus Zwickauer Kohlen.

Product der 1. Stunde:

Spec. Gew.: 0,64.

Phot. Best. bei 4 Cubikfuss Consum u. 1,5'' Druck 21,05 Lichtstärken.

Gasprüfer. Bei dieser und der folgenden Versuchsreihe diene ein Prüfer mit anderer Scala, als bei der der vorhergehenden, Mittel: 80,25°.

Product der 2. Stunde:

Spec. Gew.: 0,58.

Phot. Best. auf 4 Cubikfuss reducirt: 21,7 Lichtstärken.

Gasprüfer: Mittel: 83.

Product der 3. Stunde:

Spec. Gew.: 0,42.

Photom. Best. Consum auf 4 Cubikfuss sächs. 9 Lichtstärken. (?)

Gasprüfer: 39°.

Lichtstärken 21 : 21,7 : 9.

Gasprüfer 80 : 83 : 39.

Die für die zweite und dritte Stunde berechneten Zahlen würden sein:

82,6 : 36.

**Leuchtgas, erhalten aus 120 $\mathcal{L}$. Zwickauer und 30 $\mathcal{L}$.
Boghead-Kohle.**

Product der 1. Stunde:

Spec. Gew.: 0,71.

Phot. Best.: (3 Cubikfuss Consum bei 1" 5 Z. Druck) 22,7 Lichtstärken.

Gasprüfer: 96°.

Product der 2. Stunde:

Spec. Gew.: 0,62.

Phot. Best.: Mittel, 23,3 Lichtstärken.

Gasprüfer: 97,5. ¹

Product der 3. Stunde:

Spec. Gew.: 0,44.

Phot. Best.: 8,88 Lichtstärken.

Gasprüfer: 38,5.

Lichtstärken: 22,7 : 23,3 : 8,9.

Gasprüfer: 96 : 97,5 : 38,5.

Berechnung nach der Lichtstärke der 1. Stunde:
98,5 : 37,6.

B.

Die Scala des Gasprüfers.

Die Grade der Scala drücken keine absoluten Werthe aus. Der Spalt, durch welchen die Luft eintritt, ist überall gleich weit, die Länge der Oeffnung gibt das Maass der Luft, welche zur Flamme tritt, und die Grade der Scala geben bei Prüfung von Leuchtgasen nur die relativen Werthe desselben an, unter der Voraussetzung, dass die zur Zerstörung des Leuchtvermögens erforderliche Luftmenge diesem Leuchtvermögen direct proportional sei. Diese Voraussetzung musste durch Versuche mit Mischungen brennbarer Gase in bekannten Verhältnissen

(7) Der Umstand, dass meist das Product der zweiten Stunde sich besser als das der ersteren ergab, kann zum Theil darin liegen, dass die Gase in einem grossen Versuchsapparate dargestellt wurden, der für jeden Versuch mit neuem Reinigungsmaterial versehen wurde und wahrscheinlich in der ersten Stunde noch nicht frei von atmosphärischer Luft war.

geprüft werden und sie hat sich dabei sehr annähernd als richtig erwiesen. Ich habe vergebens versucht, durch die Grade der Scala absolute Werthe auszudrücken; es wird sich aus dem Folgenden der Grund ergeben, welcher dies unmöglich machte. So habe ich mich begnügen müssen, dem Spalte eine solche Weite zu geben, dass beim Brennen von Leuchtgasen derselbe um $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ geöffnet werden muss und die Scala in gleich grosse Grade zu theilen. Es ist aber unmöglich, den Spalten zweier Instrumente ganz genau gleiche Weite zu geben. Um die Scalen verschiedener Apparate übereinstimmend herzustellen, muss mittelst eines bestimmten Gasgemisches, welches eine recht genaue Beobachtung zulässt, ein Punkt der Scala fixirt und von diesem aus die Theilung bewirkt werden, oder es muss jedes Exemplar mit einem genau hergestellten Normal-Instrumente unter Anwendung des gleichen Leuchtgases verglichen und dadurch ein fester Punkt erhalten werden. So sind die mit meinem Originale übereinstimmenden Instrumente hergestellt worden, welche die Mechaniker Huguershoff hier und Blochmann in Dresden liefern.

Ich lasse nun die Ergebnisse meiner Grundversuche über das Verhalten verschiedener Gasmischungen im Gasprüfer folgen. Zur Herstellung der Gasgemenge diente ein circa 12000 Cubikcentimeter fassendes Gasometer nach Art der von Blochmann in Dresden zur Bestimmung der specifischen Gewichte von Leuchtgasen bestimmten kleinen Gasometer ausgeführt, welches genaue Messung der Gase, sowie gleichmässiges Ausströmen derselben unter nahe constantem Drucke gestattet. Zur Messung des letzteren ist das Gasometer oben mit einem Manometer versehen, der Kasten aus dünnem Blech ist balancirt, und so ist es leicht, durch gelindes Heben des Gegengewichtes oder Ziehen an demselben, während man das Manometer beobachtet und im Niveau erhält, die einströmenden Gase genau unter dem Atmosphärendrucke zu messen und zusammenzumischen. Wird das Gegengewicht ganz oder theilweise abgenommen, so kann man das Gas unter beliebigen Druck bringen und unter diesem ausströmen lassen. Der anfängliche Druck mindert sich während des Niedergehens, wegen der sehr geringen Masse des Bleches, welches in das Wasser einsinkt, kaum um einige Linien Wasserdruck. Aber auch diess kann vermieden werden, indem ein Gehülfe, der das Manometer beobachtet, in dem Maasse, als sich eine Minderung des Druckes zeigt, durch Schrotkörner oder Zinkblechstückchen, die in ein auf die obere Fläche gesetztes Schälchen gelegt werden, das Gewicht

des Kastens vermehrt. Die Leitstange ist in 100 Theile getheilt, deren jeder 112 Cb.^o Gasometerinhalt entspricht.

Die Grösse der Grade der Scala des Gasprüfers ist so gewählt, dass man in günstigen Fällen mindestens auf 1° genau messen kann.

1. Leuchtgas mit ölbildendem Gas.

Das hiesige Leuchtgas forderte in den Monaten März und April d. J., in welchen ich dasselbe oft geprüft habe, von 35 — 37 Grade Spaltöffnung. Ich drücke diese Beschaffenheit aus, indem ich ein Gas als 34grädig etc. oder als Gas von 35° u. s. w. bezeichne.

Mit Leuchtgas, dessen Grädigkeit jeden Tag bestimmt und nach seinem Gehalte in Rechnung gebracht wurde, mischte ich reines ölbildendes Gas. Die Bereitung desselben geschah nach Mitscherlich's Verfahren durch Einleiten von Alkoholdampf in ein Gemenge von 100 englischer Schwefelsäure mit 30 Wasser bei 160—162°. Das Gas wurde nach Liebig's Vorschrift durch Schwefelsäure von etwa vorhandenem Aetherdampf gereinigt, wobei die Schwefelsäure sich nicht unbedeutend bräunte. Das Gas wurde durch ein Gemenge von rauchender mit wasserfreier Schwefelsäure vollständig absorbiert, was mit ölbildendem Gase, das nach andern Methoden bereitet wurde, nie der Fall war.

95	Leuchtgas	von 35°	mit	5	ölbildendem Gas	gab	38° _{,5}
90	„	„ 35°	„ 10	„	„	„	42° _{,7}
87 _{,5}	„	„ 36°	„ 12 _{,5}	„	„	„	45° _{,2}
85	„	„ 35°	„ 15	„	„	„	46° _{,5}
80	„	„ 35°	„ 20	„	„	„	50 _{,3}

Die angegebenen Zahlen sind Mittelzahlen, welche immer aus 3—5 Versuchen berechnet wurden, die um höchstens 1° differirten. Berechnet man aus diesen Zahlen den Wirkungswerth des ölbildenden Gases, so ergibt sich derselbe im Mittel für je 5% ganz nahe = 5°_{,5}; wie folgende Vergleichung obiger gefundener Zahlen mit den berechneten zeigt:

gef.	ber.
38 _{,5}	38 _{,7}
52 _{,7}	42 _{,5}
45 _{,2}	45 _{,3}
46 _{,5}	46 _{,2}
50 _{,3}	50 _{,0}

Man sieht, dass eine überraschende, fast vollkommene Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung stattfindet. Die Bruchtheilgrade habe ich angeführt, wie sie sich aus der Berechnung ergaben; die Beobachtung ist nur in besonders günstigen Fällen bis auf $\frac{1}{2}^{\circ}$ genau auszuführen.

2. Leuchtgas mit Wasserstoffgas.

Wie in der vorhergehenden Versuchsreihe die Leuchtkraft von Leuchtgas durch Zusatz von ölbildendem Gas erhöht wurde, so wurde sie in den folgenden Versuchen durch Zusatz von Wasserstoffgas vermindert, um zu sehen, ob auch bei geringhaltigen Gasen noch die beobachtete Proportionalität stattfindet. Die gefundenen Zahlen sind auch hier wie überall Mittelzahlen.

						gef. ber.	
90	Leuchtgas	von 38°	mit 10	Wasserstoffgas	gaben	$34^{\circ},1$	$34^{\circ},2$
80	„	„ 36°	„ 20	„	„	$29^{\circ},2$	$28^{\circ},8$
70	„	„ 36°	„ 30	„	„	$26^{\circ},5$	$25^{\circ},2$
60	„	„ 36°	„ 40	„	„	24°	$21^{\circ},6$

Die beiden letzten Versuche sind mit Mischungen angestellt, die nicht mehr als Leuchtgase betrachtet werden können. Unter 28° sind, wie sich hier, so wie bei anderen Mischungen ergeben hat, die Messungen nicht mehr mit gleicher Schärfe, wie bei reicheren Gasen möglich und zwar um so weniger, je minder leuchtend die Flammen sind. Die ersten Versuche zeigen die gleiche Proportionalität, wie sie sich in der ersten Reihe herausgestellt haben.

3. Versuche mit decarburirtem Gas.

Unter decarburirtem Gas verstehe ich ein Leuchtgas, welchem durch ein Gemisch von rauchender mit wasserfreier Schwefelsäure die leuchtenden Bestandtheile mehr oder weniger vollständig entzogen sind. Ich erhielt dasselbe, indem ich Leuchtgas zuerst durch eine Bunsen'sche Waschflasche, die mit Schwefelsäure gefüllt war und dann durch mehrere mit Bimssteinstücken und Schwefelsäure gefüllte U förmige Röhren gehen liess. Wenn das Gas auf diese Weise vollständig oder fast vollständig der schweren Kohlenwasserstoffe beraubt ist, zeigt dasselbe am Prüfer $20-21^{\circ}$. Die Flamme hat aber keine scharfe Begrenzung, die Einstellung der Höhe, sowie die Beobachtung des Verschwindens der Leuchtkraft sind schwierig und nicht sicher. Mischungen von solchem Gas

mit kleineren Mengen von ölbildendem Gas gaben deshalb keine genügenden Resultate.

80 decarburirtes Gas von ca. 21° mit 20 ölbild. Gas gab 39° ber. 38°,8

70 „ „ „ 21° „ 30 „ „ „ 48° „ 47°,7

60 „ „ „ 21° „ 40 „ „ „ 57 – 58 57°,6

letzter Versuch nicht genau, die Flamme ist zuckend und zum Zurückschlagen geneigt.

Zu den folgenden Versuchen wurde ein schneller durch die Säure geleitetes, weniger vollständig decarburirtes Gas verwendet. Dasselbe zeigte 27—28°.

95 decarb. Gas + 5 ölbild. Gas gaben 31° ber. 31°,3

90 „ mit 10 „ „ „ 37° „ 36°,7

70 Leuchtgas von 36° mit 30 decarburirtem gab 33°,6 ber. 30°,3.

4. Oelbildendes Gas mit Wasserstoffgas.

Mischungen von Wasserstoff mit ölbildendem Gas gaben keine grosse Schärfe; die Mischung muss mindestens 20% ölbildendes Gas enthalten, um eine gutbegrenzte Flamme zu bilden. Die folgenden Zahlen sind die Mittel zahlreicher, in mehreren Reihen angestellter Versuche, die indessen nicht sehr nahe übereinstimmen.

Die berechneten Zahlen beziehen sich auf den durch die Versuchsreihe 1. gefundenen Wirkungswerth des ölbildenden Gases.

99 Wasserstoff mit 20 ölbild. Gas (23—27°) Mittel 24,3 ber. 22°

75 „ „ 25 „ „ (28—29°) „ 28,5 „ 27°,5

70 „ „ 30 „ „ (34—38°) „ 36,4 „ 33°

60 „ „ 40 „ „ (34—38°) „ 36,3 „ 44.

59 „ „ 50 bei ohngefähr 56 schlägt die Flamme zurück, ohne noch vollständig lichtlos zu sein.

Man sieht, dass besonders bei den an ölbildendem Gas ärmeren Mischungen im Verhältniss zu viel Sauerstoff zur Verbrennung von Wasserstoff verwendet und dadurch die Proportionalität gestört wird.

5. Sumpfgas.

Die Versuche mit decarburirtem Leuchtgase hatten gezeigt, dass dasselbe mehr Luft zur vollständigen Zerstörung seiner Leuchtkraft brauchte, als eine Mischung von ölbildendem Gas mit Wasserstoff von gleicher Leuchtkraft. Ein decarburirtes Gas zeigte z. B. 22°. Diess würde einer Mischung von Wasserstoff mit 18% ölbildendem Gas ent-

sprechen, aber eine oberflächliche Vergleichung zeigt, dass letztere Mischung ein weit grösseres Leuchtvermögen, als das decarburirte Gas besitzt. Daraus ging hervor, dass das Sumpfgas, welches im decarburirten Gas enthalten ist, nicht mit ölbildendem Gase verglichen oder auf eine Mischung von ölbildenden Gase mit Wasserstoff von gleichem Kohlenstoffgehalte als das Sumpfgas reducirt werden kann.

Reines Sumpfgas, durch Erhitzen von essigsaurem Natron mit Kalk erhalten, brennt im Gasprüfer mit einer Flamme, die keine scharfe Begrenzung zeigt, indem sie von einer kaum sichtbaren Hülle umgeben ist. Die Höhe ist demnach nicht genau zu bestimmen. Ebenso ist nach dem Aufdrehen des Spaltes die innere Flamme nicht scharf gesondert und das Verschwinden des letzten Scheines über dem schwer erkennbaren innern Kegel schwierig zu beobachten. Das gefundene Mittel der Beobachtungen war 26° . Dies würde einer Mengung von mindestens 20% ölbildendem Gase mit Wasserstoff entsprechen. Als aber die Leuchtkraft von Sumpfgas mit der einer Mischung von 20% ölbildendem Gas und 80 Wasserstoff verglichen wurde, wobei ich die Gase aus Bunsen'schen Lampen, deren Luftlöcher verstopft waren, mit gleich hohen Flammen brennen liess, ergab sich, dass Sumpfgas 5 Zoll, die Mischung aber 18 Zoll vom Diaphragma brennen musste, um das Gleichgewicht herzustellen. Demnach ist das Leuchtvermögen einer Mischung von 20 ölbildendem Gas mit 80 Wasserstoff mindestens 13 Mal grösser als die des Sumpfgases, obwohl letzteres die procentische Zusammensetzung eines Gemenges aus gleichen Raumtheilen Wasserstoff und ölbildendem Gas besitzt. Hiernach wird man Frankland's Ansicht beistimmen müssen, dass das Sumpfgas in der Praxis als beinahe nicht leuchtendes Gas angesehen werden könne. Zu dem gleichen Resultate ist Pettenkofer gelangt bei Gelegenheit der Untersuchung des Gases der Adelheidsquelle. Siehe die Abhandlung. der mathemat. phys. Klasse der Königl. Bayer. Akademie 6. Bd. I. Abth. (in der Reihe der Denkschriften der XXV. Bd. p. 115.)

Mischungen von Sumpfgas mit Wasserstoff gaben nur unsichere Resultate, z. B.:

60 Sumpfgas mit 30 Wasserstoff zwischen $17-15^{\circ}$ ber. $15^{\circ},5$

50 „ „ 50 „ „ ohngefähr 16° ber. 13° .

Leuchtgas mit Sumpfgas gemischt gab folgende Resultate, welche zeigen, dass in einer Mischung beider die Gemengtheile ihre Wirkungs- werthe nicht ändern.

90 Leuchtgas von 35° mit 10 Sumpfgas gab im Mittel von 4 Versuchen 34° ber. 34°,1.

80 Leuchtgas von 39° mit 20 Sumpfgas gab im Mittel von 4 Versuchen 38° ber. 36°,6.

60 Leuchtgas von 35° mit 40 Sumpfgas gab schlechte, schwer vollständig zu entleuchtende Flamme — bis gegen 35° ber. 31°,4.

Als letztere Mischung photometrisch in der oben bei der Mischung von Sumpfgas mit Wasserstoff beschriebenen Weise, welche freilich nur ein annäherndes Resultat geben konnte, mit Leuchtgas verglichen wurde, ergab sich das Verhältniss des Leuchtgases (7,5 Zoll) zur Mischung (6 Zoll) = 1,5 : 1.

Wenn das Sumpfgas gar nicht leuchtete, würde die berechnete Leuchtkraft des Gemenges 1,6 : 1 geben. Die Differenz ist offenbar Versuchsfehler und der Versuch ist ein weiterer Beweis für die überaus geringe fast = 0 zu setzende Leuchtkraft des Sumpfgases.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass das Sumpfgas in die Angaben des Gasprüfers einen Fehler bringt. Es ist darnach unmöglich, die Leuchtwerte verschiedener Gase etwa in Procenten an ölbildendem Gas auszudrücken, denn 100 Sumpfgas würden dem Prüfer zufolge entsprechen 22 ölbildendem Gas, demnach 30% in einem Leuchtgas als 6,5% ölbildendem Gas berechnet werden, während ihr Leuchtwert kaum der von 0,5% ölbildendem Gas ist.

Wenn aber auch hiernach die Scalentheile des Instrumentes keine absoluten Werthe, z. B. nicht das Aequivalent an ölbildendem Gas ausdrücken können, so kann doch der Prüfer dienen, die relativen Werthe verschiedener Leuchtgase zu bestimmen. Das Folgende wird darthun, wie gering der Fehler nur sein kann, welchen hierbei das Sumpfgas veranlasst.

Vergleicht man die nach zuverlässigen Methoden ausgeführten Analysen von Leuchtgasen, abgesehen von Wassergasen und Holzgas, so ergibt sich, dass der Gehalt derselben an Sumpfgas nicht sehr wechselnd ist, dass er nur zwischen 35 und 45% schwankt. Im Mittel aus Frankland's Analysen (Ann. d. Chemie und Pharm. 82.) von Leuchtgasen aus den verschiedensten englischen Steinkohlen (Bogheadkohle ausgenommen) sowie aus Landolt's Analysen des Heidelberger Gases (Ueber die chemischen Vorgänge in der Flamme des Leuchtgases etc., Habilitationsschrift etc. Breslau 1856) und aus Wunder's Analysen von Gasen aus Zwickauer Steinkohlen (Journ. f. p. Chem. 80. 231) ergibt sich ein

durchschnittlicher Gehalt von 40% Sumpfgas im Steinkohlengase. Nimmt man nun diesen Gehalt als den normalen an, so kann der Fehler in der Werthsbestimmung eines Leuchtgases, der durch einen grössern oder geringern Gehalt desselben an Sumpfgas herbeigeführt wird, nur sehr gering ausfallen. Enthält z. B. das Gas 10% mehr Sumpfgas, also 50%, was kaum vorkommen wird, so würde dies am Gasprüfer 2,5° zu viel geben und umgekehrt. So würde das von Frankland analysirte Gas aus Pelton Kohle, welches ungewöhnlich wenig Sumpfgas, nämlich 32,9% enthält, um 1°,8 zu gering am Gasprüfer erscheinen. Es möchten dies die ungünstigsten Fälle sein. In der Regel werden nur die an schweren Kohlenwasserstoffen reichen Gase einen den angenommenen Durchschnitt übersteigenden Gehalt an Sumpfgas enthalten und diese würden demnach um etwas zu gut erscheinen. Die geringhaltigen, an Wasserstoff reichen Gase, wie diejenigen aus den letzten Perioden der Destillation werden dagegen um etwas zu gering erscheinen, wenn nicht dieser Fehler durch den unter A hervorgehobenen Umstand, dass wasserstoffreiche Flammen zu viel Luft fordern, aufgehoben wird.

Für Wassergase und Holzgas wird natürlich die Scala des Gasprüfers modificirt oder es werden die Angaben reducirt werden müssen, da diese Gase geringere Menge von Sumpfgas enthalten.

Es bedarf übrigens nur einer nicht sehr umständlichen Modification in der Anwendung des Gasprüfers, um den Sumpfgasfehler ganz zu umgehen und die Procente an ölbildendem Gas zu ermitteln, welchen die Leuchtkraft eines Gases entspricht. Das Verfahren setzt nur einige Uebung im Gebrauche chemischer Apparate voraus und wird von jedem gebildeten Gastechniker leicht angewendet werden können, wo es sich um eine genaue Controle der Angaben des Gasprüfers, bei Untersuchung ungewöhnlich zusammengesetzter Leuchtgase handelt. Man braucht dazu zwei zum Messen eingerichtete Gasometer, wie ich dieselben oben beschrieben habe. Beide werden mit Wasser gefüllt, das man durch Schütteln mit Leuchtgas u. s. w. mit diesem möglichst gesättigt hat. In das eine bringt man das mittelst des Gasprüfers auf seine Grädigkeit geprüfte Leuchtgas. Man verbindet sodann dieses Gasometer mit dem zweiten, indem man zwischen beide ein System von Absorptionsapparaten einschaltet, das aus folgenden Theilen besteht: 1) einer mit Stücken von Chlorcalcium gefüllten Röhre; 2) einem Liebig'schen Kaliapparat, mit rauchender Schwefelsäure gefüllt, in welche man so viel Dämpfe von wasserfeier Schwefelsäure ein-

geleitet hat, dass die Säure eben noch flüssig bleibt; 3) einer horizontal liegenden, 30—35 Millimeter weiten, U förmigen Röhre mit Bimssteinstücken, welche mit dem Gemenge von wasserfreier und rauchender Schwefelsäure getränkt sind; 4) einer weiten und langen Röhre mit Kalistücken gefüllt. Nachdem man sich von dem vollkommenen Schlusse aller Theile des Apparates überzeugt hat, lässt man aus dem ersten Gasometer so lange Gas durch die Absorptionsröhren streichen, bis die Luft aus denselben möglichst vollständig verdrängt ist. Nachdem diess geschehen, unterbricht man durch Schliessen des Hahnes die Verbindung zwischen den Röhren und dem zweiten Gasometer und lässt das übergeströmte Gas entweichen. Hierauf werden beide Gasometer äquilibrirt und das Volumen des Gases im ersten Gasometer gemessen. Man nimmt sodann das Gegengewicht ab, stellt durch Oeffnen des Hahnes die Verbindung zwischen beiden Gasometern her und lässt das Gas langsam aus dem ersten durch die Schwefelsäureapparate in das zweite ausströmen, wobei es seiner schweren Kohlenwasserstoffe beraubt wird. Nachdem 4—6000 Cb. C. ausgeströmt sind, schliesst man den Hahn des zweiten Gasometers, äquilibrirt das erste und misst sodann die Menge des aus dem ersten ausgeströmten, so wie die des im zweiten angesammelten Gases. Die Differenz zwischen beiden gibt das Volumen der absorbirten schweren Kohlenwasserstoffe, welche das aus dem ersten Gasometer ausgeströmte Leuchtgas enthielt. Nach Beendigung des Versuches prüft man das im zweiten Gasometer gesammelte decarburirte Gas mittelst des Gasprüfers.

Die Differenz zwischen der jetzt sich ergebenden Grädigkeit und der des ursprünglichen Gases ist bedingt durch die den absorbirten schweren Kohlenwasserstoffen angehörige Leuchtkraft, aus welcher sich, unter Berücksichtigung der Volumina der beiden gemessenen Gase leicht berechnen lässt, welchem Volumen ölbildenden Gases die absorbirten Kohlenwasserstoffe hinsichtlich ihrer Leuchtkraft entsprechen.

Es zeige z. B. ein Leuchtgas 38° . Durch Schwefelsäure werden von demselben 12 Volumprocente absorbirt. Der Rest zeige 20° . Das Leuchtgas enthält 88 Volumprocente solchen 20° grädigen (fast nicht leuchtenden) Gases, auf welche demnach $17^{\circ},6$ zu rechnen sind. Diese abgezogen von 38° geben $20^{\circ},4$ als die Wirkung der schweren Kohlenwasserstoffe. Da nun $5^{\circ},5$ entsprechen 5% ölbildendem Gas, so entspricht die gefundene Menge schwerer Kohlenwasserstoffe ($5^{\circ},5 : 5\%$ ölbild. Gas = $20^{\circ},4 : 18,5$) $18,5\%$ ölbildenden Gases.

Auch nur mit einem, unter möglichst gleichem Drucke niedergehenden Gasometer kann die Bestimmung, wenn auch weniger einfach, geschehen. Nachdem nämlich die Grädigkeit eines Leuchtgases bestimmt ist, wird ein Theil desselben über Quecksilber in einer graduirten Röhre abgemessen und darin nach Bunsen's Methode (Gasometrische Methoden p. 59 u. 109) durch eine mit Schwefelsäure getränkte Cokkugel das Volumen der schweren Kohlenwasserstoffe bestimmt. Hierauf wird ein hinreichendes Volumen des Gases langsam durch das beschriebene System absorbirender Röhren in das Gasometer geleitet, um ihm die schweren Kohlenwasserstoffe zu entziehen und wenn diess geschehen — das Gas auf seine Grädigkeit geprüft. Die Berechnung wird mit Berücksichtigung des Volumens der schweren Kohlenstoffe in der oben angegebenen Weise geführt.

6. Kohlenoxyd.

Um einen etwaigen Einfluss des in kleiner Menge in dem Leuchtgase enthaltenen Kohlenoxydes kennen zu lernen, wurden folgende Versuche angestellt.

90 Leuchtgas von 37° mit 10 Kohlenoxyd gaben 33°₅, ber. 33°₃.

50 Sumpfgas, 25 Wasserstoff und 25 Kohlenoxydgas gaben keine gute Flamme, sie zeigte 13° — 14° ber. 13°.

Diese Versuche beweisen, dass das Kohlenoxyd keine störende Wirkung äussert.

7. Stickgas.

Um keines der mitwirkenden Elemente zu übergehen, habe ich auch über den Einfluss des Stickgases, welches in so grosser Menge in die Flamme eingeführt wird, einige Versuche angestellt.

Das Stickgas wurde nach C o r e n w i n d e r's Methode durch Erwärmen einer Lösung von salpetrigsaurem Kali mit Salmiak bereitet.

80 Stickgas mit 20 ölbild. Gas gaben am Gasprüfer 13°

70 „ „ 30 „ „ „ „ „ 25°

60 „ „ 40 „ „ „ „ „ 36°

Die Flammen der beiden letzten Mischungen waren trübe aber sehr scharf begrenzt und zu genauer Einstellung besonders geeignet. Beim Oeffnen des Schlitzes bildet sich ein schöner innerer Kegel, dessen leuchtende Spitze sehr bestimmt verschwindet. Es gilt diess vorzüglich von der Mischung aus 60 Stickgas mit 40 ölbildendem Gas. In sieben Ver-

suchen mit zwei verschiedenen Gasgemengen wurden immer genau 36^o gefunden, ich möchte deshalb diese Mischung zur Feststellung eines Ausgangspunktes für die Scala des Instruments sowie zur Prüfung eines solchen auf die genaue Uebereinstimmung mit dem Originale eines Gasprüfers besonders empfehlen⁸.

Die bei den Versuchen mit Mischungen aus ölbildendem Gas und Stickstoff erhaltenen Zahlen zeigen keine Proportionalität.

Das gefundene Verhältniss von Mischungen mit 20, 30 und 40 % ölbildendem Gas ist 13 : 25 : 36, das aus der ersten Zahl berechnete müsste sein 13 : 19,5 : 26 — oder umgekehrt das aus der letzten berechnete 36 : 27 : 17 sein. Es erklärt sich der Mangel an Uebereinstimmung sehr leicht, dass der in die Flamme von ihrer Aussenfläche eindringende Sauerstoff hier nur ölbildendes Gas und nicht wie bei den Mischungen mit Leuchtgas und Wasserstoff noch ein anderes brennbares Gas vorfindet und demgemäss bei den an ölbildendem Gas ärmeren Gemischen eine verhältnissmässig grössere Menge ölbildendes Gas verbrennt, als bei den reicheren.

C.

Die Flammenhöhe als Maass des Consums.

Dass bei Leuchtgasen von mittlerer Zusammensetzung und zwar bis zu den Grenzen von 30^o bis 50^o die Flammenhöhe ein hinreichend genaues Maass des Consums des geprüften Gases ist, geht aus den Versuchen unter III. B. hervor, Man kann die Flamme als eine durch das Glühen ihrer Oberfläche sichtbar gemachte kegelförmige Gasmasse betrachten, deren Volumen bestimmt ist, durch die Basis des Kegels, d. h. den Querschnitt des Brenners und seine Höhe. Unter welchem Drucke das Gas in den Apparat einströmt, ist gleichgiltig, denn in dem weiten Brennerrohre setzt es sich mit der Atmosphäre ins Gleichgewicht, eben so kann die verschiedene Ausströmungsgeschwindigkeit, welche durch das specifische Gewicht bedingt ist, bei der Weite des Brennerrohres keinen bedeutenden Einfluss ausüben. Ein Fehler aber wird bei dieser

(8) Man hat dabei den Punkt festzuhalten, bei welchem in ganz ruhiger Luft der letzte Schein über dem innern Kegel verschwunden ist, während er bei der geringsten Luftbewegung momentan über dem Kegel wieder erscheint.

Messung jedenfalls begangen, wie die folgenden Versuche zeigen. Er ist dadurch bedingt, dass die an schweren Kohlenwasserstoffen reicheren Gase und Dämpfe des Leuchtgases, welche mehr Volumina ihrer Bestandtheile condensirt enthalten, indem sie in die Flamme eintreten, diese durch ihr Zerfallen in Verbindungen von minderer Verdichtung mehr vergrössern als diejenigen Gase, welche Kohlenstoffe von geringerer Verdichtung enthalten. Wenn z. B. ein Leuchtgas seine Leuchtkraft nicht sowohl ölbildendem Gase als vielmehr beigemengten Dämpfen von Benzin verdanken sollte, dessen Dampf 9 Volumina Kohlenstoff und Wasserstoff condensirt enthält, während das ölbildende Gas davon nur 4 enthält, so ist gewiss, dass die Flamme eines solchen Gases bei gleicher Höhe weniger Gas consumiren muss, als die eines Gases, das durch ölbildendes Gas leuchtet.

Ich habe mich durch Versuche darüber zu vergewissern gesucht, welchen Einfluss dieser Umstand auf die Genauigkeit der Resultate, welche der Gasprüfer gibt, ausüben könne. Zu diesem Zwecke liess ich das Gas aus dem Gasometer mit constantem Drucke in den Gasprüfer einströmen, stellte die Flamme auf die richtige Höhe ein und mass dann mittelst einer Secundenuhr die Zeit, innerhalb welcher gleiche Mengen verschiedener Gase verzehrt wurden.

60 Vol. Leuchtgas von $36^{\circ},5$ ($= 6720$ Cubik-Centimeter) strömten aus in 612 Secunden.

10 Vol. $= 102$ Secunden.

Dasselbe Leuchtgas zeigte nach Vermischung mit etwas Benzindampf 39° . 60 Vol. wie oben strömten nun aus in 637 Secunden.

10 Vol. $= 106$ Secunden.

Die verbrannten Mengen verhielten sich wie

$$100 : 103,8.$$

10 Volumina eines Gemenges von 85 desselben Leuchtgases mit 15 ölbildendem Gas $= 47^{\circ}$ strömten aus in 117 Secunden.

Hier ist das Verhältniss des Leuchtgases zu dem des Gemenges:

$$2 : 2,29.$$

Vergleicht man aber die gefundene Zahl 47° mit der für ein Gemisch aus 85 Leuchtgas von $36^{\circ},5$ und 15 ölbildendem Gas nach III B. 1. sich durch Berechnung ergebenden, so erhält man das gleiche Resultat $= 47^{\circ}$.

Ueber den Grund der Uebereinstimmung kann man kaum zweifelhaft sein. Nach allen in Vorstehendem mitgetheilten Versuchen, vergl.

namentlich III. B. 1, 2. 4 und 5, gibt der Gasprüfer die Gehalte wenig leuchtender Gase etwas zu hoch an. Der Spalt muss bei solchen, um die Entleuchtung zu bewirken, etwas zu weit geöffnet werden, indem der Sauerstoff der Luft ausser auf den glühenden Kohlenstoff sich auch in verhältnissmässig zu grosser Menge auf die übrigen brennbaren Elemente wirft. Bei Gasen von grösserer Leuchtkraft verschwindet dieser Fehler, indem er hier den Fehler compensirt, welchen die Anwendung der Flammenhöhe als Maass des consumirten Gases herbeiführen muss. Es scheint, dass bei den gewählten Dimensionen des Apparates die Compensation sich sehr glücklich für die Zusammensetzung der eigentlichen Leuchtgase gestaltet. Ich glaube, dass man bei der Prüfung von solchen von einem genauern Maasse, als die Flammenhöhe bietet, absehen kann, ja absehen muss, um nicht das Resultat, indem man dasselbe von einem Fehler unabhängig zu machen sucht, durch den entgegengesetzten Fehler zu trüben. Nur bei Gasen von ungewöhnlicher Zusammensetzung, z. B. der Producte aus verschiedenen Zeiten der Vergasung u. s. w., würde ich die Anwendung einer kleinen Gasuhr zur Bestimmung des Consums für zweckmässig halten. Jedenfalls geht aus dem Vorstehenden hervor, dass der Prüfer zwischen 30° und 50° , d. h. innerhalb der Extreme, zwischen welchen die Gehalte der meisten Leuchtgase liegen, hinreichend genaue Resultate gibt.

2) Von Herrn Dr. G. C. Wittstein hier

„Beobachtungen und Betrachtungen über die Farbe
des Wassers.“

Nach Bunsen¹ ist reines Wasser blau, und Abweichungen hievon rühren nach ihm immer von Beimengungen oder dem Reflex eines dun-

(1) Annalen der Chemie und Pharmacie LXXII. 44.