

Mittheilungen.

1. H. Bunte: Ueber die neuere Entwicklung der Flammenbeleuchtung.

(Vortrag, gehalten vor der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin am
22. November 1897.)

Vor zwanzig Jahren noch beherrschte die Flamme fast das ganze Gebiet der künstlichen Beleuchtung. Seit Prometheus, nach der Sage, den göttlichen Funken vom Himmel entwendet und das leuchtende und wärmende Feuer auf die Erde gebracht, war die Leuchtflamme viele Jahrhunderte hindurch auf allen Culturstufen der Menschheit mehr ein Gegenstand des religiösen Cultus, als ein Beleuchtungsmittel in unserem heutigen Wortsinn. Man verwendete allen Fleiss auf die künstlerische Gestaltung der Lampen, aber man begnügte sich mit dem ärmlichsten Lichtschein. Erst als gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, inmitten gewaltiger Umwälzungen auf politischem, technischem und wirtschaftlichem Gebiete, die wissenschaftliche Chemie auf der richtigen Erkenntniss des Verbrennungsprocesses sich aufgebaut hatte, war die Grundlage geschaffen für einen zielbewussten Fortschritt in der Verbesserung der Flammenbeleuchtung.

Man kann den Zustand der künstlichen Beleuchtung um die Wende des vorigen Jahrhunderts kaum schlagender charakterisiren als durch den Reimspruch Goethe's: »Wüsste nicht, was sie Bessers erfinden könnten, als wenn die Lichter ohne Putzen brennten.« Aber schon war das neue Licht im Anzug, das Flammenlicht ohne Docht, die Gasbeleuchtung. Der geniale Murdoch, der Erfinder des Steinkohlen-Leuchtgases, hatte sich mit dem grossen Reformator der Dampfmaschine, James Watt, zu gemeinsamer Arbeit verbunden, und die beiden grossen Erfindungen, welche den tiefgreifendsten Einfluss auf die Gestaltung unserer äusseren Lebensverhältnisse ausüben sollten, traten mit dem neuen Jahrhundert von derselben Stelle, der Maschinenfabrik von Soho bei Birmingham aus in die Welt. Mit den verbesserten Dampfmaschinen wanderten die ersten Einrichtungen für Gasbeleuchtung zunächst in die Spinnereien und Webereien Englands.

Als um die Mitte der zwanziger Jahre das Leuchtgas in den deutschen Grossstädten seinen Einzug hielt, da wurden die Gasflammen mit einer Helligkeit von 10—15 Kerzen mit Jubel begrüsst, und mehr als ein halbes Jahrhundert lang hat die Flammenbeleuchtung als Gas- und Petroleum-Licht fast ausschliesslich die Herrschaft behauptet. Erst gegen Ende der siebziger Jahre erwuchs dem Flammenlicht durch

Verbrennung, dem chemischen Licht, ein mächtiger Rivale in dem elektrischen Licht, dem Licht ohne Flamme, ohne Verbrennung und Wärme, und es entspann sich ein Wettkampf zwischen den beiden Beleuchtungsarten, dessen Zeugen wir noch heute sind, in dessen Verlauf die Welt mit einer Fülle von Licht überschüttet wurde, von der frühere Generationen keine Ahnung hatten.

Wenn ich es nun versuche, Ihnen in flüchtigen Strichen ein Bild der neueren Entwicklung der Flammenbeleuchtung in den letzten 20 Jahren zu zeichnen, so darf ich zunächst wohl mit einigen Worten auf die wichtigsten Fortschritte hinweisen, welche in der Herstellung des Leuchtgases in dieser Zeit gemacht worden sind. In erster Linie ist hier die Einführung der Gasfeuerung für die Heizung der Retortenöfen zu nennen, mit der die deutsche Gastechnik bahnbrechend vorangegangen ist und Typen geschaffen hat, die dem Auslande als Vorbilder gedient haben. Dadurch wurde ein weiterer Fortschritt vorbereitet, der mit directer Feuerung kaum möglich gewesen wäre: der Uebergang von den Oefen mit horizontalen Retorten zu solchen mit geneigten Retorten. Durch diese Verbesserung, welche zunächst in Frankreich versucht, dann in England durchgebildet und nun auch in Deutschland erfolgreich eingeführt wurde, soll die Beschickung der Retorten mit Kohle und die Entleerung derselben wesentlich verbessert und die Bedienung der Oefen für die Arbeiter erheblich erleichtert werden. Zahlreiche andere Verbesserungen an fast allen Betriebsapparaten, deren Aufzählung im Einzelnen ich mir versagen muss, haben neben besserer Reinigung des Gases besonders auf die vollständige Gewinnung und Verwerthung der Nebenproducte: Coke, Theer, Ammoniak und Cyan hingewirkt.

Die Erfolge der Gastechnik auf diesem Gebiet und der günstige Preisstand dieser Producte haben in den achtziger Jahren eine der Gasindustrie sehr nahe verwandte Technik besonders in Westfalen und Schlesien in's Leben gerufen, die Cokerei mit Gewinnung der Nebenproducte, die Destillationscokerei, bei welcher die Nebenproducte Coke, Theer und Ammoniak Haupterzeugnisse sind, während das Gas zum Heizen der Cokeöfen verbrannt wird. Bei dieser Verwendung des Gases werden die leuchtenden Bestandtheile desselben zerstört, und es lag nahe, vor der Verbrennung den Hauptträger der Leuchtkraft, das werthvolle Benzol, durch Waschen der Gase mit Oel auszuscheiden und besonders zu verwerthen. Da bei der üblichen Destillation der Steinkohle etwa 10-mal mehr Benzol aus dem Gas als aus dem früher ausschliesslich auf Benzol verarbeiteten Theer erhalten werden kann, so wurden aus den Cokeofengasen so grosse Mengen von Benzol gewonnen, dass trotz des steigenden Verbrauches der Theerfarbenfabriken der Benzolmarkt überschwemmt, und der Preis bis auf 25 M. pro 100 kg herabgedrückt wurde. Es drängte sich nun der Gedanke

auf, diese reichlich fließende billige Quelle von Benzol, dem wichtigsten Lichtgeber der Gasflamme, für die Aufbesserung des Steinkohlengases an Stelle der seltenen und theureren Zusatzkohlen, Cannel und Boghead, zu verwenden, um den gesteigerten Ansprüchen an die Leuchtkraft des Gases zu genügen. Es entstand so die Carburirung oder Benzolirung des Leuchtgases, die wegen ihrer Einfachheit und Bequemlichkeit in deutschen Gasanstalten rasch Aufnahme fand: Durch diese theilweise Synthese des Leuchtgases wurde die Gaserzeugung bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Verwendung bestimmter und deshalb theurerer Steinkohlensorten, sodass bei niedrigen Benzolpreisen und hoher Leuchtkraft des Gases auch ein erheblicher ökonomischer Vortheil erreicht wird.

Anders als in Deutschland hat sich die Gaserzeugung in Amerika während der letzten Jahrzehnte entwickelt. Dort lieferte die Verarbeitung ungeheurer Mengen von Erdöl auf Brennpetroleum jährlich immer steigende Massen leichter Oele und schwersiedender Rückstände, welche nicht direct zur Beleuchtung gebraucht, wohl aber mit Vortheil zur Herstellung von Leuchtgas verwendet werden können. Durch Vermischung der Dämpfe dieser Oele und deren Zersetzungsproducte mit nichtleuchtendem Wassergas wird in der Mehrzahl der amerikanischen Städte sehr leuchtkräftiges »carburirtes Wassergas« erzeugt. Diese Methode der Wassergasdarstellung hat in jüngster Zeit auch in der alten Welt, wo Rohpetroleum oder Petroleumöle billig zu haben sind, wie in England, Belgien, Holland und Dänemark, Eingang gefunden und dem alten Steinkohlengas mit Erfolg Concurrerz gemacht.

In Deutschland ist diese Synthese des Leuchtgases durch den bestehenden hohen Zoll auf Rohpetroleum und die geringe Erzeugung oder den hohen Preis unserer einheimischen Oele für die nächste Zeit ausgeschlossen.

Bevor ich mich von dem Leuchtgas zur Besprechung der Leuchtflammen wende, möchte ich Ihre Aufmerksamkeit auf eine Sammlung lenken, durch welche die Geschichte der Flammenbeleuchtung früherer Perioden illustriert werden soll. Diese Gegenstände sind einer grösseren Sammlung entnommen, welche der Deutsche Verein von Gas- und Wasser-Fachmännern gelegentlich der Gewerbeausstellung in Berlin 1896 zusammengebracht und zeitweise für öffentliche Schaustellung der »Urania« übergeben hat. Wir verdanken in erster Linie dem Eifer der HHrn. Müller (Charlottenburg), Nolte (Berlin) und v. Oechelhäuser (Dessau) die interessanten Stücke.

Schon eine flüchtige Betrachtung der ausgestellten Brenner genügt, um den Abstand von sonst und jetzt zu erkennen.

Nachdem Davy im Jahre 1819 die Theorie der Leuchtflammen entwickelt und die im Wesentlichen noch heute gültigen Grundsätze festgestellt hatte, verging mehr als ein halbes Jahrhundert, bis die

Flammenbeleuchtung durch einen neuen Gedanken befruchtet, erweitert und umgestaltet wurde. Die Schnitt- und Rind-Brenner von 10—20 Kerzen Leuchtkraft genügten für die nach unseren heutigen Begriffen ~~mässigen~~ Ansprüche der Zeit an künstliches Licht auf den Strassen, im Hause, in öffentlichen Lokalen und in Schaukäden vollkommen, bis gegen Ende der siebziger Jahre das elektrische Bogenlicht mit Hunderten von Kerzen Helligkeit durch die Differentiallampe von Hefner-Alteneck in die praktische Beleuchtungstechnik eingeführt wurde. Da war es Friedrich Siemens, der das Princip der Regeneration, die Vorwärmung der Verbrennungsluft, das sich in der Heiztechnik so glänzend bewährt hatte, auf die Leuchtflammen anwendete und in den Regenerativ- und Invert-Brennern mächtige Lichtquellen schuf, welche mit den elektrischen Bogenlampen erfolgreich in Wettbewerb treten konnten. Aber kaum hatte die Entwicklung der Flammenbeleuchtung in dieser Richtung begonnen, als Edison mit seinen elektrischen Glühlichtern 1881 auf der Ausstellung in Paris erschien und damit der elektrischen Beleuchtung ein ganz neues Gebiet erschloss, welches bisher vom Gas fast ausschliesslich beherrscht worden war. Zwar konnte das elektrische Glühlicht, dessen Helligkeit die gebräuchlichen Gaslampen nicht übertraf, dem relativ billigen Gaslicht gegenüber als Luxusbeleuchtung gelten, aber das erstere besass neben anderen Bequemlichkeiten den grossen Vorzug, dass man durch Vermehrung der Lampen die Lichtmenge in geschlossenen Räumen fast in's Unbegrenzte steigern kann, ohne durch Wärme belästigt zu sein, während die heissen Verbrennungsproducte der Gasflamme der weiteren Steigerung der Helligkeit sehr bald eine Grenze setzen. Die grosse Heizkraft des Gases, welche im Bunsenbrenner so vorzüglich ausgenutzt werden kann und dem Gas, als reinlichem, bequemem Heizstoff, ein weites Absatzgebiet erschlossen hatte, wurde unter solchen Umständen für die Beleuchtung zu einem schweren Nachtheil, und es fehlte nicht an Stimmen, welche dem Gas jede weitere Berechtigung als Beleuchtungsmittel absprechen und dasselbe ganz auf das Gebiet der Heizung verweisen wollten. Aber gerade die intensive Heizkraft des Gases im Bunsenbrenner sollte der Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung der Flammenbeleuchtung werden.

Um die Jahreswende 1885/86 durchlief die Tagespresse die Meldung, dass Hr. Dr. Auer von Welsbach in Wien eine Entdeckung gemacht, welche eine vollständige Umwälzung auf dem Gebiete der Gasindustrie und einen mächtigen Fortschritt des Beleuchtungswesens überhaupt bedeute. Man erfuhr, dass es sich um eine sogenannte Glühlampe oder einen Incandescenzbrenner handele, bei welchem durch eine Bunsenflamme ein kegelförmiges Aschenskelett aus sogenannten Edelerden: Cer, Lanthan, Didym, Thor, Zirkon etc. zur heftigsten

Weissgluth erhitzt und dadurch ein intensives Licht erzeugt werde. Bei der Seltenheit der genannten Erden, welche bisher nur als werthvolle Raritäten in wenigen Sammlungen chemischer Laboratorien gezeigt und mit Gold aufgewogen wurden, erhoben sich berechnete Zweifel, ob es möglich sei, diese kostbaren Stoffe in so grosser Menge zu beschaffen, um ein erhebliches Beleuchtungsgebiet damit zu versorgen. In der That stiess im Anfang die Einführung des Auerlichtes auf Schwierigkeiten, da der Preis der Glühkörper hoch und deren Leistung und Dauerhaftigkeit, z. Ph. wegen der Verwendung weniger geeigneter Stoffe, relativ gering war. Erst im Beginn unseres Jahrzehntes trat die Gas-Glühlichtbeleuchtung in neuem Glanz hervor, eroberte sich im Sturm zuerst die Hauptstädte Wien und Berlin, um sich von da aus in wenigen Jahren mit Riesenschritten über die ganze civilisirte Welt zu verbreiten. Es hatte sich gezeigt, dass das Genie im Bunde mit zäher Beharrlichkeit selbst anscheinend unübersteigliche Schwierigkeiten überwindet und mit dem Rüstzeug wissenschaftlicher Forschung, wie mit einer Wünschelrute, der Erde ihre verborgensten Schätze zu entlocken vermag. Denn die seltenen nordischen Mineralien: Cerit, Thorit, Monazit, aus denen man seither die Edelerden nur in kleinen Mengen gewinnen konnte, wurden von den Prospectors der Auergesellschaften auf den Goldfeldern in Brasilien und Australien, in Nordamerika und am Ural in mächtigen Sandschichten angetroffen, wo die Natur aus den Verwitterungsproducten der Gesteine durch einen natürlichen Schlammprocess die schweren Monazitsande mit dem Edelmetall gemeinsam abgelagert hat. Schon lange zuvor hatten die Goldwäscher den schweren goldgelben Sand bemerkt, aber als werthlos beiseite gelassen; nun wanderten Tausende von Tonnen dieser Monazit-Sande in die Werkstätten der Chemiker, und es entwickelte sich in kurzer Frist zum Erstaunen der wissenschaftlichen Welt eine Industrie der Edelerden. Die Salze der seltenen Elemente der Cer- und Thor-Gruppe, deren Trennung zu den schwierigsten Aufgaben des analytischen Chemikers gehört, wurden in höchster Reinheit dargestellt und kilogrammweis zu relativ billigem Preis in den Handel gebracht. Der Zweifel an dem Vorhandensein eines genügenden Vorrathes von Edelerden zur Herstellung von Auerstrümpfen war gründlich beseitigt, und Tausende und Abertausende von Glühstrümpfen traten an die Stelle der gewöhnlichen Schnitt- und Argand-Brenner und strahlten bei geringerem Gasverbrauch mit 4 — 5-facher Helligkeit. Zum ersten Mal seit Jahren hatten die Gasanstalten einen wesentlichen Rückgang im Verbrauch an Leuchtgas, die Gasconsumenten eine Verminderung der Gasrechnung bei 4 — 5-facher Lichtmenge zu verzeichnen, da selbst die anspruchsvollste Beleuchtung mit geringerem Gasverbrauch erzielt werden konnte. Das Auerlicht mit 50 — 70 Kerzen Leuchtkraft bei 100 L Gas-Consum war nächst dem

elektrischen Bogenlicht nicht nur das hellste, sondern auch das billigste Licht geworden.

Der beispiellose Erfolg der AuerGesellschaften regte natürlich den Erfindungsgeist mächtig an; aber das unsichere Tasten nach neuen Glühkörpern konnte, ohne tiefere Kenntniss von dem Wesen des neuen Lichtes, nur zu mehr oder minder glücklichen Nachahmungen führen.

Zur Zeit besitzen alle brauchbaren Glühstrümpfe sehr nahe die gleiche Zusammensetzung und bestehen lediglich aus Thoriumoxyd und Ceroyd, neben geringeren Mengen unwesentlicher Bestandtheile.

Die Frage: welcher Ursache die starke Leuchtkraft der Glühstrümpfe zuzuschreiben sei, war bei dem hastigen Drängen nach praktischem Erfolg fast völlig unbeachtet geblieben. Man begnügte sich damit, den Edelerden ein besonders grosses »Lichtemissionsvermögen« beizulegen, d. h. die Fähigkeit, bei relativ niedriger Temperatur sehr viel Licht auszustrahlen; durch diese Bezeichnung wurde jedoch die Thatsache nur umschrieben, keineswegs aber aufgeklärt, und die verschiedenen Versuche, diese merkwürdige Erscheinung durch den Uebergang der Strumpfbestandtheile in den krystallinischen Zustand (Lewes) oder die besondere Resonanz der Erden für Lichtwellen (Drossbach) zu erklären, konnten nicht befriedigen.

Von Anfang an war bekannt, dass nur bestimmte Mischungen der Edelerden ein besonders starkes Lichtemissionsvermögen zeigen, und Auer brachte diese Besonderheit zum Ausdruck, indem er in seinen Patenten solche Mischungen als »Erdlegirungen« ansprach. Aber auch hierdurch war man dem Wesen des Glühlichtes nicht näher gekommen und auch der Nachweis von sogenannten Contact- oder katalytischen Vorgängen an dem Glühkörper, auf welche Killing¹⁾ zuerst öffentlich aufmerksam machte, nahm eine besondere Lichtemission für die Erklärung des starken Leuchtens der Glühkörper in Anspruch.

Ob aber in der That die Edelerden oder deren Mischungen (Legirungen) die Fähigkeit besitzen, mehr als andere Körper bei relativ niedrigen Temperaturen zu leuchten, war keineswegs erwiesen. Gelegentlich einer kurzen Mittheilung in der Sitzung der Deutschen chemischen Gesellschaft am 13. April 1896 habe ich die Ansicht ausgesprochen, dass nicht ein besonderes Lichtemissionsvermögen der Edelerden oder deren Legirungen, sondern lediglich sehr hohe Temperatur, wie bei unseren gewöhnlichen Leuchtflammen, die Ursache

¹⁾ Journ. für Gasbeleuchtung 1896, S. 697.

der intensiven Lichtwirkung sei. In der That hat sich bei weiterer Untersuchung der Vorgänge diese Anschauung bestätigt, und ich will versuchen, an der Hand einiger charakteristischer Thatsachen Ihnen die Theorie des Gasglühlichtes zu entwickeln.

Zunächst möchte ich mir erlauben, die Entstehung eines sogenannten Glühstrumpfes zu zeigen. Ein feines, sorgfältig gereinigtes Tüllgewebe wird mit einer Lösung von Nitraten der Edelerden getränkt. Der getrocknete Strumpf wird über ein cylindrisches Holz gesteckt und ausgereckt, alsdann an einem eisernen Draht aufgehängt. Erhitzt man mit einer Bunsenflamme den oberen Theil, so verglimmt das Gewebe vollständig, und man erhält ein weisses Aschenskelett, das in der Pressgasflamme geformt und gehärtet wird. (Versuch.)

Wie bemerkt, bestehen alle brauchbaren Glühkörper zur Zeit aus Thoriumoxyd und Ceroxyd und enthalten etwa 98—99 pCt. Thor und 1—2 pCt. , neben geringen Mengen unwesentlicher Bestandtheile; man verwendet Iso zur Imprägnirung des Gewebes ein Gemisch von Thornitrat und Cernitrat, welches nach dem Veraschen die Oxyde in dem angegebenen Verhältniss zurücklässt.

Man sollte nun meinen, dass ein Strumpf aus ganz reinem Thor besonders stark leuchte. Das ist jedoch, wie der Versuch zeigt, nicht der Fall; man erhält aus vollkommen reinem Thornitrat einen Glühkörper, der nur ein fahlblaues Licht aussendet und bei 100 L stündlichem Gasverbrauch etwa 2 HK Leuchtkraft giebt.

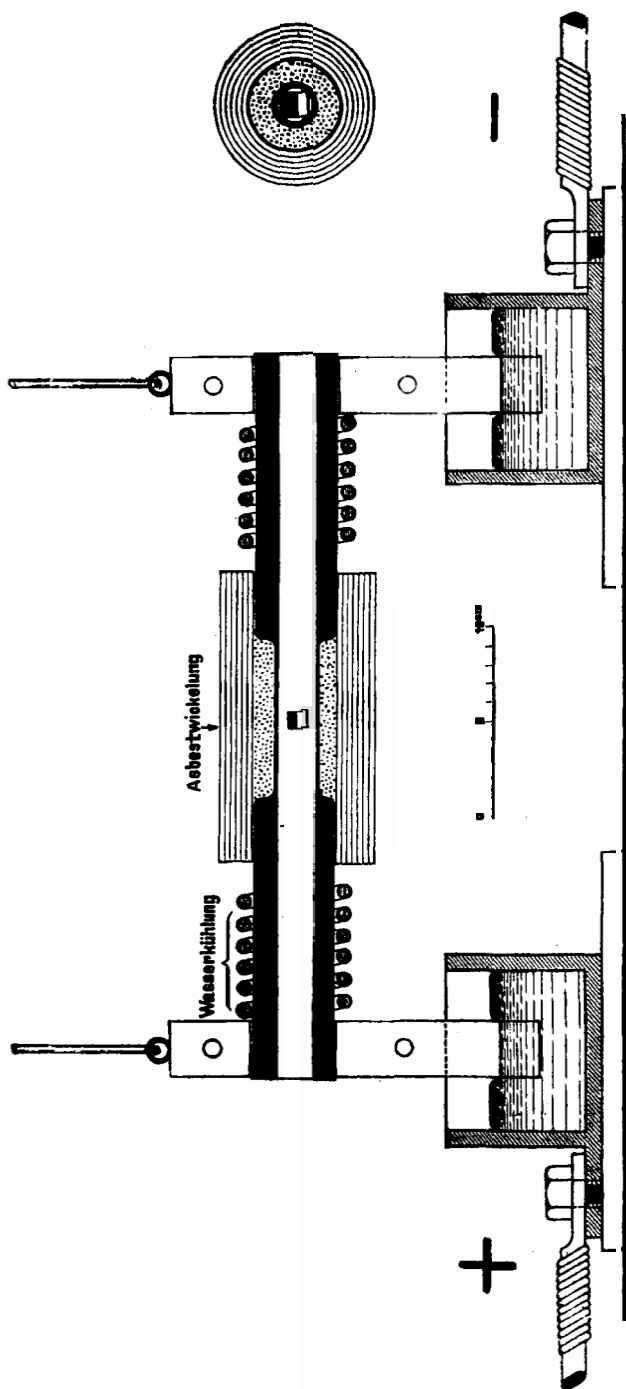
Auch der andere Bestandtheil der Glühstrümpfe, das Cer, verhält sich ähnlich: ein Strumpf aus reinem Cernitrat giebt nur ein röthliches, mattes Licht von 6—7 HK.

Mischt man dagegen die Nitate in dem Verhältniss, dass beim Veraschen auf 99 Thor etwa 1 Cer im Erdskelett zurückbleibt, so erhält man unter Einhaltung gewisser Vorsichtsmaassregeln Glühmäntel, welche den bekannten Auerstrümpfen entsprechen und ein Licht von 50, 70, ja bis 80 Kerzen aussenden. Vermehrt man den Cergehalt, so erreicht man keine Steigerung der Lichtwirkung; dieselbe fällt vielmehr mit wachsendem Cergehalt wieder.

War in der That ein besonderes »Lichtemissionsvermögen« der Erdlegirung die Ursache dieses höchst merkwürdigen Verhaltens, so musste sich dies, bei dem grossen Unterschied in der Leuchtkraft der reinen Erden und der Mischungen, leicht nachweisen lassen, wenn man das Strahlungsvermögen derselben unter Ausschluss jeglicher Verbrennungserscheinungen mit anderen bekannten Körpern, z. B. Kohle, Magnesia etc., verglich.

Um diese Frage durch den Versuch zu entscheiden, wurde ein elektrischer Kurzschlusssofen benutzt, dessen Einrichtung aus beistehender Figur ersichtlich ist.

Elektrischer Kurzschluss-Ofen.



Ein dickwandiges Rohr aus Bogenlampenkohle ist in der Mitte auf 10 cm Länge auf eine Wandstärke von 1,5 mm abgedreht und kann an diesem Theil durch einen kräftigen elektrischen Strom beliebig bis zur heftigsten Weissgluth erhitzt werden (weit über 2000°). Zum Schutz gegen Wärmeverluste oder Verbrennung ist der mittlere Theil in Magnesia eingebettet und mit einigen Lagen Asbestpappe umwickelt. Die auf Lichtemission zu prüfenden Substanzen wurden auf kleine vierkantige Prismen (15 mm lang und 7 mm breit) aus Magnesia aufgetragen, und diese mit gleichgestalteten Stücken von Magnesia oder Bogenlampenkohle so zusammengekittet, dass die beiden unmittelbar zusammenstossenden Vorderflächen aus den zwei zu vergleichenden Substanzen bestanden; steckt man diese Doppelprismen in das elektrisch erhitzte Rohr, so kann man unter Einhaltung gewisser Vorsichtsmaassregeln das relative Strahlungsvermögen durch Vergleichung der beiden Hälften der im Rohr sichtbaren Flächen leicht erkennen.

Die Versuche, welche auf meine Veranlassung von Hrn. Dr. Eitner ausgeführt wurden, zeigten nun bei Kohle, Magnesia, reinem Thor oder Cer und Auermischung vergleichsweise nur sehr geringe Unterschiede im Strahlungsvermögen; damit war der Beweis erbracht, dass die hohe Leuchtkraft der Glühlichtkörper durch ein besonders hohes Lichtemissionsvermögen nicht erklärt werden kann, sondern in anderen Ursachen gesucht werden muss.

Als eine dieser Ursachen ist schon oben die sogenannte katalytische oder Contact-Wirkung der Edelerden bezeichnet worden, d. h. die beschleunigte Verbrennung der Gasmoleküle bei Berührung mit dem Glühstrumpf; es konnte hierdurch eine Steigerung der Flammentemperatur an dem Mantel des Glühkörpers hervorgebracht und derselbe zum intensiven Glühen erhitzt werden. In der That zeigen, wie Killing beobachtet hat, die Glühkörper solche katalytische Wirkungen; löscht man einen Auer-Brenner und öffnet den Gashahn nach kurzer Zeit wieder, so geräth der Strumpf durch die wieder eingeleitete Verbrennung in's Glühen, und das Gas entzündet sich ähnlich wie am Platinschwamm eines Döbereiner'schen Feuerzeuges. Besonders schön bemerkt man diese Erscheinung bei Glühkörpern, denen man eine geringe Spur von Platin oder Iridium zugesetzt hat, wie der Versuch zeigt.

Untersucht man nun die beiden zunächst in Frage kommenden Oxyde des Thoriums und Cers auf ihre katalytischen Eigenschaften durch Contactwirkung die Verbrennung zu beschleunigen, so findet man folgendes: Thoriumoxyd übt auf die Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff in Luftmischung gar keine Wirkung aus; die Entzündung erfolgt bei 650°, also etwa bei derselben Temperatur, wie wenn an Stelle von Thoriumoxyd Kieselsäure vorhanden oder das

Rohr leer ist. Bei reinem Ceroxyd dagegen tritt die Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff schon bei 350° ein, während sie ohne Cer erst bei 650° erfolgt. Das Ceroxyd setzt also die Entzündungstemperatur um fast 300° herab; es zwingt, ohne sich selbst nachweislich zu verändern, Wasserstoff und Sauerstoff zur Vereinigung unter Umständen, wo sie sonst unverbunden neben einander bestehen würden.

Wir werden nun kaum fehlgehen in der Annahme, dass das Ceroxyd eine ähnliche Wirkung wie bei niedriger Temperatur, auch auf die Flammengase ausübt: das Ceroxyd wird eine rasche und intensive Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff herbeiführen und durch die Verbrennung der stark vorgewärmten Gase in dem Flammemantel eine ganz ausserordentlich hohe Temperatur erzeugen, durch welche das Oxyd zum heftigsten Glühen gebracht wird.

Man sollte hiernach erwarten, dass ein Strumpf aus reinem Ceroxyd den besten Glühkörper geben müsste; der Versuch zeigt jedoch, dass dies durchaus nicht der Fall ist.

Um diesen Widerspruch aufzuklären, muss noch eine andere Erscheinung berücksichtigt werden, welche beim Platin am deutlichsten in die Augen springt. Das Platin ist bekanntlich ein Metall, das starke Contactwirkungen zeigt; ich erinnere nur an den Platinschwamm der Döbereiner'schen Zündmaschine. Bringen wir ein ähnlich dem Glühstrumpf des Auer-Brenners geformtes Platinnetz in die Bunsenflamme, so kommt dasselbe in mässiges Glühen, ohne dass eine starke Lichtwirkung erzielt wird; die Temperatur des Netzes liegt selbst an den heissesten Stellen weit unter dem Schmelzpunkt des Platins. Wird dagegen ein haarfeiner Platindraht in die Flamme gebracht, so können wir uns leicht überzeugen, dass derselbe an einzelnen Punkten zum Schmelzen kommt, was einer Temperatur von etwa 1800° entspricht. Im letzteren Falle wird durch den geringen Querschnitt des Drahtes die rasche Ableitung der Wärme verhindert oder verzögert, und das Temperaturmaximum der Flamme kommt zur Wirkung, während bei einem dickeren Draht oder beim Drahtnetz durch die gute Wärmeleitung desselben die Temperaturmaxima an einzelnen Stellen der Flamme nicht zur Wirkung gelangen, sich rasch ausgleichen und dem ganzen Netz nur eine mässig hohe Mitteltemperatur ertheilen.

Wenn es nun möglich wäre, wie bei dem haarfeinen Platindraht, katalytische Substanzen (Platin, Cer) durch feinste Vertheilung auf einem schlechten Wärmeleiter in der Flamme zu isoliren, so würden wir ohne Zweifel Temperaturmaxima statt der Mitteltemperatur erhalten und eine intensive Lichtwirkung beobachten können. Diese Rolle des isolirenden Trägers wirksamer Substanzen spielt bei dem Glühlichtstrumpf das Thoriumoxyd, das beim Veraschen des Strumpfes

aus dem Nitrat als eine äusserst feinfaserige aufgeblähte Masse erhalten wird.

Wie wesentlich verschieden das Cer- und Thor-Nitrat beim Erhitzen sich verhalten, zeigt ein einfacher Versuch; während das Cer bei der Zersetzung des Nitrates als eine wenig poröse Masse zurückbleibt, bildet das Thornitrat eine äusserst voluminöse, feinfaserige, schaumige Masse und zeigt ein starkes Aufblähen ähnlich dem Rhodanquecksilber. Verascht man nun, wie es bei der Herstellung der Auer-Strümpfe geschieht, Thornitrat gemischt mit etwa 1 pCt. Cer-nitrat, so werden die Ceroxydtheilchen gewissermaassen auf Milliarden feinsten Fäserchen von Thoroxyd vertheilt und in dieser Vertheilung in dem Flammenmantel des Bunsen-Brenners aufgehängt. Es entstehen an den Certheilchen Temperaturmaxima, statt relativ niedriger Mitteltemperaturen, welche wohl weit über 2000° liegen. Es muss dadurch ein blendender Lichtglanz erzeugt werden, da die Leuchtkraft etwa mit der fünften Potenz der Temperatur steigt.

Man könnte nun einwenden, dass die Menge des Cers, welche nur 1 pCt. des Strumpfgewichtes ausmacht, viel zu gering sei, um die ausserordentliche Lichtwirkung gegenüber dem schwachen Licht bei einem Strumpf aus reinem Thor zu begründen; eine nähere Betrachtung der Verhältnisse bei unseren gewöhnlichen Leuchtgasflammen wird jedoch diese Bedenken beseitigen.

Die Gasflamme eines Schnittbrenners verdankt bekanntlich nach Davy's Theorie ihre Leuchtkraft den aus dem Gas abgeschiedenen und zur Weissgluth erhitzten Kohlenstofftheilchen. Dieser Kohlenstoff stammt der Hauptsache nach aus der Zersetzung der sogenannten schweren Kohlenwasserstoffe, Aethylen und Benzol, welche zusammen etwa 5 Volumenprocent des Leuchtgases ausmachen. Nehmen wir an, um nicht zu gering zu rechnen, dass aus Benzol aller Kohlenstoff, aus Aethylen die Hälfte ausgeschieden und in der Flamme zur Weissgluth erhitzt wird, so lässt sich leicht berechnen, dass bei einem guten Steinkohlengas aus 1 L Gas etwa 5 mg Kohlenstoff abgeschieden werden¹⁾. Das Volumen des leuchtenden Theiles einer Flamme mit 150 L Gasverbrauch in der Stunde und 20 HK Leuchtkraft beträgt etwa 2 ccm bei 0°. Es kommt somit in jedem Augenblick $\frac{2 \times 54 \text{ mg}}{1000}$ oder $\frac{1}{10}$ mg als glühender Kohlenstoff zur Erscheinung. Eine so ausserordentlich geringe Menge weissglühender Kohle, 0.1 mg, erscheint also in der Gasflamme als leuchtende Fläche und sendet ein Licht von ca. 20 HK aus.

¹⁾ Bei 4 pCt. Aethylen und 1 pCt. Benzol im Leuchtgas werden aus 1 L Gas abgeschieden: 60 ccm C-Dampf aus Benzol und 40 ccm C-Dampf aus Aethylen, zusammen 100 ccm \times 0.536 mg = 54 mg C.

Demgegenüber ist die Menge des Cers in dem Glühmantel des Auer-Strumpfes verhältnissmässig gross; sie beträgt 1 pCt. vom Strumpfgewicht mit durchschnittlich 0.4 g d. i. 4 mg, ist also etwa 40-mal so gross als die glühende Kohlenstoffmenge in der Leuchtlampe eines Schnittbrenners.

Die Menge des Cers erscheint also vollkommen ausreichend, um die Leuchtkraft des Auer-Brenners mit etwa 70 Kerzen gegenüber dem Schnitt- oder Rund-Brenner von 20 Kerzen Leuchtkraft zu erklären.

Das Thor trägt zu dieser Leuchtkraft direct ebensowenig bei wie Wasserstoff, Methan oder Kohlenoxydgas, welche ebenfalls etwa 95 pCt. der Leuchtgasbestandtheile ausmachen. Allerdings ist die Gegenwart desselben für die Lichtentwicklung von grösster Bedeutung, wie aus der Thatsache hervorgeht, dass ein mit grösseren Cermengen beladener Strumpf eine geringere Leuchtkraft entwickelt, ähnlich wie etwa eine mit Kohlenwasserstoffen übersättigte russende Flamme. Weil das Thorskelett indifferent bleibt, d. h. keine die letzte intensive Verbrennung herbeiführende Wirkung ausübt, wird diese auf die Certheilchen concentrirt, und es steigert sich dort die Temperatur zur höchsten Weissgluth. Würde das Thor ähnlich dem Cer eine Contactwirkung ausüben, so müsste sich die Verbrennung auf den ganzen Strumpf vertheilen und könnte nur eine mässig hohe, mittlere Temperatur, ein mattes Glühen, herbeiführen, ähnlich wie beim Strumpf aus reinem Cer. Ein bis zwei Hundertel der Strumpfmasse an Cer-oxyd genügen offenbar, um alle in der Bunsen-Flamme noch unverbrannten Gas- und Sauerstoff-Theilchen im Glühmantel zu vereinigen, und jeder weitere Zusatz ist zwecklos bezw. schädlich, da durch grösseren Cerzusatz die Vertheilung in der Flamme weniger fein wird.

Nach dieser Anschauung tritt die Gasglühlichtflamme in Analogie mit der gewöhnlichen Leuchtgasflamme: während bei der letzteren die Kohlepartikelchen zuerst aus dem Gase abgeschieden werden, im Moment des Verbrennens intensiv aufleuchten und alsbald zu Kohlen-säure verzehrt werden, findet im Gasglühlicht die Verbrennung an einem feuerbeständigen Körper statt, welcher dauernd Licht ausstrahlen vermag.

Bei längerer Benutzung verliert der Glühkörper bekanntlich an Leuchtkraft; dies ist dadurch zu erklären, dass ein Theil der feinen Thorfäserchen des Glühkörpers durch den Gasstrom theils abgeschert wird, theils die Masse mit den Staubtheilchen der Luft zusammensintert und die Wärmeleitung vergrössert. Der Brenner muss dadurch an Leuchtkraft verlieren.

Wenn wir nun die Frage aufwerfen, ob es möglich ist, die beiden immerhin seltenen und kostspieligen Stoffe, Thor und Cer, durch

andere, leichter zugängliche Substanzen zu ersetzen, so lässt sich zur Zeit nur so viel sagen, dass die Auswahl unter den uns bekannten Stoffen jedenfalls eine sehr geringe ist, da wir nur wenige Körper kennen, welche auf einfache Weise in so feiner Vertheilung erhalten werden können, in den höchsten Flammentemperaturen unschmelzbar und widerstandsfähig genug sind. Jedenfalls ist es, soweit mir bekannt, bis jetzt nicht gelungen, andere Substanzen mit Erfolg für Thor und Cer zu substituiren. Vielleicht vermag die tiefere Erkenntniss der Vorgänge im Gasglühlicht Fingerzeige für weitere Nachforschungen zu geben.

Zunächst haben sich die Fortschritte der Gasglühlichtbeleuchtung nach anderer Richtung, nämlich in der Verbesserung der Verbrennungseinrichtung, bewegt.

Nach den oben gegebenen Darlegungen hängt beim Gasglühlicht die Leuchtkraft unter sonst gleichen Umständen ab von der Intensität der Verbrennung an den Certheilchen des Mantels.

Vor allem ist dazu erforderlich, dass eine zur vollkommenen Verbrennung genügende Luftmenge in der Mantelzone vorhanden ist. Das von dem Gas im Bunsen-Brenner angesaugte, $2-2\frac{1}{2}$ -fache Luftvolumen genügt zwar zur Entleuchtung, ist aber kaum die Hälfte des zur vollständigen Verbrennung Erforderlichen; es muss deshalb, wie bei der gewöhnlichen Gasflamme, Luft von aussen her in die Flamme diffundiren. Bei der älteren, oben geschlossenen Form der Glühstrümpfe ist nun diese Luftdiffusion in die Flamme, wegen der von innen nach aussen gehenden Richtung der Verbrennungsgase, erschwert; man hat es deshalb vorgezogen, den Verbrennungsgasen oben einen Ausweg zu öffnen und erreicht bei der neueren, oben offenen Form der Strümpfe einen wesentlich besseren Effect.

Ferner ist versucht worden, den Zutritt der Luft von aussen in die Flamme dadurch zu erleichtern, dass, statt einen mit der Flamme parallelen Luftstrom von unten in den Cylinder treten zu lassen, die Luft seitlich durch Löcher in den Cylinder eintritt. Bei Anwendung solcher Lochcylinder (Schott und Genossen in Jena) ist ebenfalls eine erhebliche Steigerung des Lichteffectes erreicht worden; da die Luftwirbel eine raschere Verbrennung in der Mantelzone herbeiführen.

Endlich wird die Intensität der Verbrennung in der Mantelzone und damit die Leuchtkraft umsomehr gesteigert, je mehr Knallgas-moleküle in gleicher Zeit zum Mantel gelangen und dort verbrennen; dies erreicht man durch Anwendung von Pressgas oder Pressluft oder von beiden, oder durch innige Luft-Gasmischungen, wie in den Brennern von Bandsept u. A.

Selbstverständlich ist die Erzeugung von Glühlicht nicht auf die Verwendung von Leuchtgas als Heizstoff beschränkt, man hat vielmehr

nichtleuchtendes Wassergas, sowie Gas bzw. Dampf von flüssigen Brennstoffen, wie Spiritus und Petroleum, zum Theil mit Erfolg zur Herstellung von Glühlicht angewendet.

(Versuche mit den verschiedenen Lampen.)

Weiter hat man versucht, die Flammenbeleuchtung ebenso bequem und sauber zu gestalten, wie das elektrische Licht, das bekanntlich die Zündhölzer ganz überflüssig gemacht hat. Diesem Streben verdanken die Gasselbstzünder und Fernzünder verschiedener Art ihre Entstehung, von denen ich in der Lage bin, Ihnen eine Reihe von Typen vorzuzeigen. (Versuche.)

Es ist hier nicht der Ort und würde das mir gesteckte Ziel weit überschreiten, wollte ich auf alle diese Einzelheiten, welche zum Theil recht interessante chemische Probleme bergen, hier näher eingehen.

Ich kann vielmehr nur noch der jüngsten hoffnungsvollen Sprossen der Flammenbeleuchtung erwähnen, die dem Zusammenwirken von Chemie und Elektrotechnik ihre Entstehung verdanken: Calciumcarbid und Acetylen.

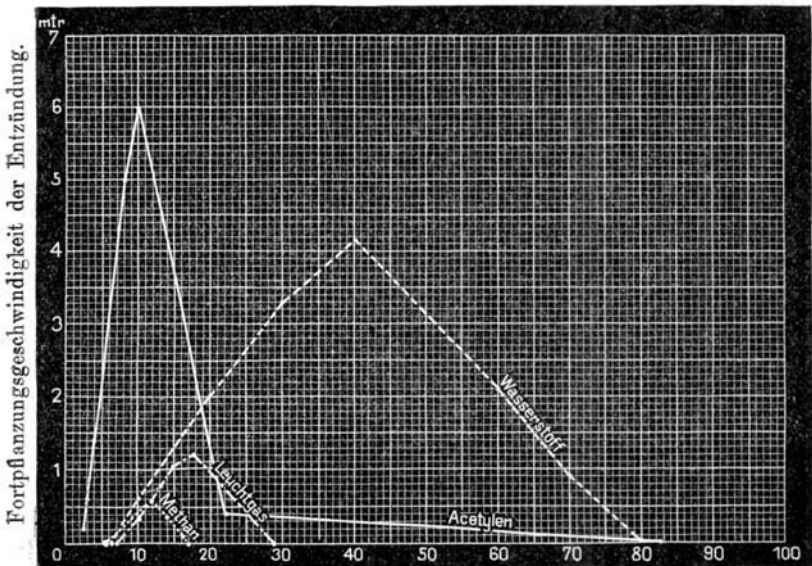
Nach dem Vorgang von Moissan hat bekanntlich der Amerikaner Willson die technische Herstellung des Calciumcarbids im elektrischen Ofen vor etwa 3 Jahren aufgenommen und den Anstoss gegeben, das Acetylen in die Beleuchtungstechnik einzuführen. Das Acetylen, welches aus Calciumcarbid durch einfache Zersetzung mit Wasser entwickelt werden kann, ist gewissermaassen der Typus eines Leuchtgases, und man hat sogar versucht, die Leuchtkraft aller Kohlenwasserstoffflammen auf die vorherige Bildung von Acetylen zurückzuführen. (Lewes.) Es ist ein völlig einheitliches Gas C_2H_2 mit 92.5 Gew.-pCt. C neben 7.5 pCt. H. Auf gleiches Volumen bezogen besitzt es etwa die 14-fache Leuchtkraft und etwa die doppelte Heizkraft des gewöhnlichen Steinkohlengases. Die Entflammungstemperatur 480° ist niedriger, als bei allen anderen Gasen, es zerfällt schon bei etwa 700° unter Abscheidung von Kohlenstoff und giebt in Luft verbrannt eine Maximalverbrennungstemperatur von 2420° , liefert also viel höhere Temperaturen als alle anderen brennbaren Gase. Die hohe Verbrennungstemperatur und die grosse Menge in der Hitze sich ausscheidenden Kohlenstoffs bedingen die ausserordentliche Leuchtkraft der Acetylenflamme.

Es ist deshalb ganz begreiflich, dass dem Calciumcarbid und Acetylen das lebhafteste Interesse entgegengebracht wird; beläuft sich doch die Zahl der zum Patente und Musterschutz angemeldeten Erfindungen in den letzten zwei Jahren auf einige Hunderte, in England auf etwa fünfhundert.

Neben den glänzenden Seiten des Acetylens zeigen sich auch einige Schattenseiten, welche der praktischen Verwendung hindernd im Wege stehen. Zwar hat sich die früher vermuthete grosse Giftig-

keit des Acetylen nicht bestätigt, und das reine Acetylen gehört zu den relativ harmlosen Gasen; aber die Explosionsgefahr der Acetylen-Luftmischungen ist leider nicht zu beseitigen. Um diesen Nachtheil abzuschwächen hat man darauf hingewiesen, dass ja das gewöhnliche Steinkohlengas bei Vermischung mit Luft ebenfalls explosiv sei, ohne dass diese Eigenschaft eine allgemeine Verwendung im geringsten beeinträchtigt. Die beistehende Figur, welche die Explosionsverhältnisse von Luftmischungen mit Acetylen, Wasserstoff, Methan und

Explosive Mischungen brennbarer Gase mit Luft.



Procentgehalt der Mischungen brennbarer Gase mit Luft.

Leuchtgas zeigt, lässt jedoch deutlich erkennen, dass die Verhältnisse bei diesen Gasen wesentlich verschieden liegen. Während beim Leuchtgas nur ganz bestimmte Luftmischungen, die sich zwischen 7 pCt. und 30 pCt. Leuchtgas bewegen, zur Explosion gebracht werden können, erstreckt sich das Bereich der Explosionsgefahr bei Acetylen und Luft fast auf alle Mischungs-Verhältnisse, und nur die Extreme mit weniger als 5 pCt. Acetylen und weniger als 20 pCt. Luft sind nicht explosionsfähig; nimmt man hinzu, dass wegen des hohen specifischen Gewichtes und der langsameren Diffusion des Acetylen auf eine gleichförmige Vermischung bezw. unschädliche Verdünnung weit weniger gerechnet werden kann, als beim Leuchtgas, und berücksichtigt die niedrige Entzündungstemperatur, so ergibt sich, dass die Explosionsgefahr beim Acetylen viel grösser ist, als beim Leuchtgas; dazu kommt noch beim Acetylen die viel grössere Fortpflanzungs-

geschwindigkeit der Verbrennung, welche eine ganz erheblich stärkere Explosionswirkung bedingt.

Allerdings wird in den Händen von Sachverständigen selbst das kräftigste Knallgasgemisch vollkommen harmlos abgebrannt werden können, da in einem Rohr von 0.5 mm lichter Weite die Entzündung sich nicht mehr nach rückwärts fortpflanzt; man kann daher stark explosive Acetylen-Luftmischungen, welche sich etwa zu Anfang in den Entwicklungsapparaten bilden, vollkommen gefahrlos an den üblichen Brennern entzünden und abbrennen. Aber auch ohne Luftbeimischung zeigt das Gas, wenn es unter höherem Drucke als 2 Atmosphären steht, Neigung, unter Wärmeentbindung und Explosion in H_2 und C_2 zu zerfallen, da es zu den endothermischen Verbindungen gehört; in besonderem Grad zeigt dies das verflüssigte Acetylen, welches man eine Zeit lang, ähnlich wie flüssige Kohlensäure, in den Handel brachte; man hat deshalb die Verflüssigung wieder aufgegeben, zumal man im Calciumcarbid selbst das Acetylen gewissermaassen in einer viel concentrirteren Form vor sich hat als im reinen verflüssigten Gas. Aus 1 kg Carbid, welches einen Raum von $\frac{1}{2.22} = 0.451$ einnimmt, gewinnt man nämlich ca. 300 L Acetylen gas, welches verflüssigt fast den doppelten Raum einnimmt als das Carbid, aus dem es hergestellt ist. Für den Versand ist demnach das Carbid eine viel geeignetere Form, da durch Zusatz von Wasser daraus leicht Acetylen gewonnen werden kann: $CaC_2 + 2H_2O = CaO \cdot H_2O + C_2H_2$. Diese Zersetzung, welche der Formel nach so einfach verläuft, bietet jedoch wegen der dabei auftretenden starken Wärmeentwicklung, die sich unter Umständen bis zur Entzündung des Acetylens steigern kann, und der sogenannten »Nachentwicklung« mannichfaltige Schwierigkeiten dar. Zahllose Apparate sind vorgeschlagen worden, um einen gleichmässigen und leicht regulirbaren Strom von Acetylen durch allmählichen Wasserzfluss zu Calciumcarbid zu erhalten, ohne dass bis jetzt die Lösung des Problems vollkommen gelungen wäre. Abgesehen von den verschiedenen Mitteln, um die Reactionswärme zu vertheilen und nach aussen abzuleiten, dürfte in Betracht kommen: die Verdünnung des Wassers mit Alkohol, Glycerin und die Verwendung von Salzlösungen, wodurch die Heftigkeit der Reaction wesentlich gemildert wird. Immer noch wird eine starke Temperaturerhöhung eintreten, da die Menge des entwickelten Gases zu gering ist, um die Wärme abzuführen. Es liegt nun der Gedanke nahe, durch Zuführung von Gas die locale Erhitzung zu vermeiden und die Wärme abzuführen, und das kann man in einfachster Weise durch Zuführung von mit Wasserdampf beladenem Gas (Acetylen oder Leuchtgas etc.) erreichen. Der Wasserdampf wird durch das CaC_2 zersetzt und vermehrt das Volumen des Acetylens bezw. mischt sich dem Leuchtgas.

bei. Durch Circulation von Acetylgas, etwa mit Hilfe eines Dampfstrahlgebläses, kann man ohne jede allzustarke lokale Ueberhitzung die Entwicklung von Acetylen aus Calciumcarbid bewirken oder etwas Fettgas mit Acetylen carburiren, was für die Anreicherung von Fettgas für Eisenbahnwagenbeleuchtung von Vortheil sein kann.

(Versuch.)

Was nun die Stellung des Acetylens in der Beleuchtungstechnik anlangt, so dürfte es an Verwendung für dieses Beleuchtungsmittel nicht fehlen, wenn auch eine directe Concurrenz mit dem Steinkohlengas bezw. den Leuchtgascentralen für's Erste ganz ausgeschlossen ist, und auch die Verwendung von Acetylen als Aufbesserungsmittel kaum einen Erfolg verspricht. Einstweilen hat die Technik der Acetylenbeleuchtung noch mit einigen Kinderkrankheiten zu kämpfen, z. B. die leichte Verstopfung der Brenner, welche wohl mit der Zeit überwunden werden dürften.

Zunächst hat das Acetylen einen Boden gewonnen auf dem Gebiete der mobilen Beleuchtung, für die Beleuchtung von Eisenbahnwagen.

Wenn wir zu den besonderen Annehmlichkeiten des Reisens eine gute Beleuchtung der Personenwagen rechnen, so verdanken wir dies in erster Linie den erfolgreichen Bemühungen der Firma Pintsch, deren Fettgasbeleuchtung, wie bei uns, so in allen Welttheilen, auch in den Pullmancars im fernen Westen Amerika's, sich bisher als vorzüglich bewährt hat. Nach einer kürzlich veröffentlichten Statistik verkehren zur Zeit etwa 76000 Personenwagen und 3000 Locomotiven, welche in der Hauptsache in den letzten 20 Jahren mit Gasbeleuchtung versehen worden sind; dann kommen noch die Hunderte von Leuchtbojen, durch welche an besonders gefährlichen Stellen die Seewege und Küsten beleuchtet werden, wodurch die Sicherheit des Verkehrs zu Wasser erheblich vergrößert wird. Zur Speisung dieser Leuchtflammen wurde bisher ausschliesslich Fettgas benutzt, d. h. ein aus Paraffinölen erzeugtes, sogenanntes schweres Leuchtgas, welches unter einem Druck von etwa 6—10 Atm. in schmiedeeisernen Behältern aufgespeichert wird. 1 cbm dieses Fettgases liefert etwa 250 Kerzenstunden, d. h. es vermag eine Lampe von 10 Kerzen Leuchtkraft 25 Stunden zu speisen. Wenn es sich um die gute Beleuchtung eines Eisenbahnwagens handelt mit etwa 200 Kerzen 10 Stunden lang, wie z. B. die Wagen der kaiserlichen Post, so würden für 2000 Kerzenstunden erforderlich sein rund 15 cbm Leuchtgas, 8 cbm Fettgas, dagegen nur 1.5 cbm Acetylgas.

Es springt in die Augen, welchen grossen Vortheil das geringe Volumen des Acetylgases bei dieser Art mobiler Beleuchtung bietet. Trotzdem hat man noch von der Verwendung reinen Acetylgases für Eisenbahnbeleuchtung abgesehen, einerseits mit Rücksicht auf die

Möglichkeit einer Explosion, wenn das Gas in den Recipienten unter Druck steht, andererseits auf die leichte Verstopfung der Brenner, und verwendet zur Zeit ein Gemisch von Fettgas und Acetylgas. Welchen Vortheil gerade hier und in ähnlichen Fällen eine einfache und sichere Methode der Acetylenentwicklung aus Calciumcarbid bietet, ergibt sich aus der Ueberlegung, dass die für 2000 Kerzenstunden erforderlichen 1500 L Acetylgas aus 5 kg Calciumcarbid mit Wasser erzeugt werden können und dass der für das Calciumcarbid erforderliche Raum nur $\frac{5}{2.2} = 2.3$ L beträgt. Das Calciumcarbid stellt somit einen ganz eminenten Licht-Accumulator dar, was besonders schlagend hervortritt im Vergleich mit dem elektrischen Accumulator, der gleichfalls für mobile Beleuchtung versuchsweise verwendet worden ist. 1 kg Calciumcarbid liefert nämlich, wie bemerkt, Acetylen im Beleuchtungswerth von 420 Kerzenstunden; 1 kg Transportgewicht der Bleiaccumulatoren dagegen etwa 14 Kerzenstunden, also, abgesehen von allen anderen noch in Betracht kommenden Verhältnissen, nur etwa den dreissigsten Theil des Lichtwerthes gegen Calciumcarbid. Wo also das Transportgewicht wesentlich in Betracht kommt, geht die hervorragend günstige Stellung des chemischen Accumulators, des Calciumcarbids, gegenüber dem elektrischen, somit auch der Flammenbeleuchtung gegenüber dem elektrischen Licht aus diesem Vergleich deutlich hervor.

Allerdings ist das Problem der Acetylenentwicklung aus Calciumcarbid noch nicht allgemein befriedigend gelöst, doch darf an der baldigen Erreichung des Zieles wohl kaum gezweifelt werden, und es eröffnet sich hier der Flammenbeleuchtung, dem chemischen Licht, noch ein weites lohnendes Feld.

Wenden wir uns nun nochmals zurück zu der Entwicklung der Flammenbeleuchtung in den letzten 20 Jahren, so giebt uns die Tafel (S. 23) ein übersichtliches Bild von den Fortschritten der Gasbeleuchtung in ökonomischer Beziehung.

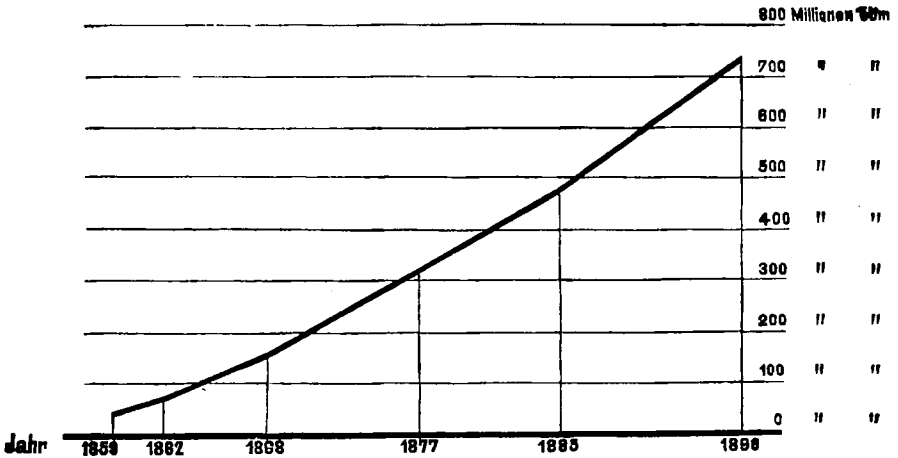
Vor zwanzig Jahren konnte man mit den damals allgemein gebräuchlichen Schnitt- und Rund-Brennern aus 1 cbm Gas, das in Berlin 16 Pf. kostet, eine Lichtmenge von 133 Kerzenstunden erzeugen; es kosteten also 20 HK, die Helligkeit einer guten Gasflamme, in der Stunde etwa 24 Pf. Als im Anfang der achtziger Jahre die Siemens-Regenerativ- und Invert-Brenner aufkamen, war es möglich, mit 1 cbm Gas 227 Kerzenstunden, also fast das Doppelte zu erzeugen und die Kosten einer intensiven Beleuchtung wurden dadurch erheblich ermässigt, für 20 HK auf 1.4 Pf. Als in unserem Jahrzehnt die Auerbrenner in Benutzung kamen, wurde mit Gasglühlicht aus 1 cbm 500—600 Kerzenstunden erzeugt und dadurch die Kosten für gleiche Helligkeit auf den vierten Theil reducirt. In der That ein gewaltiger

Entwicklung der Flammenbeleuchtung.

	Leuchtkraft in HK pro 1 cbm Stunden- verbrauch	Verbrauch pro HK-Stunden	20 HK kosten pro Stunde	Preis der Leuchtstoffe	
Leuchtgas	Schnitt- und Argand-Brenner	133	7.5 L	2.4 Pf.	
	Siemens' - Regenerativlampe	227	4.4 L	1.4 »	
	Gas- glüh- licht	Alte Strumpfform	500	2.0 L	0.64 »
		Neue Strumpfform	600	1.67 L	0.53 »
		Pressgas	1000	1.0 L	0.32 »
Acetylen	1543	0.65 L	1.63 »	1 cbm = 125 Pf.	
Petroleum	383 pro 1 kg Stundenverbrauch	3.0 g	1.5 »	1 kg = 25 Pf.	
Spiritusglühlicht	383 pro 1 kg Stundenverbrauch	3.0 g	1.8 »	1 kg = 30 Pf.	

Fortschritt innerhalb kurzer Zeit! In gleicher Weise wie für Gas enthält die Tabelle einige Angaben über Acetylen und Spiritusglühlicht in Bezug auf Leuchtkraft, Verbrauch und Kosten ¹⁾.

Graphische Darstellung des Gasverbrauchs der deutschen Gas-Centralen.



Trotz der ausserordentlichen Steigerung der aus dem Gas erhältlichen Lichtmenge, trotz der Concurrrenz des von der Gunst des Publikums getragenen, mit vielen Vorzügen ausgestatteten, elektrischen Lichtes hat der Verbrauch an Gas, wie die Curve über die Gasproduction der deutschen Centralen (s. Figur) erkennen lässt, nicht nur sich nicht vermindert, sondern ist in dem letzten Vierteljahrhundert stärker gewachsen, als je zuvor!

Welche Beleuchtungsmittel heute aufgewendet werden müssen, um das Lichtbedürfniss einer Grossstadt zu befriedigen, zeigt uns Berlin, das zur Zeit zu den bestbeleuchteten Städten der Welt zählt: 1 Million Gasflammen haben einen Jahresverbrauch von 150 Millionen Cubikmeter Gas; daneben leuchten 350000 elektrische Glühlampen, und Tausende von Petroleumlampen verzehren im Jahr etwa 120 Millionen Kilogramm Petroleum. Versucht man diese gewaltige Menge von Beleuchtungsmitteln in der üblichen Einheit, der Kerze, auszuwerthen, so ergeben sich viele Milliarden von Kerzenstunden für das Jahr und Hunderte von Millionen Kerzen, welche allabendlich eine Lichtfluth über die Kaiserstadt ausbreiten. Welcher gewaltige Fort-

¹⁾ Zum Vergleich mögen auch bezüglich Daten für elektrisches Glühlicht für Berlin beigelegt werden. 1 Glühlampe verbraucht pro HK und Stunde 4 Watt. Bei einem Strompreis von 5.7 Pf. per Hektowatt kosten 20 HK per Stunde 4.56 Pf.

schritt im Vergleich mit den bescheidenen Verhältnissen vor etwa einem Menschenalter!

So hat das neue elektrische Licht dem alten chemischen Flammenlicht, besonders der Gasbeleuchtung, nicht, wie so Viele meinten, den baldigen Untergang gebracht, sondern, eine neue, glänzende Periode des Fortschritts eingeleitet, der zur Zeit noch nicht zum Stillstand gekommen ist; hoffen und wünschen wir, dass die weitere Entwicklung der Flammenbeleuchtung auch von wissenschaftlicher Seite kräftig gefördert wird, wie das bei der elektrischen Schwester in so reichem Maasse der Fall ist, dann wird der Wettstreit der verschiedenen Beleuchtungsarten nicht mit der Verdrängung der einen durch die andere enden, vielmehr werden alle, jede in ihrer Art, unter der Devise »Mehr Licht!« beitragen zur Hebung des Culturzustandes der menschlichen Gesellschaft in geistiger und materieller Hinsicht.

2. Christian Göttig: Ueber die chemischen Vorgänge bei der explosiven Zersetzung von mit Sauerstoffspendern vermischten Nitroverbindungen.

(Eingegangen am 10. Januar.)

Die Angaben über die chemische Art der Zersetzung sogenannter Nitroverbindungen, welche sich in der chemischen Fachliteratur vorfinden, weichen derartig von einander ab, dass die Mittheilung weiterer Beiträge zur Klärung einschlägiger Fragen erwünscht erscheinen dürfte.

So finden z. B. bei der Untersuchung der gasförmigen Spaltungsproducte einer im Vacuum zur Verpuffung gebrachten Schiessbaumwolle.

	CO	CH ₄	H ₂ O (Dampf):	
Schmidt und Hecker ¹⁾ . . .	37.91	4.63	24.76	} Volum- Procente.
Teschenmacher und Porret ²⁾	19.02	0.00	47.66	
Karolyi ³⁾	28.55	11.17	21.98	

In ähnlicher Weise variiren auch die Resultate anderer Forscher, wie z. B. Sarrau und Vieille und Berthelot⁴⁾ hinsichtlich der Mengenverhältnisse der einzelnen Zersetzungsproducte.

Hiernach lässt sich nicht voraussehen, in welcher Weise die Zersetzung verläuft, wenn Schiessbaumwolle oder andere Nitroverbindungen mit Nitraten oder sonstigen oxydirend wirkenden Stoffen vermischt sind.

¹⁾ Liebig, Jahresbericht 1, 1141.

²⁾ Ibidem 1, 1141.

³⁾ Dingler's polyt. Journal 180, 286.

⁴⁾ Sur la force de la poudre etc. S. 179.