

Über ein neues Leuchtgas-Sauerstoffgebläse und das Zirkonlicht.

(Mit 1 Tafel.)

Von **Ed. Linnemann.**

(Aus dem chemischen Laboratorium der k. k. deutschen Universität zu Prag.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. December 1885.)

Die zur Zeit im Gebrauche befindlichen Knallgaslampen zeigen sämmtlich eine sehr ungünstige Construction. Der Sauerstoffstrom fängt schon im Inneren der Düse zu brennen an, so dass sich nicht nur ein bedeutender Theil der erzeugten Wärme auf die Düse überträgt und so dem Nutzeffect verloren geht, sondern es kommt überhaupt infolge dessen nicht zur Bildung einer ordentlich formirten Flamme, innerhalb der ein Punkt angegeben werden könnte, welcher in engem Querschnitte die höchste Temperatur der Flamme zeigt, wie dies beim Bunsenbrenner und beim Löthrohre der Fall ist, auf welcher präcisen Flammenbildung die so vielseitige und vielfache Verwendbarkeit beider Heizvorrichtungen beruht.

Der Wunsch, die Spectren der in der Bunsenflamme leichtflüchtigen Verbindungen in der Leuchtgas-Sauerstoffgaslampe näher kennen zu lernen, nöthigte mich vor etwa acht Jahren, eine Leuchtgassauerstofflampe zu construiren, welche eine gut formirte Stichflamme erzeugt, in welcher der Sauerstoffstrom erst „ausserhalb“ der Brennerdüse Feuer fängt und eine Stelle sehr geringen Querschnittes vorhanden ist, welche die höchste Temperatur der Flamme aufweist.

Diese Aufgabe war desshalb nothwendig zu lösen, weil die zu verflüchtigenden Salze doch nur geschmolzen mit Hilfe von Platindrahtösen in die Flamme eingeführt werden konnten, der Drath aber in der Hitze der Flamme abschmilzt, die Manipulation also nur dann möglich wird, wenn die Flamme einen scharf

begrenzten heissesten Theil von so kleinem Querschnitte zeigt, dass wohl die starke kugelförmige Perle der geschmolzener Verbindung an der Oberfläche verdampft, aber der kaum 1 Mm. davon entfernte Platindraht noch nicht abschmilzt.

Dies konnte durch eine passende Construction der Düse, durch genaue Regulirung der Ausflussöffnungen und gegenseitigen Ausflussgeschwindigkeiten von Sauerstoff und Leuchtgas erreicht werden.

Eine Hauptbedingung für die richtige Formation der Flamme ist jedoch die Präcision in der Arbeitsausführung der Brennerdüse und die genaue Centrirung innerhalb derselben.

Diese Schwierigkeiten hat Herr Mechaniker Paul Böhme in Brünn in gewohnter Zuverlässlichkeit bewältigt und mir nach meinen Zeichnungen bereits mehrere Exemplare einer zu allen Untersuchungszwecken geeigneten Lampe geliefert, welche nun etwas näher beschrieben werden soll.

Figur 1 zeigt in $\frac{1}{5}$ natürlicher Grösse die Lampe sammt Stativ und daran befestigtem Zirkonerdeblättchen. Man erkennt, dass die Lampe alle erforderlichen Vorrichtungen besitzt, um das weissglühende Zirkonblättchen in verschiedenen Höhen genau in die horizontal liegende optische Axe irgend eines Instrumentes einstellen zu können.

Figur 2 zeigt in natürlicher Grösse die eigentliche Brennerdüse, welche im Innern oben konisch, aber mit cylindrischer Bohrung ausläuft. Das Gas tritt durch α ein. Die Zuführungsröhre für Sauerstoff ist am obersten Ende cylindrisch, die Ausflussöffnung des Gases genau ausfüllend und stark im Fleische gegenüber der kaum nadeldicken Ausflussöffnung des Sauerstoffgases. Das untere Ende der Sauerstoffzuführungsröhre ist eine gasdichte Schraube, welche mittelst des rändrirten Kopfes γ genau gegen die Ausflussöffnung des Gases gestellt werden kann, wodurch zugleich eine Regulirung des Leuchtgasausflusses für verschiedene Druckverhältnisse und die eigentliche Formirung der Flamme bewirkt wird.

Die Zuführungsröhre für Sauerstoff trägt etwas unterhalb ihres oberen Endes eine in den dort noch cylindrischen Theil der Brennerdüse passende Erweiterung, welche mit sechs kleinen Längsrinnen und drei Querrinnen versehen.

Diese Vorrichtung hat den Zweck, das seitlich einströmende Gas vollständig gleichmässig zu vertheilen und im ganzen Querschnitte der Ausflussöffnung unter gleichmässigem Drucke austreten zu lassen. So geringfügig diese Vorrichtung auch erscheint, ist sie doch sehr wesentlich für ein richtiges Fungiren der Flamme.

Die Sauerstoffzuführungsröhre trägt endlich noch eine zweite Schraube δ , deren Zweck, wie man aus der Zeichnung ersieht, darin besteht, das durch β eintretende Sauerstoffgas auf das erwünschte Maass reguliren zu können. Das Sauerstoffgas tritt aus β , mit Hilfe einer Aussparung in der Schraube δ durch vier feine Öffnungen in das Innere der Sauerstoffzuführungsröhre.

Je nach der Stellung der beiden Schrauben γ und δ kann man Flammen von sehr verschiedener Grösse und Form erzeugen. Hat der Sauerstoff nicht mindestens einen zehn- bis fünfzehnfachen Überdruck gegen das Leuchtgas, so fängt er, wie beim gewöhnlichen Knallgasgebläse schon innerhalb der Düse Feuer und es kommt zu keiner ordentlich formirten Flamme. Ist jedoch der Überdruck des Sauerstoffes ausreichend, was leicht mit jedem nur einigermassen grösseren Gasometer zu erreichen ist, dann ist es leicht, den Sauerstoffstrom erst ausserhalb der Düse verbrennen zu lassen.

Da es zur richtigen Formirung der Flamme nothwendig ist, dass der Sauerstoff an seiner Ausflussöffnung sogleich mit dem gehörigen Überdruck austritt, was nicht immer der Fall ist, zumal wenn das Sauerstoffgas durch Schläuche zugeführt wird, da es immer einige Zeit dauert, bis der im Gasometer herrschende Überdruck sich bis zur Ausflussöffnung fortgesetzt hat, so ist es wünschenswerth, unmittelbar vor dem starren Zuführungsrohre der Lampe ein kurzes Stück starkwandigen Kautschukschlauches anzubringen, da durch kurzes Zusammendrücken desselben und plötzliches Auslassen das gewünschte Ziel leicht und sicher erreicht wird, weil hierdurch der Sauerstoff anfänglich stets mit einem noch etwas grösseren Drucke austritt, als dies bei offen bleibender Ausflussöffnung der Fall sein kann. Auch sind diese dickwandigen Kautschukröhren behufs einer weiteren Regulirung der zuffliessenden Gasmengen nochmals mit Niederschraubklemmen versehen.

In Figur 3 zeigt *b*, die richtig formirte und ganz lautlos brennende kleinere Flamme, mit der etwa ein Centimeter vor der Brennerdüse liegenden stark weissblau leuchtenden heissesten Stelle (3) der Flamme. Hier fängt der Sauerstoff Feuer. Der Raum (1) ist wie der entsprechende Theil der Bunsenflamme dunkel, der Saum (2) kaum sichtbar blau, der Saum (4) etwas intensiver blau und der Theil (5), die Verlängerung des brennenden Sauerstoffstromes deutlich weisslich blau gefärbt.

In dieser Flamme zeigt nur der sehr kleine heisseste Theil (3) ein selbstständiges Emissionsspectrum, nämlich ein brillant entwickeltes Kohlenstoffspectrum, auf welches ich später zurückkomme. Die übrigen Theile der Flamme senden kein merkbares Licht in den Spectralapparat.

Die grosse Flamme Figur 3*c* brennt mit einem stark pfeifenden Geräusche ab, so dass man in nächster Nähe der Flamme nicht gut Vortrag halten kann. Sie zeigt nur geringfügige Änderungen gegen die kleine Flamme. Die Stelle (3) ist länger, die Einschnürung der Flamme an dieser Stelle beträchtlicher, der Raum des inneren Theiles (5) bis auf die Entfernung von (4), viel heller und auch viel heisser wie in der kleinen Flamme. Übrigens gibt auch bei dieser Flamme nur die heisseste Stelle (3) ein sichtbares Spectrum. Diese grössere Flamme eignet sich besser um grössere Flächen ins Glühen zu bringen.

Figur 3*a* zeigt die Flamme in der Form, welche den jetzt gebräuchlichen Knallgaslampen entspricht, wobei der Sauerstoffstrom schon innerhalb der Düse zu brennen anfängt und die Düse *D* sehr heiss wird, wie bei einem zurückgeschlagenen Bunsenbrenner. Der Wärmeeffect dieser Flamme, welche sich stets bildet, wenn der Sauerstoff nicht den nöthigen Überdruck zeigt, ist ganz unvergleichlich geringer. Eben so leicht lässt sich mit dieser Lampe eine vollkommen geräuschlos abbrennende Wasserstoff-Sauerstoffflamme (Knallgasflamme) erzeugen, bei welcher der Sauerstoffstrom erst „ausserhalb“ der Düse zu brennen anfängt und die Düse nicht merkbar heiss wird.

Beim Einführen einer Sodaperle in den heissesten Theil (3) der Leuchtgas-Sauerstoffflamme entsteht ein so intensives Licht, dass man den Glanz desselben mit freiem Auge nicht zu ertragen vermag, sondern wie bei Betrachtung des elektrischen Flammen-

bogens sich einer mehrfachen Lage blauer und rother Gläser bedienen muss, um die richtige Stellung der Perle in der Flamme beurtheilen zu können, damit der Platindrath, an dem die Perle befestigt, nicht abschmilzt.

Die so erzeugten Spectren der Alkalimetalle sind von wundervoller Reinheit und vollständig entwickelt, d. h. es treten in denselben, wie bei der Hitze des elektrischen Flammenbogens alle Linien auf, welche diese Metalle überhaupt entwickeln können. Die Leuchtgas-Sauerstoffflamme selbst zeigt, wie schon erwähnt, nur im heissesten Theile, auf der stark weissblau leuchtenden kurzen Stelle (3), ein selbstständiges Spectrum. Da sich nun in demselben Theile der Flamme die weissglühende Perle der geschmolzenen Verbindung befindet, so muss dieser Theil der Flamme ohnedies abgeblendet werden, was am besten durch die mittelst einer Linse zu bewirkende zweckentsprechende Projection des Flammenbildes auf den Spalt bewirkt werden kann.

Durch diese Umstände erklärt sich die vollkommene Reinheit dieser Spectren und der Ausschluss von störenden Nebenspectren. Das Bild dieser Spectren ist das Schönste unter allen erzeugbaren Spectren. Auf ganz dunklem Grunde, zeigt so das Lithium vier Linien, das Natrium, welches nur in der Umgebung der glänzend leuchtenden Verbreiterungen der umgekehrten *D* Linien hellen Hintergrund zeigt, ergibt fünf Doppellinien, das Kalium-spectrum siebenundzwanzig deutliche Linien.

Durch den Mangel an continuirlichem Lichte, im Hintergrunde der hellen Spectrallinien und durch den Ausschluss fremden Lichtes, durch die Art der Erzeugung dieser Spectren wird es aber auch möglich, Einzelheiten zu sehen, welche bis jetzt nicht beobachtet wurden.

Das Kalium-spectrum zeigt bekanntlich im mittleren Theile Licht, welches man bis jetzt für ein continuirliches Spectrum gehalten hat. Allein dieser Theil des Kalium-spectrums ist keineswegs continuirlich, sondern setzt sich aus einer unzahlbaren Menge sehr feiner und sehr nahe bei einanderstehender Linien zusammen.

Das Natrium-spectrum zeigt im blauvioletten Theile eine breite Linie, welche seither nicht erwähnt wurde. Auch die Umkehrungserscheinungen in diesem Spectrum sind interessant.

Ich komme auf die nähere Beschreibung der mit der Leuchtgas-Sauerstofflampe erzeugbaren Spectren später ausführlicher zurück.

Die beschriebene Lampe eignet sich auch vortrefflich zur Erzeugung eines sehr intensiven Kalklichtes, zumal wenn man die Flamme so richtet, dass der weissblau leuchtende heisseste Theil (3) gerade die Kalkoberfläche berührt. Das entwickelte Licht ist ausserordentlich intensiv und für kurze Zeit auffallend ruhig und constant, nimmt aber bald ab. Diese letztere Erscheinung rührt daher, dass die ausserordentlich concentrirte Hitze der Flamme den Kalk, und auch die besten Sorten, wie z. B. die derzeit nach dem Ableben des Dr. Harnecker in Wrietzen allerdings nicht mehr in den Handel kommenden Kalksyderolithcylinder schmilzt, wodurch eine linsengrosse bis erbsengrosse Vertiefung auf der Kalkoberfläche entsteht, welche die Flamme deformirt, häufig ein Zurückschlagen des Sauerstoffstromes bewirkt, so dass derselbe schon in der Düse brennt und das Licht unruhig und schwächer wird.

Abgesehen von der Unhaltbarkeit der Kalkcylinder beim Aufbewahren für längeren wiederholten Gebrauch musste aus diesem Grunde der Kalk durch ein anderes Material zu ersetzen gesucht werden, da die anderweitigen Vortheile, welche die Lampe in ihrer Benützung als Lichtquelle bot, zumal der geringe Aufwand an Sauerstoff und Leuchtgas, eine derartige Verwendung sehr wünschenswerth erscheinen liessen.

Da Magnesia noch leichter in der Hitze dieser Flamme schmilzt als Kalk, richtete sich mein Augenmerk auf Zirkonerde, welche zum erstenmal in Form von Stiften von dem französischen Techniker Tessié du Motay Verwendung fand.

Die Methode der Herstellung dieser Stifte ist nicht bekannt geworden und mancherlei Versuche, diese Stifte nach dem in Amerika erfolgten Tode du Motay's herzustellen, sind, wie mir mitgetheilt wurde, fehlgeschlagen. Alles was sich über die von du Motay befolgte Methode zur Herstellung solcher Stifte nach den in die Öffentlichkeit gedruckenen Mittheilungen vermuthen lässt, ist die Anwendung eines hohen hydraulischen Druckes und vielleicht Zusatz von Borsäure vor dem ersten Glühen.

Die Schwierigkeit, Zirkonerde in compacten Stücken zu erhalten, beruht darauf, dass die Erde für sich eine amorphe, absolut unschmelzbare, pulverförmige Masse darstellt, und dass deren Verbindungen an der Luft geglüht ausnahmslos, ohne zu schmelzen oder zu sintern, unter Zersetzung pulverförmige Erde als Rückstand lassen.

Die zahlreichen Versuche, welche ich zur Herstellung compacten Massen von Zirkonerde unternommen habe, ergaben zunächst, dass jeder als Flussmittel gedachte Zusatz zur Zirkonerde die Schwierigkeiten nur erhöht und dass man nur wirklich zum Ziele gelangt, wenn man ganz chemisch reine Zirkonerde, namentlich frei von Alkalien und alkalischen Erden verwendet. Man geht hierbei am besten von dem chemisch reinen Zirkonchlorid aus, dessen Darstellung aus Zirkon ich kürzlich beschrieben habe.

Zur Erzeugung von Zirkonlicht verwende ich die Zirkonerde in Form von Scheibchen, die 15 Mm. im Durchmesser und circa 4 Mm. Dicke besitzen und in einen kleinen Teller von nicht zu dünnem Platinblech gefasst sind, der seinerseits einen Platindrath trägt, um das Ganze zweckentsprechend an die Lampe befestigen zu können.

Zur Erzeugung der Zirkonerdescheibchen verfähre ich folgenderweise: Zunächst wird reines Zirkonchlorid in nicht zu grosser Menge in bedecktem Porzellantiegel im Hempelgasofen anhaltend erhitzt, wobei schneeweisse Zirkonerde bleibt. Diese wird im Achtmörser zum feinsten Pulver zerrieben und in einer zur Erzeugung von etwa 3 bis 4 Mm. dicken Blättchen erforderlichen Menge in einem etwa 15 Mm. Diameter zeigenden sauberem Stahlmörser, wie solche zum Zerkleinern von Mineralien im Gebrauche sind, eingeschüttet. Das durch Klopfen gleichmässig ausgebreitete Pulver wird mit Hilfe des Stahlstempels erst sachte mit der Hand, dann möglichst fest zusammengedrückt, was ich nur mittelst einer Handpresse bewirken konnte, worauf die Scheibchen durch ruhigen Schraubendruck aus der Stanze herausgedrückt wurden.

Die so gewonnenen Scheibchen sind so weit haltbar, dass sie sich vorsichtig anfassen lassen, ohne zu brechen. Ihre weitere Haltbarkeit und Härtung erhalten die Zirkonerdeblättchen durch blosses anhaltendes, allmähig immer heftigeres Erhitzen, zuletzt im Knallgasgebläse.

Hierbei findet ein theilweises Sintern unter Volumverminderung statt, wobei die Blättchen in Folge ungleichmässigen Schwindens häufig in mehrere Stücke zerspringen. Eine Vorrichtung, welche eine gleichmässiger Erhitzung im Knallgasgebläse zuliesse, würde dieses Springen wohl vermeiden lassen. Gesprungene Scheibchen werden aufs Neue im Achatmörser aufs feinste gepulvert, gepresst und erhitzt. Die Scheibchen springen jetzt schon viel seltener und meist nur in zwei Stücke. Bei neuerlicher Formirung bleibt nun das Scheibchen entweder ganz oder wenn Sprünge entstehen, setzen sie nicht mehr durch. Das Ausglühen des Zirkonerdeblättchens im Knallgasgebläse kann nur auf Platinunterlage bewirkt werden, da dünne Lagen von Zirkonerde auf Thon z. B., wie Wachs, durchschmelzen.

Ein im Feuer ganz gebliebenes Zirkonerdescheibchen ist hinreichend hart, um in den kleinen Platinteller gefasst werden zu können.

Von unverwüsthlicher Dauer sind die so gewonnenen Zirkonblättchen allerdings auch nicht. Sie blättern im Gebrauche allmählig von der Oberfläche ab, zumal bei zu raschem Anheizen, allein man kann ein und dasselbe Blättchen doch viele hunderte Male gebrauchen, bevor eine so grosse Unebenheit der Oberfläche entsteht, dass eine Neuformirung der Scheibe nothwendig würde.

Ich bin mir sehr wohl bewusst, dass durch die seither von mir gesammelten Erfahrungen die Aufgabe noch nicht ganz gelöst ist, aber ich durfte mich zufrieden geben, da auf diese Weise wenigstens vorderhand ein Material erhalten wird, das lange Zeit hindurch stets von Neuem als Lichtquelle verwendet werden kann. Ich bin überzeugt, dass durch Anwendung stärkeren Druckes die Blättchen bei geringerer Dicke von weit grösserer Consistenz erhalten werden können, dass die geringere Dicke an und für sich schon alsdann ein gleichmässigeres Schwinden mit sich bringen wird, und dass endlich durch Verwendung geeigneterer Knallgaslampen, welche ein gleichmässiges Erhitzen des Zirkonerdeblättchens gestatten, das Springen derselben zu vermeiden sein wird.

Es wäre in hohem Grade wünschenswerth, wenn von technischer Seite mit den richtigen Hilfsmitteln weitere Versuche zur Herstellung solcher Zirkonscheibchen vorgenommen würden. Zu

diesem Endzwecke wäre es aber vor Allem erforderlich, dass sich eine unserer grossen chemischen Firmen damit befassen möchte, reines Zirkonchlorid in Handel zu bringen, was, nachdem ich vor Kurzem eine rationelle Darstellungsmethode dieses Präparates aus Zirkon beschrieben, keine Schwierigkeit bieten würde.

Benützt man die vollkommen lautlos, ganz ruhig und stetig brennende „kleine“ Flamme des Leuchtgas-Sauerstoffgebläses, so hat man das Zirkonblättchen so zu richten, dass der blaue Punkt (3) der Flamme, gerade die Oberfläche der Zirkonerde berührt. Obgleich fast das ganze Scheibchen weissglühend wird, ist es doch nur eine kaum 5 Mm. Diameter zeigende kreisrunde Fläche, welche den höchsten Grad der Weissgluth erreicht, woraus bei der erzielten bedeutenden Lichtstärke eine ausserordentlich hohe Lichtstärke der Flächeneinheit folgt. Entsprechend dieser grossen Concentration des Lichtes erhält man auch sehr scharf begrenzte Schatten.

Das von dem glühenden Zirkonblättchen ausgehende sehr concentrirte, vollkommen ruhige und stetige Licht ist rein weiss. Bei spectraler Zerlegung gibt es ein continuirliches Spectrum, das die Fraunhofer'schen Linien *A* bis *H* umfasst und keine Spur einer hellen Spectrallinie aufweist, wie etwa das „Kalklicht“, welches neben der Natriumlinie die rothen und grünen Kalkbänder zeigt. Dieser Umstand lässt das Zirkonlicht als einen ausserordentlich werthvollen Ersatz für Sonnenlicht erscheinen, und es ist desshalb für eine Reihe von Versuchen sicher dem elektrischen Lichte vorzuziehen. Ein weiterer Vortheil ergibt sich daraus, dass die glühende Zirkonerde, wahrscheinlich im Zusammenhange mit der producirten grossen Lichtmenge, ganz auffallend wenig Wärme ausstrahlt, so dass die Lichtquelle den zu beleuchtenden Gegenständen sehr nahe gebracht werden kann. Das Licht dürfte für alle Arten der Projectionsversuche ausreichen.

Ich lasse hier nun einige Angaben über die erreichten Lichtstärken folgen. Die Messungen wurden mit dem gewöhnlichen Bunsen'schen Fettfleckphotometer, bei welchem eine englische Walrathnormalkerze als Einheit diente, vorgenommen. Der Verbrauch an Leuchtgas wurde mittelst eines genauen Experimentirgasometers gemessen und der Sauerstoffverbrauch aus den

bekanntem Dimensionen des Gasometers und dem jeweilig angezeigten Wasserstande am Wasserstandszeiger berechnet.

Der Gasdruck betrug im Mittel 6 Ctm. (Wasser), der Druck des Sauerstoffes im Mittel das Fünfzehnfache davon. Die beobachteten Lichtstärken reichten je nach dem Verbräuche an Sauerstoff und Gas von 60 bis 280 Kerzen. Hierbei verlangten im Mittel vieler Versuche circa 60 Kerzen 24 Liter Leuchtgas und 15 Liter Sauerstoffgas, circa 120 Kerzen 37 Liter Leuchtgas und 26 Liter Sauerstoffgas, circa 200 Kerzen 48 Liter Leuchtgas und 44 Liter Sauerstoff „pro Stunde“.

Hierbei ist zu bemerken, dass Lichtstärken von 60 bis 120 Kerzen noch mit der vollkommen geräuschlos abbrennenden Flamme erzeugt werden, während höhere Lichtstärken nur mit bereits pfeifender Flamme resultiren.

Bedenkt man nun, dass ein gewöhnlicher Schwalbenschwanzbrenner bei einem Verbräuche von circa 50 Liter Leuchtgas pro Stunde nur 4 Kerzen ersetzt, so folgt, dass die hier beschriebene Beleuchtungsvorrichtung, mit derselben Menge Gas den „fünfzigfachen“ Lichteffect erzielt.

Es ist zu erwarten, dass dieser Umstand der rührigen Gas-technik in ihrem Kampfe gegen das elektrische Licht, um so mehr als Gasluftinjectoren bestehen sollen, welche Platindraht schmelzen, den Impuls geben wird, das auf praktischem Gebiete weiter zu verfolgen, was Tessié du Motay erdacht und ich mit unzulänglichen Mitteln nachzuversuchen veranlasst war, aber in der Hand des erfahrenen Technikers eine werthvolle, bleibende Gestalt für das Beleuchtungswesen annehmen könnte.

Fig. I.

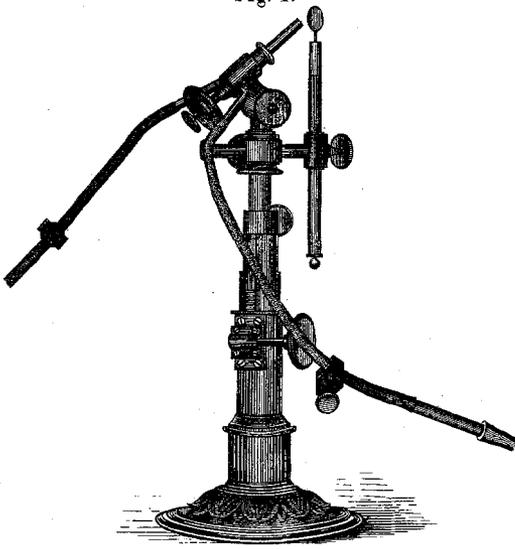


Fig. III.

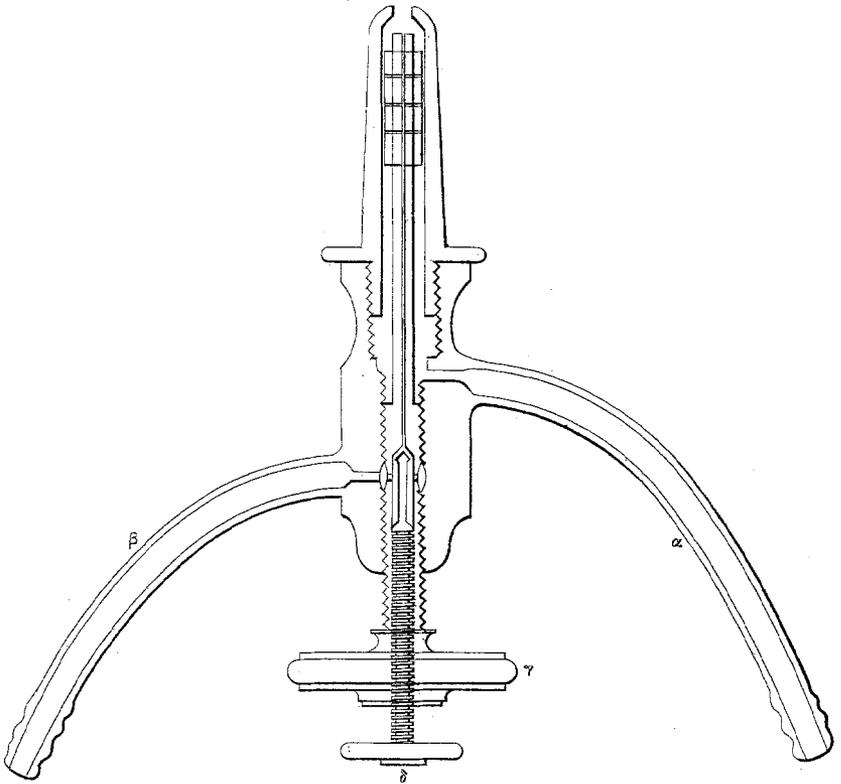
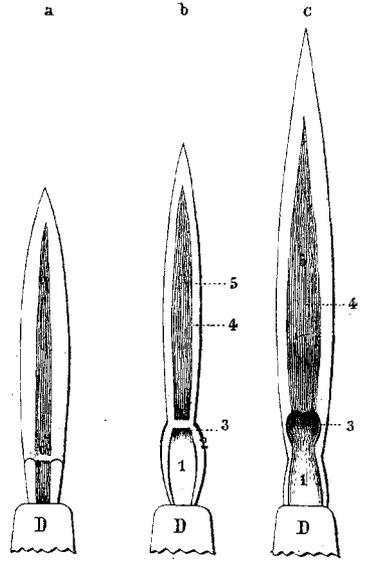


Fig. II.