

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Die chemische Technologie der Brennstoffe

Chemischer Theil

Fischer, Ferdinand

1897

Lichtmessung

[urn:nbn:at:at-ubi:2-3644](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:at:at-ubi:2-3644)

L i c h t m e s s u n g .

Geschichte. Nachdem schon Huygens versucht hatte das Licht der Sonne und des Sirius zu vergleichen, gab F. Maria¹⁾ an, daß man die Stärke eines Lichtes durch die Anzahl gefärbter Glasplatten bestimmen könne, die man auf einander legen müsse um das Licht unmerklich zu machen. Lampadius²⁾ stellte in gleicher Weise dünne Hornscheiben oder Papierblätter hinter einander auf, bis der leuchtende Gegenstand unsichtbar wurde, ein Verfahren, auf welches dann am 21. Mai 1875 M. Brown das englische Patent Nr. 1865 erhalten hat.

Bouguer³⁾ verwendete zwei innen geschwärzte Röhren *ab* und *cd*, Fig. 79, welche bei *b* und *d* mit einer Glaslinse, bei *a* und *c* aber durch einen Deckel geschlossen waren, dessen kreisrundes 6 bis 8 mm weites Loch mit dünnem Papier oder einer matten Glasscheibe bedeckt war. Jede der Röhren wurde auf

Fig. 79.



eine der zu vergleichenden Lichtquellen gerichtet, worauf man durch theilweises Bedecken der Glaslinsen den Lichteindruck bei *a* und *c* gleichmachte. Die Lichtstärken verhielten sich dann wie die Quadrate der nicht bedeckten Glasflächen. Ähnlich ist das Verfahren von Potter⁴⁾ und das Lucimeter von Guerard⁵⁾. Dieser Lichtmesser von Bouguer wurde dann dahin vereinfacht⁶⁾, daß die Gläser bei *b* und *d* fortfielen, das auf die stärkere Lichtquelle gerichtete Rohr aber durch Ausziehen verlängert werden konnte, bis die Flecke bei *a* und *c* gleich stark erleuchtet waren; die Lichtstärken ver-

hielten sich dann umgekehrt wie das Quadrat der Rohrlängen.

Celsius⁷⁾ suchte die Lichtstärke durch die Entfernung zu bestimmen, aus welcher er noch fein gezeichnete Kreise erkennen konnte.

Lambert⁸⁾ benutzte zuerst den Umstand, daß ein von zwei Flammen beleuchteter Gegenstand zwei Schatten wirft, die nicht gleich tief sind, wenn die Einwirkung der beiden Flammen auf die die Schatten auffangende Wand nicht ganz gleich ist. Es sei z. B. *CD*, Fig. 80, eine weiße Wand, vor welcher in einiger Entfernung der senkrecht berufte dünne und runde Eisenstab *s* steht, und *l* der eine, *L* der andere Lichtquell. Die beiden Pichte werden so gestellt,

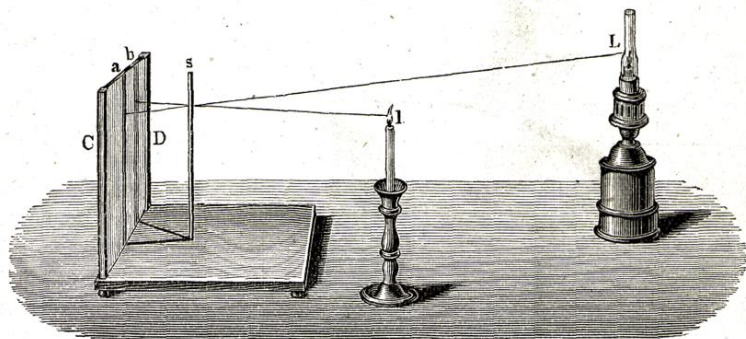
¹⁾ Nouvelles decouvertes sur la lumière (Paris 1700). — ²⁾ Beiträge zur Atmosphärologie (Freiberg 1817), S. 164. — ³⁾ Essai d'optique (Paris 1729). —

⁴⁾ Brewster, Journ. of scienc. III, 284. — ⁵⁾ Dingl. 1867, 185, 110. —

⁶⁾ Fischer: Physikalisches Wörterbuch 1800, Bd. 3, S. *887. — ⁷⁾ Hist. de l'Acad. de Paris 1735, 7. — ⁸⁾ Photometria (Augsburg 1760).

daß die zwei Schatten *a* und *b* des Stabes *s* nicht zusammen, aber auch nicht weit von einander auf die Wand *CD* fallen. Es wird dann das stärkere Licht so weit von der Wand *CD* hinweggeschoben, bis die beiden Schatten *a* und *b* gleich tief sind, d. h. bis der Schatten *b* vom Lichte *L* so stark erleuchtet wird,

Fig. 80.



als der Schatten *a* vom Lichte *l*. Man beobachtet gewöhnlich in möglichst senkrechter Richtung auf die Wand *CD* von der Seite blickend, auf welcher sich die Lichte befinden, ob dies der Fall ist. Etwas genauer erkennt man aber nach dem Vorschlage von Bernot¹⁾ die vollkommen gleiche Tiefe der Schatten, wenn man die Wand *CD* aus durchscheinendem weißen Papier macht, sich hinter dieselbe stellt, und mit Hilfe eines Lichtes, das man nähert und entfernt, beobachtet, ob beide Schatten ganz gleichzeitig verschwinden beim Entfernen, und wieder sichtbar werden beim Nähern des Lichtes. Bezeichnet man nun die Entfernungen der Lichtquellen *l* und *L* vom Schirm mit *e* und *E*, so verhalten sich die Lichtstärken *i* und *J*, da die Intensität des Lichtes im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung abnimmt²⁾, $i : J = e^2 : E^2$, folglich $J = i \frac{E^2}{e^2}$.

Dasselbe Verfahren wurde dann von Rumford³⁾ und von Fox⁴⁾ etwas abgeändert, ohne es jedoch zu verbessern. Da es minder scharfe Angaben zuläßt, als das Photometer von Bunsen, so wird es nur noch wenig angewendet.

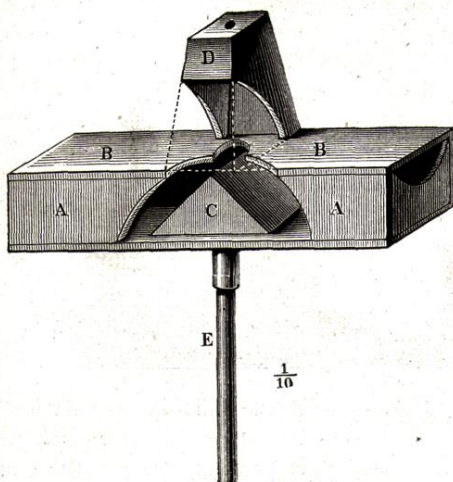
Leslie⁵⁾ versuchte sein Differentialthermometer als Photometer zu benutzen; Ritchie⁶⁾ verbesserte dieses Verfahren, ohne jedoch brauchbare Resultate erzielen zu können, da eben Licht und Wärme nicht proportional sind, wie bereits S. 46 gezeigt wurde.

Ritchie⁷⁾ stellt in den Kasten *AB* (Fig. 81 a. f. S.) ein rechtwinkliges hölzernes Prisma *C* so auf, daß die Kante, in der sich die Seiten unter einem rechten Winkel schneiden, horizontal und zur Längsrichtung des Kastens senkrecht liegt. Gerade über der Prismenkante ist in der oberen Wand des Kastens *D*

¹⁾ Dingl. 1851, 119, 156. — ²⁾ Poggendorff 150, 551. — ³⁾ Gren's neues Journal d. Phys. 2, *15. — ⁴⁾ Dingl. 1831, 40, *340. — ⁵⁾ Kurze Nachrichten von Versuchen; überg. von Brandes (Leipzig 1823), S. 66. — ⁶⁾ Phil. trans. 1825, *141. — ⁷⁾ Dingl. 1831, 40, 51.

ein Loch angebracht, von dem aus man gleichzeitig beide, mit weißem Papier überzogene Seitenflächen des Prismas sieht. Die zu vergleichenden Flammen stehen so, daß sie durch die seitlich angebrachten halbkreisförmigen Oeffnungen

Fig. 81.



hindurch das Prisma *C* erscheinen. Man rückt auf einem horizontalen Brette die eine der Flammen so lange, bis die beiden Flächen von *C*, durch die Oeffnung bei *D* gleichzeitig besehen, ganz gleich hell erleuchtet erscheinen. Dies Instrument kann auf einen hohen Grad von Genauigkeit nicht Anspruch machen, namentlich werden Täuschungen leicht dadurch veranlaßt, daß die zu vergleichenden Flammen häufig verschiedene Färbung zeigen, was auch auf den beiden reflectirenden Flächen sichtbar wird und

eine scharfe Vergleichung sehr erschwert, ein Uebelstand, der auch durch die Verbesserung dieses Apparates von Poppe¹⁾ nicht gehoben wird²⁾.

Fyfe³⁾ glaubt als Maßstab der Leuchtkraft des Leuchtgases die Größe der Verdichtung beim Mischen mit Chlorgas empfehlen zu können, Sommerville⁴⁾ das specifische Gewicht. Lippowitz⁵⁾ will die Lichtstärke durch die Größe der Pupille des menschlichen Auges messen, Wright⁶⁾ dieselbe aus der Verdunkelung eines weißen Fleckes durch ein übergeschobenes Rohr ableiten. Sämmtliche Vorschläge sind unbrauchbar. Ebenso wenig scheint bis jetzt das Radiometer brauchbare Resultate zu liefern⁷⁾. Erdmann meint, die Leuchtkraft eines Gases sei proportional der Luftmenge, die erforderlich ist, die Leuchtkraft zu vernichten. Blochmann⁸⁾ und Schilling⁹⁾ zeigten bereits, daß dieses nicht der Fall ist.

Heeren¹⁰⁾ verwendet zu Lichtmessungen für photographische Zwecke die Dunkelfärbung des Silberpapiers, Vogel¹¹⁾ zu gleichem Zweck chromirtes Papier, Verfahren, die nur für den angegebenen Zweck brauchbar sind.

Lichteinheit. Ganz besonders schwierig ist die Beschaffung einer überall gleichmäßigen Lichteinheit. Bis jetzt werden noch fast durchweg Kerzen von Paraffin, Stearin, Wallrath und Wachs angewendet. Diese Stoffe sind aber

¹⁾ Dingl. 1859, 151, *432. — ²⁾ Vergl. das. 1873, 207, 487. — ³⁾ Dingl. 1842, 84, 439; 1851, 122, 46. — ⁴⁾ Journ. f. Gasbel. 1876, 123. — ⁵⁾ Poggend. 61, 141; 63, 348. — ⁶⁾ Dingl. 1869, 192, 77. — ⁷⁾ Dingl. 1875, 216, 188; 1876, 220, *317. — ⁸⁾ Dingl. 1863, 169, 136. — ⁹⁾ Gasbeleuchtung, S. 224. — ¹⁰⁾ Dingl. 1845, 96, 26. — ¹¹⁾ Dingl. 1868, 188, 226.

keine bestimmten chemischen Verbindungen, sondern Gemische, so daß es kaum möglich ist, daß die Kerzen immer dieselbe Zusammensetzung und damit auch dieselbe Leuchtkraft haben. Zu dieser durch die wechselnde Zusammensetzung bedingten Ungleichheit der Flamme kommt aber noch die größere Fehlerquelle hinzu, welche von der ungleich raschen Verbrennung herrührt und durch die Beschaffenheit des Kerzenmaterials selbst, namentlich aber durch den Docht bedingt wird. Steht dieser in einem richtigen Verhältniß zur Dicke und zum Schmelzpunkt der Kerze, so bildet sich bekanntlich eine Vertiefung, aus welcher der in der Mitte stehende Docht das geschmolzene Kerzenmaterial aufsaugt und vergast. Ist er zu dick, so wird die Flamme zu breit, der Rand schmilzt zu rasch ab, die Kerze tropft und giebt meist kein ruhiges Licht. Ist der Docht aber zu dünn, so wird der Brennstoff zu langsam aufgesogen, dadurch aber der Vergasungsraum und damit auch die Flamme verkleinert, so daß auch jetzt wieder kein gleichmäßiges Licht zu erzielen ist.

Ueber den Einfluß der Dicke des Dochtes liegen umfassende Versuche von einer Commission des Vereins von Gas- und Wasserfachmännern Deutschlands vor ¹⁾, welche für Paraffinkerzen, von denen 12 auf 1 kg gehen, bei einer 6= bis 7 stündigen Brennzeit im Durchschnitt von fünf Versuchen folgende Zahlen ergaben:

Zahl der Dochtfäden	Stündlicher Verbrauch in Grammen	Flammenhöhe in Millimetern
18	5,98 bis 6,50	39,8 bis 45,8
21	6,88 „ 7,10	44,6 „ 50,9
24	7,46 „ 7,85	48,3 „ 51,2
27	7,72 „ 8,40	51,9 „ 59,0
30	7,86 „ 8,70	53,0 „ 60,3
33	8,19 „ 8,90	55,0 „ 63,0
36	8,42 „ 8,78	55,4 „ 62,5

Das Endergebniß der Versuche war folgendes Verhältniß der Münchener Normalstearinkerzen, im Vergleich mit 24 fädigen Paraffinkerzen (12 = 1 kg):

¹⁾ Journ. f. Gasbel. 1871, 526, 556.

	Münchener Stearin	Paraffin
Stündlicher Materialverbrauch		
Durchschnitt sämmtlicher Beobachtungen	10,92 g	7,708 g
Größte Abweichung der Einzeldurchschnitte . . . +	1,28 "	0,192 "
—	0,79 "	0,242 "
" " " Einzelbeobachtungen . . +	3,08 "	0,592 "
—	1,07 "	0,648 "
Flammenhöhe		
Durchschnitt sämmtlicher Beobachtungen	60,8 mm	51,2 mm
Größte Abweichung der Einzeldurchschnitte . . . +	6,6 "	3,8 "
—	8,0 "	2,7 "
" " " Einzelbeobachtungen . . +	7,2 "	9,8 "
—	12,8 "	8,2 "

Das Paraffin stellte sich somit am günstigsten, während nach anderen Versuchen Wallrath und Wachs weniger gleichmäßig sind (vergl. später: Leistung der Leuchtstoffe). Der Verein stellte daher folgende Bedingungen für die deutsche Normkerze fest:

Die Photometerkerze soll einen Durchmesser von 20 mm erhalten, genau cylindrisch und so lang sein, daß 12 Kerzen 1 kg wiegen. Die Dochte sollen in möglichster Gleichförmigkeit aus 24 baumwollenen Fäden geflochten sein und trocken für jeden laufenden Meter 668 mg wiegen; sie sind durch einen eingelegten rothen Faden von anderen Dochten abzuzeichnen. Das Kerzenmaterial soll möglichst reines Paraffin sein und von einem nicht unter 55° liegenden Erstarrungspunkt. —

In München gilt noch als Einheit die eben erwähnte Stearinkerze, welche aus einem Stearin mit 76 bis 76,6 Proc. Kohlenstoff angefertigt sein soll. Dieselbe verzehrt nach Schilling²⁾ in der Stunde im Durchschnitt 10,4 g Stearin bei 52 mm Flammenhöhe.

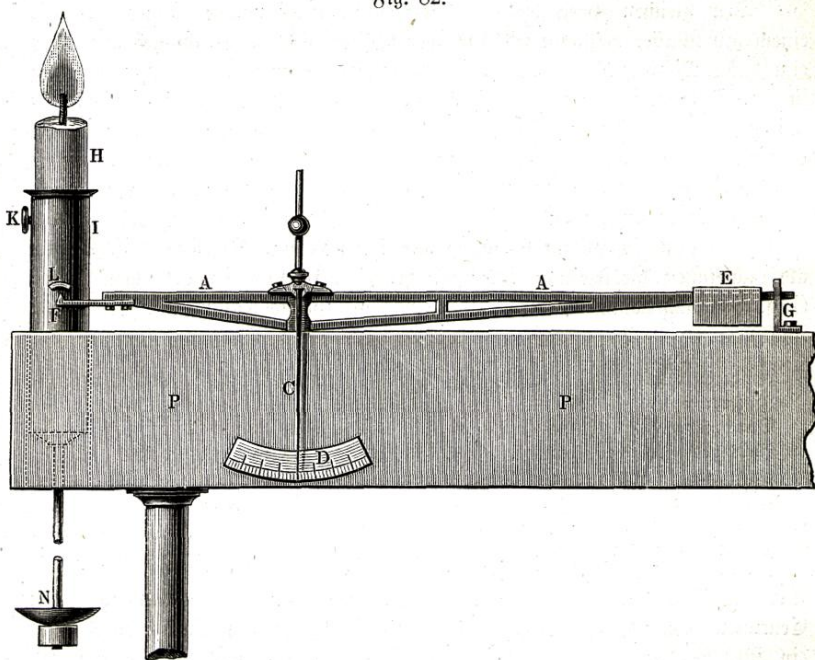
Die englische Wallrathkerze hat einen aus 3 Strängen mit je 17 Fäden geflochtenen Docht; sie soll stündlich 120 Grains (7,78 g) Wallrath verzehren, wobei sie eine Flammenhöhe von 45 mm hat. Bei Messungen von Leuchtgasflammen wird dieses in dem Argandbrenner Fig. 105, S. 92, verbrannt und zwar stündlich 142 Liter.

Verglichen mit der französischen Normalflamme (S. 73) ergaben sich nach den Versuchen von Schilling folgende Verhältnißzahlen:

¹⁾ Dingl. 1872, 206, 329; vergl. 1861, 160, 267; 1870, 198, 497. — ²⁾ Journ. f. Gasbeleucht. 1877, 190.

Pariser Lampe	Englische Wallrathkerze	Vereins- Paraffinkerze	Münchener Stearinkerze
1,000	7,435	7,607	6,743
0,134	1,000	1,023	0,907
0,132	0,977	1,000	0,887
0,148	1,102	1,128	1,000

Wolfsberger¹⁾ hat einen Apparat construirt, mit dem man die Größe der Flamme bequem messen kann; für gewöhnlich bedient man sich hierzu eines hinter der Flamme aufgestellten Maßstabes, oder aber eines gebogenen Drahtes Fig. 82.



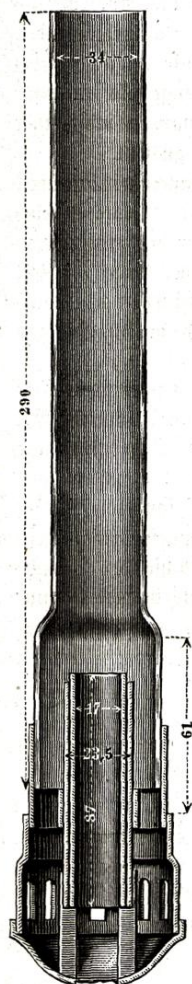
von entsprechender Länge (S. 70). Bei gleicher Flammenhöhe ist die Lichtstärke der verschiedenen Kerzen übrigens immer noch keineswegs völlig gleich.

Um den Brennstoffverbrauch einer Kerzenflamme zu bestimmen, bedient man sich einer gewöhnlichen Wage oder der Kerzenwage von Keates²⁾. Die Normalkerze H (Fig. 82) wird mittels der Stellschraube K in den Halter I

¹⁾ Dingl. 1871, 200, *102. — ²⁾ Schilling: Gasbeleuchtung, S. 209.

einheit, indem er mit Recht die ungleichmäßige Beschaffenheit dieses Oeles hervorhebt. Nach seinen Versuchen ist hierzu nur Wallrathöl von 0,88 spec. Gew. zu verwenden. Bei der von ihm verwendeten Modérateurlampe wird der regelmäßige Oelzufluß dadurch erreicht, daß im Dochthalter

Fig. 83.



12 mm unter dem oberen Rande eine Reihe Löcher oder Einschnitte angebracht sind, so daß von hierab nur die Capillaranziehung des Dochtes selbst zur Wirkung kommt. Die bei einem photometrischen Versuche verbrauchte Oelmenge wird mittels der S. 71 beschriebenen Wage ermittelt.

Edgerton¹⁾ verwendet eine Kerosinölampe, läßt aber nicht die volle Flamme, sondern nur den Theil derselben auf das Photometer fallen, welcher durch das 12 mm im Durchmesser haltende runde Loch einer dunkeln Scheibe hindurchgeht. Oelverbrauch und Flammenhöhe sollen dann von nur sehr geringem Einfluß auf die Messungen sein.

Mehrfach hat man versucht, zur Herstellung der Lichteinheit eine Leuchtgasflamme zu verwenden; meist sind Einlochbrenner (S. 92), zuweilen aber auch Argandbrenner verwendet. Methven²⁾ gebraucht als Lichteinheit einen Theil der leuchtenden Flamme desselben Gases, welches zu untersuchen ist, indem er von einer 3 Zoll (76 mm) hohen Flamme eines Argandbrenners den oberen und unteren Theil abblendet und als Normalflamme nur den Theil nimmt, welcher durch einen Spalt von 1 Zoll (25,4 mm) Länge und $\frac{1}{4}$ Zoll (6,3 mm) Breite hindurchgeht. Er behauptet, daß die durch diesen Spalt fallende Lichtmenge genau zwei englischen Wallrathkerzen entspreche, gleichviel, ob das verbrannte Gas 15 oder 35 Kerzenstärke habe, eine Angabe, welche jedenfalls zweifelhaft ist.

Blochmann³⁾ schlug vor, zur Herstellung der Lichteinheit Wasserstoff zu verwenden, welcher durch eine bestimmte Menge Benzol leuchtend gemacht ist.

Harcourt⁴⁾ will in ähnlicher Weise ein Gemisch von atmosphärischer Luft und Pentan verwenden. Letzteres wird aus dem amerikanischen Erdöl durch fractionirte Destillation bei 50° als eine Flüssigkeit von 0,6298 bis 0,63 spec. Gew. und 37 Dampfdichte ($H = 1$) gewonnen, die nur wenig Hexan enthält. Man mischt eine bestimmte Menge hiervon mit einer gemessenen Menge Luft, in welcher die flüchtige Flüssigkeit rasch und vollständig verdampft und läßt dieses Gemenge aus einem Brenner von bestimmter Weite unter bestimmten Druck- und Temperaturverhältnissen

¹⁾ Dingl. 1878, 229, *48. — ²⁾ Journ. f. Gasb. 1879, 42, 690. — ³⁾ Dingl. 1863, 169, 136. — ⁴⁾ Chem. News 36, 103.

ausströmen, so daß innerhalb einer gewissen Zeit ein bestimmtes Gasvolumen verbrennt und dadurch eine völlig ruhige Flamme von bestimmter Höhe entsteht. Die Luft wird in einem durch Wasser abgesperrten Gasometer abgemessen und das Pentan als Flüssigkeit durch eine mit Hahn versehene Trichtervorrichtung hineingebracht. Die mit der Temperatur wechselnde geringe Absorptionsfähigkeit des Wassers für Pentan verursacht keine in Betracht kommenden Fehler, wie Harcourt durch besondere Versuche zeigt. Ebenso erwies sich bei verschiedenen Temperatur- und Druckverhältnissen das Gemenge als ein vollkommenes Gas, welches keine Condensation erleidet, wenn man es nicht einer Temperatur von 4° und einem Druck von 1,2 Atmosphären aussetzt.

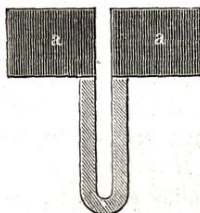
Folgendes sind die Zahlenwerthe, durch welche die neue Lichteinheit bestimmt ist: 600 Vol. Luft werden mit dem Dampfe von 1 Vol. flüssigen Pentans (entsprechend 210 Vol. Dampf bei $15,6^{\circ}$) gesättigt; der Durchmesser des messingenen Brenners ist $\frac{1}{4}$ Zoll engl. (6,3 mm), die Temperatur $15,6^{\circ}$, der Druck 30 Zoll engl. (762 mm); der Verbrauch beträgt in der Stunde $\frac{1}{2}$ Cubikfuß (14 158 ccm) des Gemenges. Die dadurch erzeugte Lichtintensität entspricht der in England durch Parlamentsacte festgestellten Wallrathskerze (S. 70).

Wartha¹⁾ macht den Vorschlag, Aetherdampf, der aus einem in kochendem Wasser stehenden schmiedeisernen Gefäße entwickelt wird, zu verbrennen. Bei 3 bis 4 mm Wasserdruck im Brennröhr soll die Flamme eines Schnittbrenners ruhig brennen und schön leuchten; nähere Mittheilungen darüber fehlen noch.

Draper²⁾ verwendet einen 10 cm langen und 250 mg schweren Platindraht, welcher zu einer Spirale von 5 Gängen und 4 mm Durchmesser zusammengewunden ist. Der Rest des Drahtes wird parallel zur Achse der Spirale umgebogen und endet mit einem Haken, an welchem das Ganze in der Flamme des aus einer 1 mm weiten Oeffnung tretenden Wasserstoffgases so aufgehängt wird, daß der Draht den Brenner nahezu berührt. Ob hierdurch wirklich ein gleichmäßiges Licht erhalten wird, ist zweifelhaft.

Zuverlässiger ist jedenfalls die Lichteinheit von Schwendler³⁾, welcher den bereits im Jahre 1859 von Böllner gemachten Vorschlag einen durch Electricität

Fig. 84.



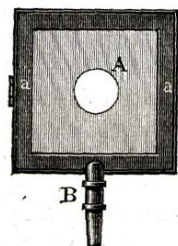
glühend gemachten Platindraht zu verwenden benutzt. Zur Erzielung eines gleichmäßigen Glühlichtes schneidet Schwendler das Platinstück aus einem Platinblech, wie es Fig. 84 in natürlicher Größe zeigt. Die Lappen *a* bilden alsdann die Elektroden zwischen den Leitungsdrähten und dem U-förmigen Platinstück, welches als Lichtquelle dienen soll. Die Lichteinheit wird nun durch einen Strom von 6,15 Weber'schen Einheiten erzeugt, den man durch einen 2 mm breiten und 36,28 mm langen, 0,0017 mm dicken und 26,4 mg schweren Platinstreifen leitet, dessen berechneter Widerstand 0,109 und dessen bei 19° gemessener Widerstand 0,143 Siemens'schen Einheiten gleich ist. Um

¹⁾ Berichte d. d. Chem. G. 1874, 103. — ²⁾ Journ. f. Gasb. 1872, 410. —

³⁾ Journ. Asiatic Soc. of Bengal 1879, *88.

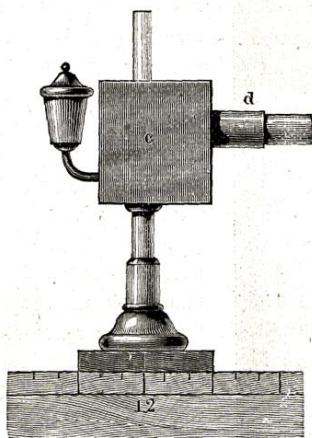
den Luftzug abzuhalten, wird die Vorrichtung mit einer hinten geschwärzten Glocke aus dünnem Glase bedeckt, die nur unbedeutende Lichtmengen zurückhält.

Fig. 85.



Die Lappen *a* werden mit starken Kupferdrähten verbunden, in die Leitung aber ein Galvanometer und ein Quecksilber-rheostat eingeschaltet, mittels dessen man leicht den Strom einige Zeit unveränderlich halten kann. Dieser Vorschlag verdient Beachtung.

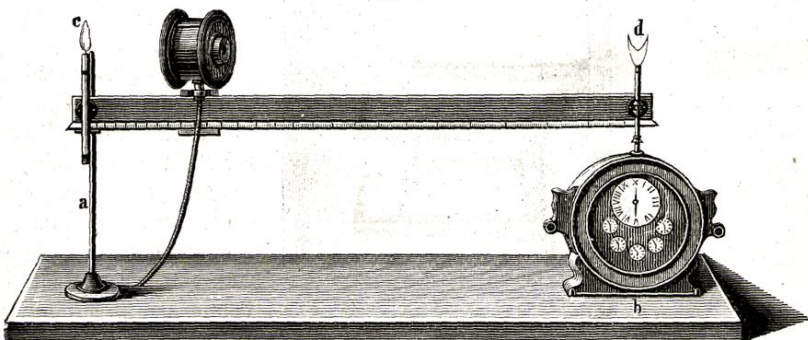
Fig. 86.



Lichtmessung. Weitans am meisten wird zur Messung der verschiedenen Lichtquellen das Photometer von Bunsen angewendet. Dasselbe besteht im Wesentlichen aus einem in einen Rahmen *a* (Fig. 85) gespannten Papierschirm *A*, in dessen Mitte sich ein mit Wachs oder Stearin durchscheinend gemachter Fleck oder Streifen befindet. Derselbe erscheint hell auf dunkeln Grunde, wenn der Schirm auf der Rückseite stärker erleuchtet ist als von der Vorderseite, im umgekehrten Fall aber dunkel auf hellem Grunde. Der Fleck kann aber nicht gleichzeitig auf beiden Seiten des Schirmes völlig verschwinden, wie Bohn¹⁾ gezeigt hat.

Figur 86 zeigt das Bunsen'sche Photometer in seiner ursprünglichen Gestalt. Als Lichteinheit diente eine in einem geschwärzten Blechkasten *c* befindliche Flamme einer Lampe. Die äußere Oeffnung des Auszugsrohres *d* ist durch einen Papierschirm verschlossen mit dem kleinen Stearinfleck in der Mitte. Um mit

Fig. 87.



¹⁾ Dingl. 1859, 154, *15.

dieser Vorrichtung die Stärke einer Lichtquelle, z. B. Gasflamme, zu bestimmen, ermittelt man zuerst den Abstand l , in welchem man die Flamme der Normal-

kerze und dann den Abstand L , in welchen man die Gasflamme bringen muß, damit der Fleck verschwindet. Die Licht-

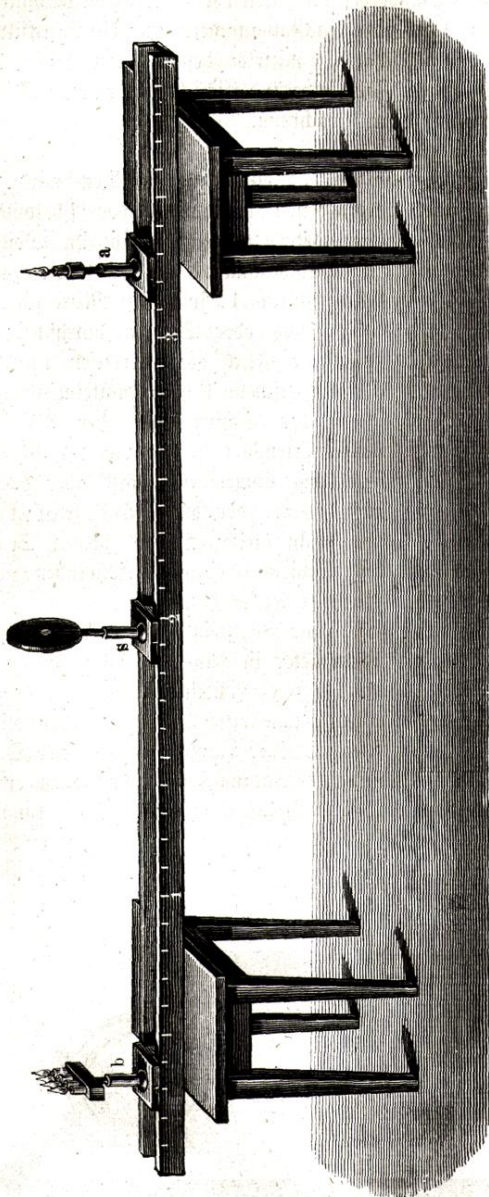
stärke J ist alsdann

$J = i \frac{L^2}{l^2}$, wenn i die

Lichtstärke der Normalkerze bezeichnet.
De Saga in Heidelberg führt diesen Licht-

messer in der Form aus, welche Fig. 87 (a. v. S.) versinnlicht.
An dem einen Ende einer horizontalen eingetheilten Schiene ist die Normalkerze c , an dem anderen Ende derselben ist die Flamme d angebracht, deren Leuchtkraft mit der der Normalkerze verglichen werden soll. Auf der eingetheilten Schiene ist ein cylindrisches Gehäuse verschiebbar, dessen kreisförmige Rückwand vollkommen undurchsichtig ist, während in der vorderen Wand das Papier mit dem Fettfleck angebracht ist. In der Mitte des Gehäuses befindet sich ein kleiner Gasbrenner, welchem das Leuchtgas durch einen dickwandigen Kautschukschlauch zugeführt wird.

Fig. 88.



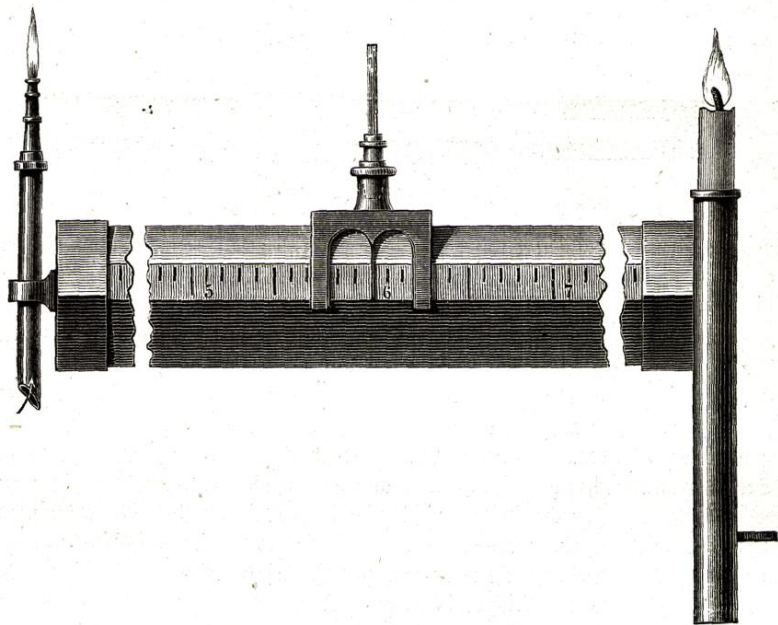
Nach der linken Seite hin kann dieses Gehäuse nur bis zu einer bestimmten Grenze geschoben werden, indem der Schieber, welcher das Gehäuse trägt, hier an

einer an der Schiene angebrachten Hervorragung anstößt. Dreht man das Gehäuse, wenn es sich an dieser Stelle befindet, aus der in der Figur dargestellten Lage um 180° herum, so daß das gefettete Papier der Normalkerze zugekehrt ist, so beträgt der Abstand der Kerze von dem Papierschirm 20 cm. Bei dieser Grenzstellung der Schiene nun wird der Zufluß des Gases zum Brenner im Innern des Gehäuses so geregelt, daß der Fettsfleck auf dem Papierblatt aufhört sichtbar zu sein.

Ist dies erreicht, so wird das Gehäuse wieder um 180° gedreht, so daß das Papier nun der Flamme *a* zugekehrt ist und dann der Schieber mit dem Gehäuse so weit nach rechts geschoben, bis der Fettsfleck auf dem Papier abermals unsichtbar wird. Die Scala ist derart eingerichtet, daß man unmittelbar die Lichtstärken ablesen kann.

Da die in der Nähe befindlichen Flammen die Beobachtung erschweren, hat der Apparat folgende Verbesserung erhalten: In der oberen Hälfte der kreisförmigen verschlossenen Rückwand des cylindrischen Gehäuses ist eine etwa

Fig. 89.



3 cm große runde Oeffnung und hinter dieser ein Spiegel im Winkel von 45° angebracht. Durch diese Vorrichtung kann die innere Seite des Papierschirms sehr bequem und ohne daß die Flammen belästigen, beobachtet werden.

Bei vergleichenden Versuchen darf entweder nur die innere oder nur die äußere Seite des Papiers beobachtet werden.

Wird der Papierschirm von beiden Seiten gleich stark beleuchtet, so wird der Fleck unmerkbar; wenn man daher ein solches Papierblatt zwischen zwei

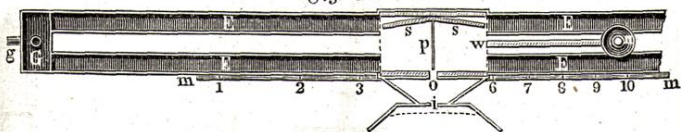
Lichtquellen so stellt, daß der Fleck fast ganz verschwindet, so entspricht diese Stelle dem Punkte gleicher Lichtstärke, deren Verhältniß durch die Abstände der Lichtquellen gegeben ist.

Eine diesbezügliche, sehr einfache Vorrichtung zeigt Fig. 88 (a. S. 76). Der als Lichteinheit dienenden Normalflamme *a* steht die zu messende Lichtquelle *b* gegenüber, der Schirm *s* wird so lange hin- und hergeschoben, bis der Fleck fast ganz verschwindet. Die Lichtstärken verhalten sich dann umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen vom Schirm; meist ist jedoch auch hier die Theilung der Schiene so gewählt, daß man die Lichtstärken unmittelbar ablesen kann.

Eine etwas bequemere Einrichtung dieses Apparates zeigt Fig. 89 (a. v. S.). Auf der viereckigen, etwa 3 m langen Holzstange ist ein Sattel mit der Papierschleibe verschiebbar, dessen Zunge sich über der Theilung der Stange bewegt. Die Blechhülse trägt die Normalkerze, welche in der Hülse durch den einen Schieber in der richtigen Höhe festgestellt wird, während die Hülse links den zu untersuchenden Lichtquell trägt.

Berfasser besitzt einen von Apel bezogenen Apparat, der, wie die Draufsicht Fig. 90 ($1\frac{1}{2}$) zeigt, aus zwei, auf Füßen ruhenden Eisenschienen *E* besteht, auf welchen der in einen schwarzen an beiden Seiten offenen Blechkasten befestigte

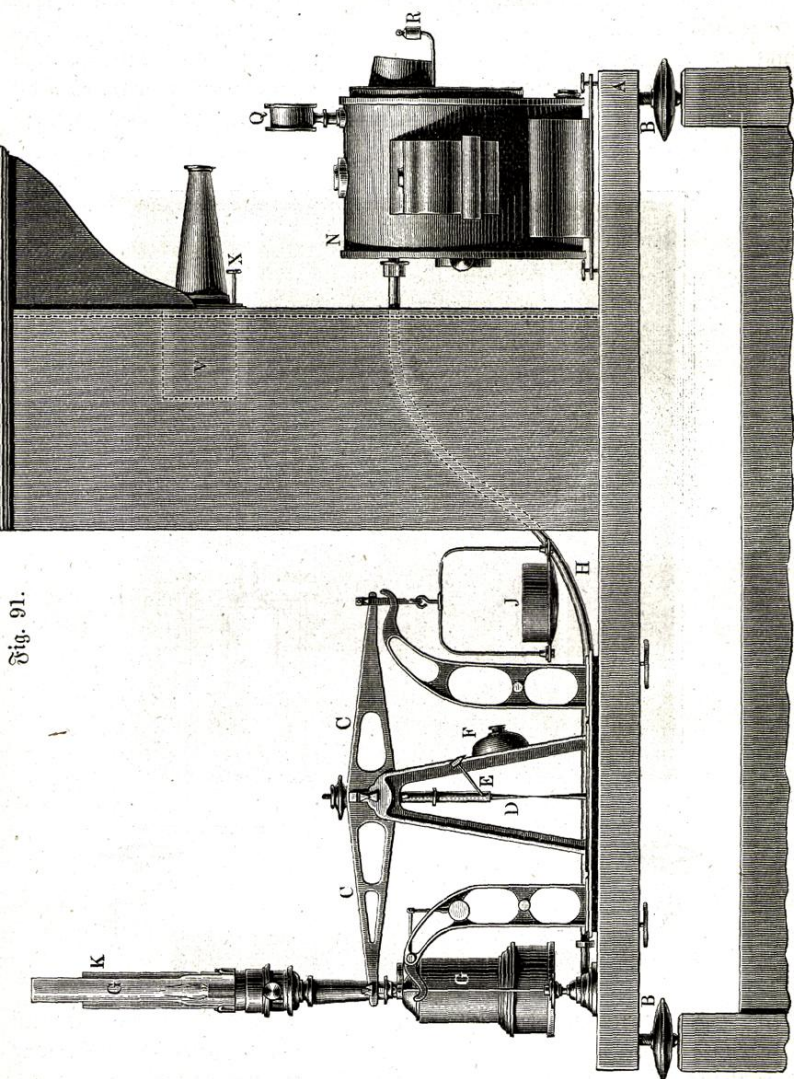
Fig. 90.



Papierschirm *p* gleichzeitig mit der 25 cm entfernten Normalkerze, welche in der durch den Stab *w* mit dem Blechkasten verbundenen Hülse *n* steckt, verschiebbar ist. Wie der Durchschnitt des Blechkastens zeigt, ist zu beiden Seiten des Papierschirmes ein Spiegel *s* aufgestellt, so daß man durch die beiden runden Oeffnungen *i* und *o* in den Spiegeln gleichzeitig beide Seiten des Schirmes beobachten kann. Ein unter dem Blechkasten angebrachter Zeiger giebt auf der Holzschiene *m* direct die Lichtstärken der auf der Platte *G* aufgestellten Flamme an. Für die Untersuchung von Leuchtgas ist ein Zuführungrohr *g* mit Regulirhahn angebracht. Selbstverständlich hat man bei allen Leuchtgasuntersuchungen mittels entsprechender Regulatoren, welche später ausführlich besprochen werden, für constanten Druck zu sorgen, auch zu berücksichtigen, daß die Leuchtkraft des Gases wesentlich mit von der Beschaffenheit der Brenner (s. diese) abhängt. Arbeitet man unter Abschluß des Tageslichtes in einem mattgrau angestrichenen Zimmer, so sind weitere Schutzvorrichtungen überflüssig. Sind Wände und Decken weiß, so werden hinter beiden Flammen dunkle Schirme aufgestellt; wollte man aber bei Tageslicht arbeiten, so müßte der Apparat mit einem Kasten umgeben werden. Minder handlich scheint mir die Form dieses Apparates zu sein, welche von Schickert ausgeführt wird, und welche Bothe¹⁾ als Tangenten-

¹⁾ Dingl. 1867, 186, 451; vergl. Journ. f. Gasb. 1869, S. 283.

Foucault beleuchtet die zwei Hälften eines durchscheinenden Schirmes, bestehend aus einer matten Glastafel oder einer Schicht Stärkemehl zwischen zwei Glasplatten, einseitig durch die beiden zu vergleichenden Flammen. Sind

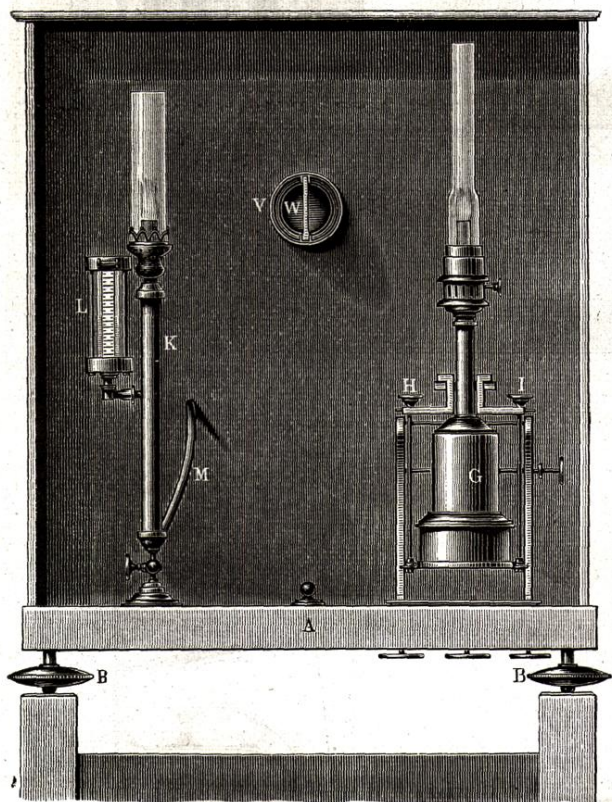


beide Hälften gleich beleuchtet, so ergibt sich die Leuchtkraft wie bei Ritchie (S. 69) aus dem Quadrat der Entfernung. Der Apparat ist von Elster¹⁾

¹⁾ Dingl. 1870, 198, *490.

angewendet, er wird aber namentlich in Frankreich in der von Dumas und Regnault¹⁾ vorgeschlagenen Form gebraucht. Die Figuren 91, 92 und 93 zeigen die ganze Einrichtung in drei Ansichten, die Figuren 94 und 95 (S. 82) zwei vergrößerte Durchschnitte des Foucault'schen Photometers mit matten Glasscheiben und einem Fernrohr *L*. Die gegenseitige Lage der mattgeschliffenen und über einander beweglichen Glastafeln *U* kann mittels Mikrometerschrauben verändert werden. Sie sind in dem Rohre *V* eingeschlossen, welches durch die undurchsichtige senkrechte Zwischenwand *W* (Fig. 92) in zwei Fächer getheilt

Fig. 92.



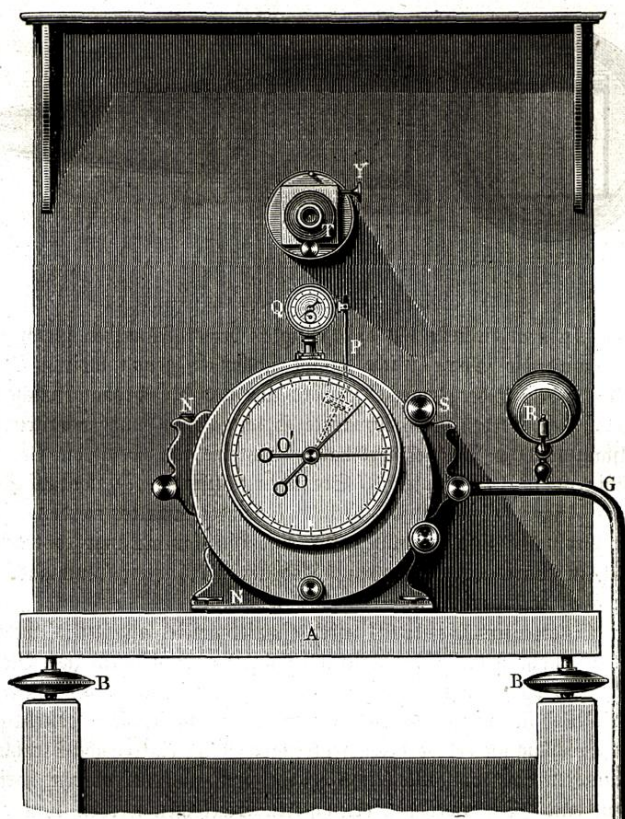
wird. Durch die mittels der Mikrometerschraube *y* verschiebbaren Metallplatten *X* können die beleuchteten Glasscheiben geblendet werden, während die Stellung der Zwischenwand *W* durch die Schraube *x* geregelt werden kann.

Dem photometrischen Apparate sind in dem verfinsterten Versuchsraume auf derselben Grundplatte *A* (Fig. 91) die beiden Flammen in gleicher Höhe gegenübergestellt. Die an dem einen Ende des Balkens *C* der Delenil'schen

¹⁾ Dingl. 1866, 180, *122; Bull. de la soc. d'Enc. 1878, *211.

Wage hängende Carcel'sche Lampe *G* (S. 73) erhält das nöthige Del mittels der Ansätze *H* und *I*, und wird durch das Gegengewicht *J* auf der anderen Schale in Gleichgewicht gebracht, während ein mit der Zunge *D* in eigenthümlicher Weise verbundener Hammer *E* durch Schläge auf die Glocke *F* die Gewichtsänderungen anzeigt. Der mit Hahn und Druckmesser *L* versehene Gasbrenner *K* (Fig. 92) ist durch das Rohr *M* mit der Uhr *N* verbunden, welche durch das Rohr *G* (Fig. 93) mit Leuchtgas gespeist wird. Die Gasuhr ist mit zwei Zeigern versehen, und zwar beginnt der Zeiger *O* seine Bewegung

Fig. 93.



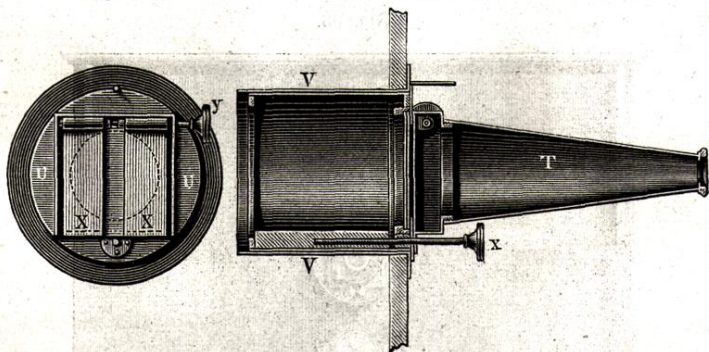
von dem Augenblicke an, wenn die Gasdurchströmung eintritt, und bewegt sich so lange als letztere dauert, der Zeiger *O'* aber kann in jedem beliebigen Augenblicke, nämlich beim Beginne einer Beobachtung und am Ende derselben, mittels des kleinen Hebels *P* ausgelöst und arretirt werden; gleichzeitig kommt dann der die Dauer des Versuchs in Minuten und Secunden angegebende chronometrische Apparat *Q* in Gang und wird beim Anhalten des Zeigers *O'* ebenfalls wieder stillgestellt. Jeder Theilstrich des Zifferblattes der zeitweilig mit

einem Gasometer verglichenen Uhr entspricht einem Zehntelliter. Zur Beleuchtung der Zifferblätter beim Ablesen der Beobachtungszeit und des verbrauchten Gases dient der kleine Gasbrenner *R*, welcher während der Dauer des Versuchs mit einem Metallschirm bedeckt wird.

Um nun einen photometrischen Versuch auszuführen, zündet man beide Flammen an und unterhält dieselben während der Dauer von einer halben Stunde, indem man während dieser Zeit den Gasdruck regelt und den photo-

Fig. 94.

Fig. 95.



metrischen Apparat einstellt bis die Helligkeit beider Flammen gleich geworden ist; dann wird die Carcel'sche Lampe nochmals genau tarirt. Nun wird mittels des Hebels *P* der Zeiger *O'* der Gasuhr und der chronometrische Apparat *Q* ausgelöst und werden beide Apparate so lange im Gange erhalten, bis die Normalflamme 10 g Del verzehrt hat — letzteres soll, wenn die Verbrennung gleichmäßig ist, in 14 Minuten 37 Sekunden stattfinden —, worauf Sekundenzeiger und Zeiger *O'* mittels des Hebels *P* wieder arretirt werden. Den angestellten Versuchen zufolge müssen für eine Gasflamme von contractmäßiger Lichtstärke in Paris bei normalem Gasdrucke 27,5 Liter Leuchtgas während derselben Zeit verbraucht sein.

Sillimann und Porter¹⁾ haben ein Photometer angegeben, welches dem von Ritchie nahe steht. Die Lichtstrahlenbündel werden durch zwei Blendungen *a a'* (Fig. 96) von genau gleicher Oeffnung in das Innere des Instrumentes geleitet, woselbst sie auf zwei Flintglasprismen *b* gelangen, die so gestellt sind, daß das ohne Brechung an der vorderen senkrechten Fläche eintretende Strahlenbündel an der hinteren eine totale Reflexion erleidet und aus der oberen horizontalen Fläche austritt. Die zwei hell erleuchteten Scheibchen werden nun auf einer Blendung von matt geschliffenem Glase aufgefangen, welche in einer verfinsterten Kammer *c* ruht, 30 mm im Durchmesser. Fig. 97 stellt die Glasplatte in Ansicht dar, mit den beiden Lichtscheibchen *d* und *d'* in ihrer Lage gegen einander.

Ueber dieser finsternen Kammer *c* befindet sich eine senkrechte Röhre mit einem Oculare *o*; innerhalb derselben sind Diaphragmen von verschiedener Oeffnung und von verschiedenfarbigem Glase. Das ganze Instrument ist mit

¹⁾ Dingl. 1858, 147, *302.

einem Fuße versehen, der eine höhere oder niedrigere Stellung mittels der Schraube *s* gestattet. Um endlich die Prismen unter den Winkel der vollkommenen Zurückwerfung stellen zu können, sind äußerlich Knöpfe *e* angebracht, mittels welcher eine sanfte Drehung möglich wird.

Man bringt nun die Ränder der beiden hellen Scheibchen nahe an einander, aber so, daß sie nicht über einander fallen. Das Instrument steht auf einem

Fig. 96.

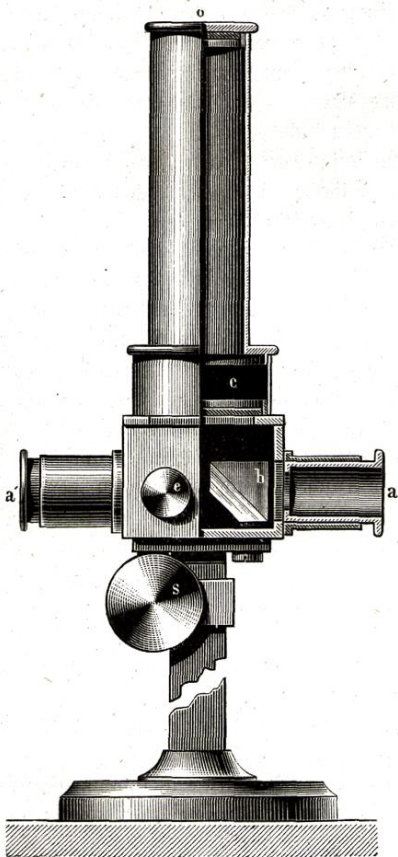
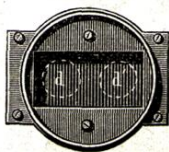


Fig. 97.



Schlitten, welcher längs eines mit einer Eintheilung versehenen Stabes verschoben werden kann, während die beiden zu vergleichenden Lichtquellen an den Enden des eingetheilten Stabes in gleicher Höhe befestigt sind. Das Instrument wird nun so lange verschoben, bis die Helligkeit der beiden Scheibchen eine gleiche ist. Es hat sich herausgestellt, daß ein gelblich grünes Ocular die vollkommenste Compensation für Farbenabweichungen gewährt, welche verschiedene Lichter bedingen.

Beer¹⁾ verwandte zu Lichtmessungen einen eigenthümlichen Polarisationsapparat, der dann von Roudolf²⁾ etwas abgeändert wurde. Babinet³⁾ gab einen ähnlichen Apparat an, der dann von Crookes⁴⁾ in nachfolgender Weise vervollkommenet wurde. Zur Erläuterung des Principes dieses Apparates zeigt Fig. 98 (a. f. S.) eine schematische

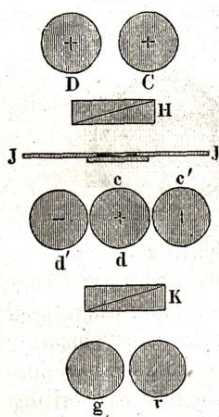
Darstellung der einzelnen Theile dieses Lichtmessers.

Es sei *D* eine Lichtquelle, etwa eine durch künstliches oder natürliches Licht beleuchtete Scheibe von weißem Porcellan oder von Papier, *C* eine ebensolche in gleicher Weise beleuchtete Scheibe, deren photometrische Größen mit einander verglichen werden sollen. *H* ist ein achromatisches, aus Doppelspath angefertigtes,

¹⁾ Poggend. 86, *78. — ²⁾ Dingl. 1852, 125, *329. — ³⁾ Dingl. 1854, 131, *132. — ⁴⁾ Dingl. 1869, 192, *395

doppelt brechendes Prisma, welches die Scheibe D in zwei in entgegengesetztem Sinne polarisirte Scheiben d und d' zerlegt, und zwar so, daß die Ebene von d vertical und die von d' horizontal polarisirt ist. Ebenso giebt das Prisma H zwei Bilder der Scheibe C , das horizontal polarisirte Bild c und das vertical polarisirte c' . Die Größenverhältnisse der Scheiben

Fig. 98.



D und C , und das Zerlegungsvermögen des Doppelspathprismas H müssen so gewählt werden, daß das vertical polarisirte Bild d und das horizontal polarisirte c einander genau decken und, wie die Figur zeigt, eine zusammengesetzte Scheibe cd bilden, welche eine Hälfte des Lichtes von D und eine Hälfte des von C ausgehenden Lichtes enthält.

Durch Messung der Stärke des polarisirten Lichtes auf der Scheibe cd ergeben sich die relativen photometrischen Intensitäten von D und C .

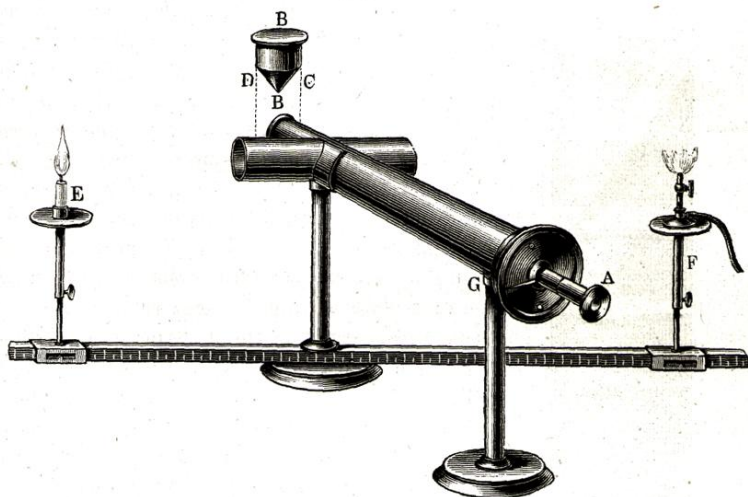
Die Blendung J mit einer kreisförmigen Oeffnung in der Mitte ist gerade groß genug um cd sehen zu können, welche aber die seitlichen Scheiben c' , d' dem Auge verbirgt. Vor dieser Oeffnung ist ein Gypsblättchen angebracht von solcher Dicke, daß es

unter dem Einfluß polarisirten Lichtes ein rothes Bild und als Complementärfarbe Grün giebt. Ein dem Prisma H ganz gleiches doppelt brechendes Kalkspathprisma K ist in solcher Entfernung von der Blendenöffnung angebracht, daß die beiden Scheiben, in welche J dem Anscheine nach aufgelöst ist, von einander getrennt erscheinen, wie bei g und r . Wenn die Scheibe cd kein polarisirtes Licht enthält, so sind die Bilder g , r weiß, weil sie durch zwei Strahlen weißen Lichtes gebildet werden, welche in entgegengesetztem Sinne polarisirt sind; sobald aber eine Spur von polarisirtem Lichte in c und d ist, sind die beiden Scheiben g , r in Complementärfarben gefärbt, und der Contrast zwischen dem Grün und dem Roth ist um so stärker, je mehr polarisirtes Licht cd enthält.

Die Wirkung dieser Anordnung ergibt sich durch folgende Betrachtung. Nehmen wir zunächst an, die beiden Lichtquellen C und D seien einander genau gleich. Sie werden durch das Prisma H jede in zwei Scheiben d , d' und c , c' zerlegt, und da die zwei polarisirten Strahlen, aus denen cd zusammengesetzt ist, einander auch an Stärke gleich sind, so neutralisiren sie sich gegenseitig und bilden gewöhnliches Licht, ohne Spur von Polarisation. In diesem Falle sind die beiden Lichtscheiben g , r ungefärbt. Nehmen wir nun an, die eine Lichtquelle, z. B. D , sei stärker als die andere C , dann werden die beiden Bilder d , d' lichtstärker sein als die beiden Bilder c , c' und der vertical polarisirte Strahl d wird stärker sein als der horizontal polarisirte Strahl c . Die zusammengesetzte Scheibe cd wird dann theilweise in polarisirtem Lichte erscheinen und die Menge des freien polarisirten Lichtes wird der Lichtmenge, um welche die Intensität von D größer ist als die von C , genau proportional sein. In diesem Falle wird das Bild des vor der Oeffnung der Blende J angebrachten Gypspathblättchens durch das Prisma K in eine rothe und in eine grüne Scheibe zerlegt.

Die vollständige Zusammenstellung des Instrumentes zeigt Fig. 99. *A* ist das in Fig. 100 in vergrößertem Durchschnitte dargestellte Ocular, *GB* ein im Innern geschwärztes Messingrohr, welches an seinem dem Ocular entgegengesetzten

Fig. 99.

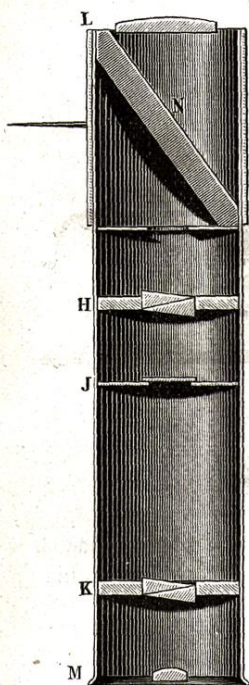


Ende *B* mit einem einzuschiebenden Einsatzstücke (bei *D, C* gesondert ersichtlich) versehen ist. Die schrägen Seiten *DB* und *BC* dieses Stückes sind mit einer weißen Fläche (Papier oder polirtes Porcellan) bedeckt, so daß, wenn *DC* in das Rohrende *B* eingesteckt ist, die eine dieser beiden weißen Flächen *BD* durch die Kerze *E* und die andere *BC* durch die Lampe beleuchtet werden kann. Wenn nun der Beobachter das Ocular abnimmt, so sieht er am Rohrende *B* eine weiße, leuchtende, senkrecht in zwei Theile getheilte Scheibe, deren eine Hälfte von der Kerze *E* und die andere durch die Lampe *F* beleuchtet ist. Verschiebt man nun z. B. die Kerze *E* auf dem Maßstabe, so kann man die Helligkeit der Hälfte *DB* beliebig abändern, während die der anderen Hälfte *BC* unverändert bleibt.

Die Einrichtung des in Fig. 100 (a. f. S.) abgebildeten Oculars *A* erklärt sich mit Hülfe der Fig. 98. Bei *L* ist eine Linse, um die von *BCD* (Fig. 99) kommenden Lichtstrahlen zu sammeln und das Bild an die gehörige Stellung des Rohres *BG* zu werfen. Bei *M* ist eine zweite Linse so angebracht, daß sie ein scharfes Bild von den beiden Scheiben giebt, in welche *J* durch das Prisma *K* zerlegt wird. Das Arago'sche Polarimeter *N* besteht aus einer Schicht von dünnen Glasplatten, welche sich um die Achse des mit einem Zeiger und einem getheilten Kreise versehenen Rohres (*AG*, Fig. 99) drehen läßt. Mittels dieser Glasplatten säule kann man die von den beleuchteten Scheiben kommenden Strahlen im einen oder im anderen Sinne polarisiren und auf diese Weise das theilweise polarisirte Strahlenbündel *cd* (Fig. 98) in den neutralen Zustand überführen, so daß die Bilder *gr* ungefärbt erscheinen. Dies Polarimeter wird so eingesetzt, daß es, wenn der Zeiger auf 0 steht, auf beide Scheiben eine gleiche Wirkung ausübt.

Der Apparat wird in folgender Weise angewendet. Nachdem die Normal-kerze *E* auf einem der auf dem getheilten Stabe verschiebbaren Träger aufgestellt ist, bringt man sie auf die richtige Höhe und verschiebt sie auf eine geeignete Entfernung, welche von der Stärke des zu messenden Lichtes *F* abhängt, das auf dieselbe Weise auf der anderen Seite des Photometers befestigt wird. Der ganze Apparat muß sich in einem dunklen Raume befinden oder mit Schirmen umgeben werden, welche kein Licht reflectiren; ebenso muß das Auge vor den von den beiden Flammen kommenden directen Strahlen geschützt sein. Blickt man nun in das Ocular, so sieht man zwei glänzende Scheiben, wahrscheinlich von verschiedenen Farben. Man verschiebt nun die Flamme *F* auf dem getheilten Stabe, bis die beiden leuchtenden Scheiben, durch das Ocular beobachtet, beinahe dieselbe Färbung zeigen. Eine gleiche Helligkeit läßt sich leicht erhalten; denn da das Auge zwei leuchtende neben einander liegende Scheiben beobachtet, welche rasch von Rothgrün in Grünroth von einem neutralen nicht gefärbten Punkte aus übergehen, so ist es nicht schwierig, diesen Punkt mit großer Genauigkeit zu erfassen. Anstatt, daß man in dieser Weise eine solche völlige Gleichheit zu erreichen sucht, ist es jedoch bequemer und besser, die Flamme auf den Theilstrich des Stabes zu verschieben, auf welchem man dieser Gleichheit von der einen oder anderen Seite am nächsten kommt; man erhält dann die endliche Einstellung mittels des Oculars indem man

Fig. 100.



das Polarimeter im einen oder anderen Sinne über 45° dreht, bis die Bilder ohne eine Spur von Färbung erscheinen. Durch eine Reihe von Versuchen ist man im Stande den Werth jedes Winkels, welchen man die Glasplatten säule durchlaufen läßt, ein für allemal zu bestimmen; die dann noch anzustellenden Berechnungen bieten keine Schwierigkeit dar; indem man die Entfernung, um welche die Lichtquellen von dem Mittelpunkt des Apparates entfernt sind, zum Quadrat erhebt, erhält man das annähernde Verhältniß ihrer Lichtstärken, und die Anzahl der Grade, um welche das Ocular gedreht worden, giebt die Zahl, welche hinzubaddirt oder subtrahirt werden muß, um die erforderliche Genauigkeit zu erhalten.

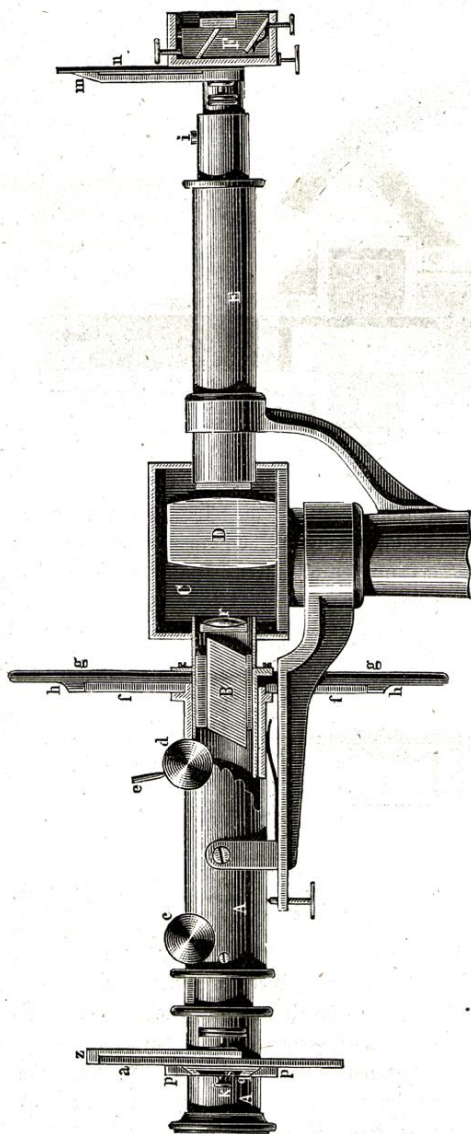
Mit Hilfe eines Photometers dieser Art ist es möglich, Flammen von verschiedenen Farben mit einander zu vergleichen, eine Aufgabe, welche durch Anwendung der früher besprochenen Lichtmesser kaum gelöst werden könnte. Nehmen wir mit Bezugnahme auf Fig. 98 z. B. an, die Scheibe *D* sei durch ein Licht von röthlicher Farbe und die Scheibe *C* durch ein grünliches Licht beleuchtet, so werden die polarisirten Scheiben *d'* *d* röthlich gefärbt erscheinen, die Scheiben *c'* *c* grünlich, und die centrale Scheibe *cd* wird eine aus der Vereinigung beider Bilder entstandene Färbung zeigen. Mittels des Analiseurs *K* und der Gyps-

scheibe *J* ist man aber im Stande, freies polarisirtes Licht auf der Scheibe *cd*, wenn dasselbe farbig ist, mit derselben Leichtigkeit zu erkennen, als wenn es weiß wäre; der einzige Unterschied wird der sein, daß man die beiden leuchtenden Scheiben *gr* nicht auf eine gleichmäßig weiße Farbe bringen kann, wenn das von *D* und von *C* ausgegangene Licht gleiche Stärke haben, jene Scheiben werden aber eine der Scheibe *cd* ähnliche Färbung annehmen.

Hobkinson¹⁾ hat einen auf ähnlichem Princip beruhenden Apparat zur Messung der Lichtwirkungen der Leuchtthürme angegeben, auf welchen hier nur verwiesen werden mag, wie auch auf den Vorschlag von Dove²⁾ zwei Lichtquellen mittels des Mikroskopes und eines Nicol'schen Prismas zu vergleichen.

Während die Grundidee zu spectralphotometrischen Bestimmungen schon von Lambert in seiner Photometrie (1760) ausgesprochen wurde, ist das Verfahren, mittels des Spectroskopes photometrische Bestimmungen auszuführen, doch erst in den letzten Jahren so vervollkommenet, daß es selbst wissenschaftlich genaue Resultate giebt³⁾. Besonders bemerkenswerth ist jedoch

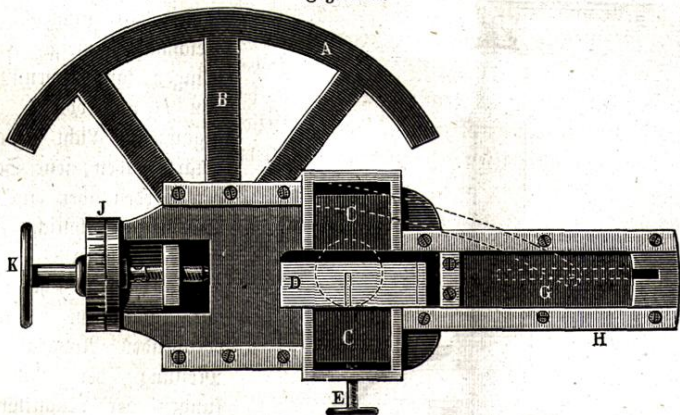
Fig. 101.



¹⁾ Dingl. 1872, 205, *524. — ²⁾ Dingl. 1861, 162, 154. — ³⁾ Vergl. Compt. rend. 86, 878; 87, 322; Journ. de phys. 8, 85; Dingl. 1877, 226, 326.

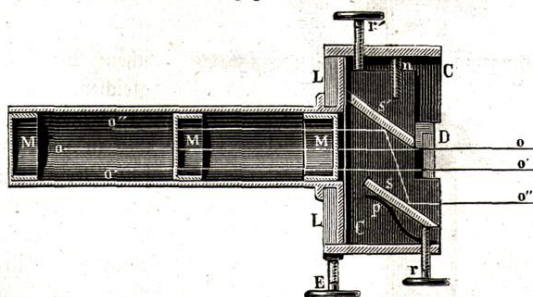
das neueste Spectrophotometer von Hüfner¹⁾. Fig. 101 (a. v. S.) zeigt den Apparat in $\frac{1}{4}$ seiner natürlichen Größe, nur ist das Scalenrohr weggelassen, die Figuren 102 und 103 zeigen ausführlichere Darstellungen einzelner Theile. Der vordere, die Ocularlinsen enthaltende Theil A' des Fernrohrs A in Fig. 101

Fig. 102.



trägt zunächst an der Stelle des Fadenkreuzes eine Ablendungsvorrichtung. Dieselbe besteht, wie beim Vierordt'schen Apparate, aus zwei in einer Führung *q* beweglichen Schiebern *s*, deren jeder zur seitlichen Feststellung auf seiner Unter-

Fig. 103.



lage mit einer Knopfschraube *k* versehen ist. Die Führung *q* ist aber selber beweglich; sie läßt sich sammt den befestigten Schiebern mittels eines Excenters in der weiteren unbeweglichen Führung *p* horizontal hin und her bewegen und die seitlich angebrachte Alhidade *a*, sowie der Zeiger *z* dienen dazu, den jeweiligen Stand des durch die Schieber gebildeten Spalts auf einer Gradtheilung zu markiren. Ein Zahnrad bei *c* endlich gestattet eine bequeme und sichere Verschiebung des Ocularrohrs A' im weiteren Röhrentheile A.

Zunächst dem Prisma *D* ist in *A* abermals ein längeres Röhrenstück eingefügt, daß sich aber nicht in der Richtung der Längsachse verschieben, sondern

¹⁾ Journ. prakt. Chem. 16, *290.

nur um dieselbe drehen läßt. Es enthält den Nicol *B* und die Objectivlinse *r*. Die Drehung geschieht durch die Handgriffe *gg*, welche bei *h* mit je einem Nonius versehen sind. Die feste Scheibe *f* trägt die Gradtheilung für die Messung des Drehungswinkels. Dieselbe besitzt rechts und links je einen Nullpunkt und gestattet mit Hilfe des Nonius eine Ablesung von 0,1 Grad. Der Nicol selbst ist so gestellt und befestigt, daß das Gesichtsfeld die größte Helligkeit zeigt, wenn beiderlei Nullpunkte, diejenigen der Nonien und des Theilkreises, zusammenfallen.

Da mittels der Handgriffe *g* nur die gröbere Einstellung möglich ist, so findet sich zum Zwecke der feineren Einstellung bei *d* eine Schraube ohne Ende, welche in einen gezahnten Kranz des inneren Rohres eingreift und für gewöhnlich durch eine Feder auf diesen gepreßt wird. Soll der Nicol erst mittels der Handgriffe *g* gedreht werden, so hat man die Schraube vorher aus dem Zahnkranz herauszuheben, was mittels des kurzen Hebels *e* geschieht. Das Collimatorrohr *E* trägt nur vor dem Spalte eine besondere Vorrichtung. Es ist das Kästchen *F* mit zwei unter dem Polarisationswinkel für Glas zur Achse des Rohres gestellten Spiegeln und einem Compensationskeile aus Rauchglas, der sich, von einer Feder festgehalten, mittels eines einfachen Triebwerks vor dem Spalte hin- und herschieben läßt. Auch hier dienen eine mit Theilung versehene Alhidade *n* und ein Zeiger *m* dazu, um den jeweiligen Stand des Keils zu markiren. Fig. 103 giebt eine vergrößerte Darstellung des Kästchens, hier mit *C* bezeichnet. *s* und *s'* sind die beiden Spiegel, und zwar ist *s* ein durch die Feder *p* und die Schraube *r* in bestimmter Lage erhaltener, um eine Horizontalachse drehbarer Stahlspiegel, *s'* dagegen ein auf ein solides, gleichfalls um eine Horizontalachse drehbares Messingstück aufgekitteter Spiegel aus dunklem Glase. Die gewundene Feder *n* und die Schraube *r'* dienen zur Einstellung in die bestimmte Lage. *L* bedeutet die den lichtgebenden Spalt enthaltende Platte, an welche das ganze Kästchen durch die Schraube *E* befestigt werden kann, und *D* ist der verschiebbare Glaskeil.

Bedeutet in der nämlichen Figur *o*, *o'*, *o''* ein Bündel paralleler Strahlen, die von rechts her auf das Kästchen auffallen, so werden *o* und *o'*, so lange der Keil *D* noch nicht den Spalt bedeckt (Fig. 102 giebt die Frontansicht der Vorrichtung; man sieht hier durch den schraffirten Keil hindurch die untere Spalthälfte und kann sich nun leicht den Keil so weit nach rechts verschoben denken, daß der Spalt selbst frei wird), ungehindert ihren Weg zwischen den Spiegeln hindurch zum Spalte fortsetzen; *o''* dagegen wird vom Stahlspiegel nach oben, auf *s'*, geworfen und gelangt von diesem vollständig polarisirt, aber auch bedeutend lichtschwächer, zum Spalte. Sieht man also von links her durch das Rohr und die Blendungen *M* hindurch nach dem lichtgebenden Spalte, so erscheint derselbe in zwei unmittelbar an einander grenzende Hälften getheilt, deren eine, die untere, heller ist und gewöhnliches Licht enthält, während die dunklere obere polarisirtes; und werden endlich beide Lichtbündel durch das Prisma in Farben zerlegt, so erhält man zwei scharf an einander grenzende, aber ungleich helle Spectren.

Der Compensationskeil *D* stellt eine etwa 2 mm dicke, 15 mm breite und 40 mm lange, durchaus ebene und gleichmäßig dicke Glasplatte vor, die aus zwei sorgfältig geschliffenen Glaskeilen, einem aus Rauchglas und einem aus Flintglas, zusammengekittet ist. Da das Rauchglas niemals ganz farblos ist, also

die Spectralfarben niemals gleichmäßig absorbirt, so hat man den Keil in den verschiedenen Spectralregionen ungleich weit vor den Spalt zu schieben, um je zwei Streifenhälften gleich hell zu machen. Dabei ist aber wohl zu bemerken, daß man die respectiven Lichtschwächungsvermögen des Keils selber durchaus nicht zu kennen braucht, insofern ja die Keildicke gar nicht als Maß bei der eigentlichen Photometrie benutzt wird. Fig. 102 dürfte den Mechanismus, durch welchen die Verschiebung geschieht, auch ohne besondere Erläuterung genugsam erkennen lassen. In der gleichen Figur sieht man auch noch eine Tronimel J , welche dazu dient, die jeweilige Breite des Spalts in Millimetern ablesen zu lassen.

Ist durch irgend ein lichtabsorbirendes Mittel das eine Spectrum an bestimmter Stelle wesentlich verdunkelt, und will man deren Helligkeit mit der Helligkeit des homologen Bezirks im anderen Spectrum vergleichen, so hat man nur den Nicol so lange zu drehen, bis beide Felder gleich hell erscheinen. Aus der Größe des Drehungswinkels kann man das Intensitätsverhältniß beider Felder leicht ableiten.

Da man es nämlich bei der Anwendung von Nicol'schen Prismen immer nur mit einem der beiden polarisirten Strahlen, dem außerordentlichen, zu thun hat, so braucht, wie Zöllner gezeigt hat, nur das sogenannte Cosinusquadratgesetz als gültig vorausgesetzt zu werden, welches aussagt, daß sich jeder der Werthe E^2 und O^2 (E bedeutet die Amplitude des außerordentlichen, O diejenige des ordentlichen Strahls) proportional den Sinus-, resp. Cosinusquadraten des Winkels φ ändert, um welchen der Nicol gedreht wird. Bezeichnet man daher die Intensität des polarisirten Lichtstrahls vor der Drehung des Nicols mit J , seine Intensität nach der Drehung des Nicols mit J' , so ist $J - J'$, d. h. die Intensität, welche der Strahl beim Durchgange durch den gedrehten Nicol verloren hat, $= \sin^2 \varphi$, und daher $J = \cos^2 \varphi$.

Ist die Verdunkelung hervorgerufen durch eine lichtabsorbirende, 1 cm dicke Flüssigkeitsschicht, und will man deren Extinctionscoefficienten erfahren, so hat man nur den Logarithmus von J' , d. h. also von der übrig gebliebenen Intensität, negativ zu nehmen. Muß z. B. in einem Falle der Nicol, bis beide Felder gleich hell erscheinen, um 52° gedreht werden, so ist der gesuchte Extinctionscoefficient: $\epsilon = -\log J' = -2 \log \cos 52^\circ = -(0,57868 - 1) = -0,42132$.

Beim Gebrauche des Apparates sind indeß noch einige besondere Regeln zu beachten. Dieselben betreffen 1) die Art der Lichtquelle, 2) den Gang der Strahlen im Apparate, wie er durch das Spiegellästchen bedingt wird, und endlich 3) die Qualität des Nicols und die genaue Feststellung des jeweiligen Drehungswinkels φ . Da die Spiegel unter dem Polarisationswinkel des Lichtes für Glas zur Achse des Collimatorrohrs gestellt sind, so ist vor allen Dingen gefordert, daß nun das Licht auch gerade unter diesem Winkel auf dieselben auffalle und nicht unter anderen. Wird aber eine leuchtende Flamme in die Nähe des unteren Spiegels gebracht, so werden begreiflicherweise, da von jedem leuchtenden Punkte der Flamme Strahlen nach allen Richtungen ausgehen, auch auf den Spiegel solche unter den verschiedensten Winkeln auffallen und von dort reflectirt werden; aber nur verhältnißmäßig wenige werden wirklich polarisirt werden und den Gang nehmen, welcher gewünscht wird. Man schaltet deswegen am besten

zwischen Spiegel und Flamme eine Linse ein, welche die von jedem einzelnen Punkte der Flamme ausgehenden Strahlen parallel macht; und zwar wird zu dem Ende die runde Petroleumflamme mit einem geschwärzten Thonmantel umgeben, der in gleicher Höhe mit dem hellsten Theile der Flamme eine Oeffnung besitzt und ein Seitenrohr trägt, in welchem die Linse verschiebbar befestigt ist. Steht die Flamme gerade im Focus der Linse, so wird der gewünschte Zweck erreicht sein; wenigstens wird dann eines der geschlossenen Bündel von Parallelstrahlen vollkommen mit der Achse des Collimatorrohrs zusammenfallen; auch werden etwaige Schwankungen in der Helligkeit des lichtgebenden Punktes sich nur als geringere Helligkeitsschwankungen einer gleichmäßig leuchtenden Scheibe bemerklich machen, und alle einzelnen Stellen der letzteren müssen, wenn sie es thun, ihre Lichtintensität immer um gleichviel und gleichzeitig ändern, so daß namentlich ein Intensitätsunterschied zwischen dem Oben und Unten nicht möglich ist.

Durch die Anwendung der beiden Spiegel wird, wie sich aus Fig. 103 ergibt, diejenige Strahlenhälfte, welche ursprünglich die untere war, noch vor dem Spalte zur oberen gemacht, und Strahlenbündel, welche ursprünglich benachbarte waren, wie o' und o'' , werden eben dadurch auseinander gerückt. Dieser letztere Umstand erleichtert nun ganz wesentlich die Aufstellung des Flüssigkeitsbehälters vor dem Apparate. Während bei Anwendung des Doppelsalzes sehr viel darauf ankommt, daß die Grenze zwischen lichtabsorbirender Flüssigkeit und Glaseinsatz genau mit der Grenze der beiden Schieber zusammenfällt, ist hier für die Einstellung jener ersteren Grenze ein bequemer Spielraum gelassen, und in keinem Falle kann die nämliche Grenze das störende Auftreten einer dicken dunklen Linie zwischen beiden Spectren veranlassen. Die Grenze zwischen den beiden Spectren bleibt hier immer der untere scharfe Rand des oberen Spiegels, der, wenn das Fernrohr A (Fig. 101) darauf eingestellt ist, stets nur als dünne, zarte Linie erscheint.

Der andere Umstand, daß Spalt und Spiegelrand nicht in einer Ebene liegen, könnte dagegen Bedenken erregen; denn stellt man das Fernrohr scharf auf den Spiegelrand ein, so werden die Spectren, wenn man aber auf den Spalt einstellt, so wird die Grenze weniger scharf erscheinen. Zahlreiche Versuche haben nun zwar gezeigt, daß man innerhalb der sonstigen Fehlergrenzen dieselben Resultate erhält, gleichgültig, ob man den einen oder den anderen Ausweg wählt. Da es indessen scheint, als ob das Gleichmachen der Helligkeit beider Felder rascher gelänge, wenn die Grenze weniger scharf markirt ist, so zieht Hüfner es vor, das Fernrohr auf einen Punkt einzustellen, der dem Spalte näher liegt, als der Spiegelgrenze.

Was nun aber die etwaige Unreinheit des Spectrums betrifft, so ist sie in der That schwerlich zu merken; denn es lassen sich selbst in dem Falle, wo man die Grenze scharf erblickt, die wichtigeren Fraunhofer'schen Linien noch deutlich erkennen. Jedenfalls ist die Forderung der Gleichartigkeit der Farbe beider Felder jederzeit streng erfüllt.

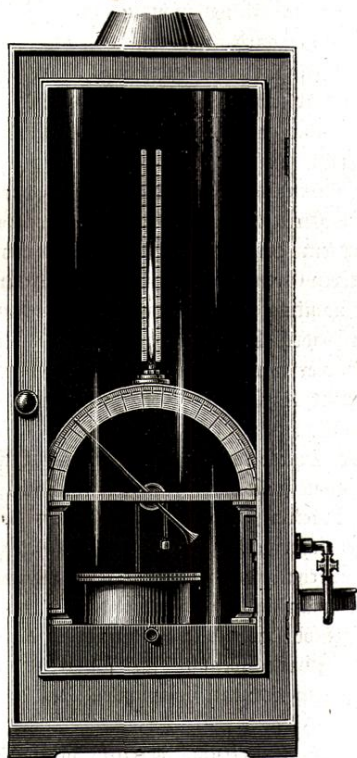
Daß auf die Auswahl des Nicols die größte Sorgfalt verwandt werden muß, ist von anderen Seiten schon oft hervorgehoben worden. Hier soll nur betont werden, daß, um den etwaigen Fehler in der Stellung des Nullpunktes zu

corrigiren, man den Nicol, bis zur Herstellung gleicher Helligkeit oben und unten, nicht bloß nach der einen, sondern jedesmal auch nach der anderen Seite zu drehen hat, und daß immer erst das Mittel aus je zwei solchen, in verschiedenen Quadranten gemachten Ablefungen als einfache Beobachtung gelten darf. —

Derartige Apparate werden nun zwar bereits vielfach und mit bestem Erfolg zur quantitativen Bestimmung der in einer Flüssigkeit gelösten Stoffe benutzt, wegen ihres hohen Anschaffungspreises und ihrer schwierigeren Behandlung aber zu praktischen Lichtmessungen nur sehr selten.

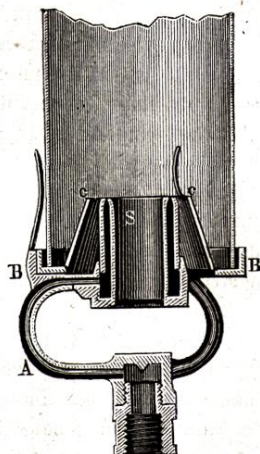
Bei der weitaus am meisten ausgeführten Lichtmessung von Leuchtgasflammen kommt es oft weniger auf völlige Genauigkeit als auf Schnelligkeit der

Fig. 104.



Bestimmung an. Für solche Zwecke ist das sogenannte Jet-Photometer von Lowe¹⁾ empfehlenswerth, welches auf der Eigenschaft der Einlochbrennerflamme beruht, daß bei gleicher Flammenhöhe der Gasverbrauch im umgekehrten Verhältniß, bei gleichem Verbrauch ihre Flammenhöhe im geraden Verhältniß zur Leuchtkraft steht. Auf einem sehr genau gearbeiteten multiplicirenden Druckmesser (s. d.) befindet sich ein Einlochbrenner

Fig. 105.



von Speckstein, dem das Gas durch einen kleinen, empfindlichen Druckregulator zugeführt wird. Das Ganze ist, wie Fig. 104 zeigt, zur Abhaltung des Luftzuges in einen Holzkasten mit Glasthür eingeschlossen. Das Ablesen der Flammenhöhe geschieht an zwei Scalen, von denen die eine an der Glasthür, die

¹⁾ Schilling: Gasbeleuchtung, S. 219.

weite auf einem emaillirten weißen Glas an der Rückseite des Kastens angebracht ist. Die Scala ist meist durch Vergleichung mit einem Bunsen'schen Photometer in Normalkerzen eingetheilt.

Nach Sugg¹⁾ kann man in entsprechender Weise den von ihm angegebenen Argandbrenner, den Fig. 105 in halber natürlicher Größe zeigt, verwenden; derselbe hat folgende Größenverhältnisse:

	engl. Zoll	Millimeter
Durchmesser der Röhren <i>A</i> , welche das Gas in den Brennerkörper führen	0,08	2,03
Außerer Durchmesser der Specksteinkammer <i>s</i>	0,84	21,33
Innerer Durchmesser derselben	0,48	12,19
Anzahl der Löcher 24		
Durchmesser der Löcher	0,045	1,14
Innerer Durchmesser des Conus <i>c</i> unten	1,5	38,10
" " " " oben	1,08	27,43
Höhe der Oberkante des Conus und des Brennerkörpers über dem Boden der Gallerie <i>B</i>	0,75	19,5
Höhe des Glaszylinders	6,0	152
Durchmesser des Glaszylinders	1,875	47

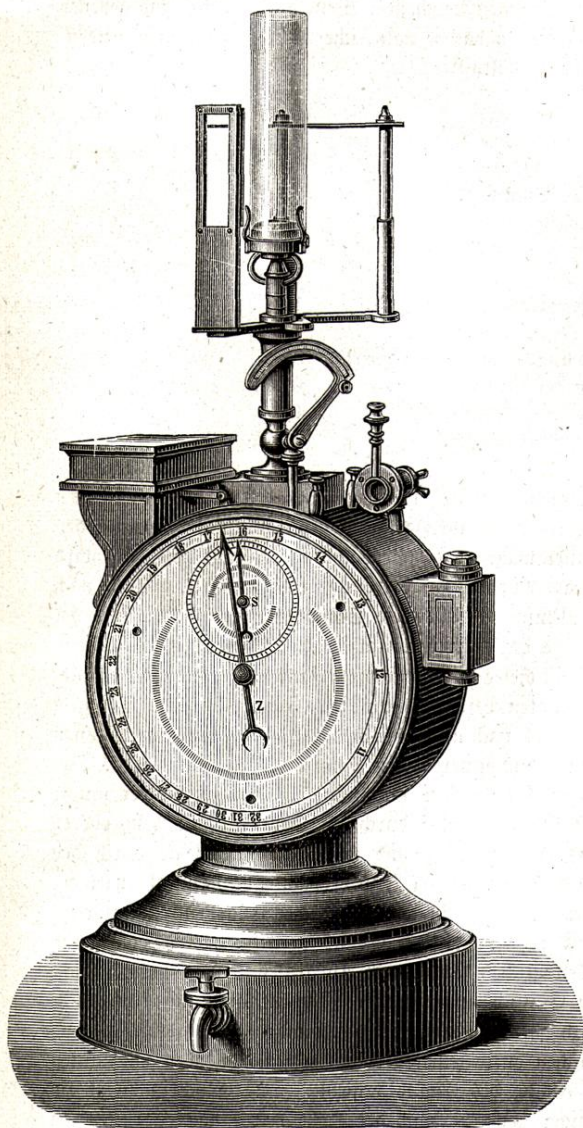
Das Sugg'sche Photometer (Fig. 106 a. f. S.) besteht nun aus einem solchen Argandbrenner auf einem genauen Gasmesser mit Regulator, welcher den Druck des Gases im Brenner während der Beobachtung constant hält. Es wird nun die Flamme auf die am Apparat angegebene Höhe eingestellt, worauf nach Beobachtung von einer Minute mittels des Secundenzeigers *s* der mit der Gasuhr verbundene Zeiger *z* die Lichtstärken in Wallrathkerzen direct angiebt.

Ganz besonders aber ist dieses Lichtmessungsverfahren von Giroud²⁾ ausgebildet. Bei seinem sogenannten Photorheometer (Fig. 107) ist die Stange *a* hohl, ebenso der Conus, der sich nach unten durch das Rohr *a'* verlängert, dessen lichter Querschnitt gleich ist dem unteren Querschnitt der Oeffnung *D*. Das Rohr *a* mündet oberhalb der Glocke *d*, *a'* taucht in Glycerin, womit der untere Theil des Raumes *E* gefüllt ist, welcher durch die Säule *M* mit dem oberen Theile *A* des Regulators verbunden ist, und in welchen das Gas durch den Hahn *L* eintritt. Der an dem Manometer *N* zu beobachtende Druck oberhalb der Glocke bleibt unveränderlich (vergl. den Abschnitt d. Buches: Gasdruckregulatoren), er wirkt durch das Rohr *a* im Innern des Conus von unten nach oben und erleichtert dadurch den beweglichen Theil des Apparates. Der veränderliche Eingangsdruck übt keinen Einfluß in senkrechter Richtung aus, mit Ausnahme des Druckes, der sich durch das Glycerin auf die Wand des Rohres *a'* ergiebt. Dieser Druck ist ausgeglichen durch jenen Druck, der sich von oben nach unten auf die correspondirende Fläche des Conus ergiebt. Das Glycerin steigt im Rohre *a'* mehr oder weniger hoch, je nach der Höhe des Eingangsdruckes, da

¹⁾ Journ. of Gasl. 1876, 161, *618; Americ. Gasl. J. 1878, *53. — ²⁾ Journ. f. Gasb. 1874, *129, 159; Technologiste 1879, *327, *372.

jedoch der Querschnitt von a' gegen denjenigen von E verschwindend klein ist, so kann man die Fläche des Glycerins in E als constant betrachten.

Fig. 106.



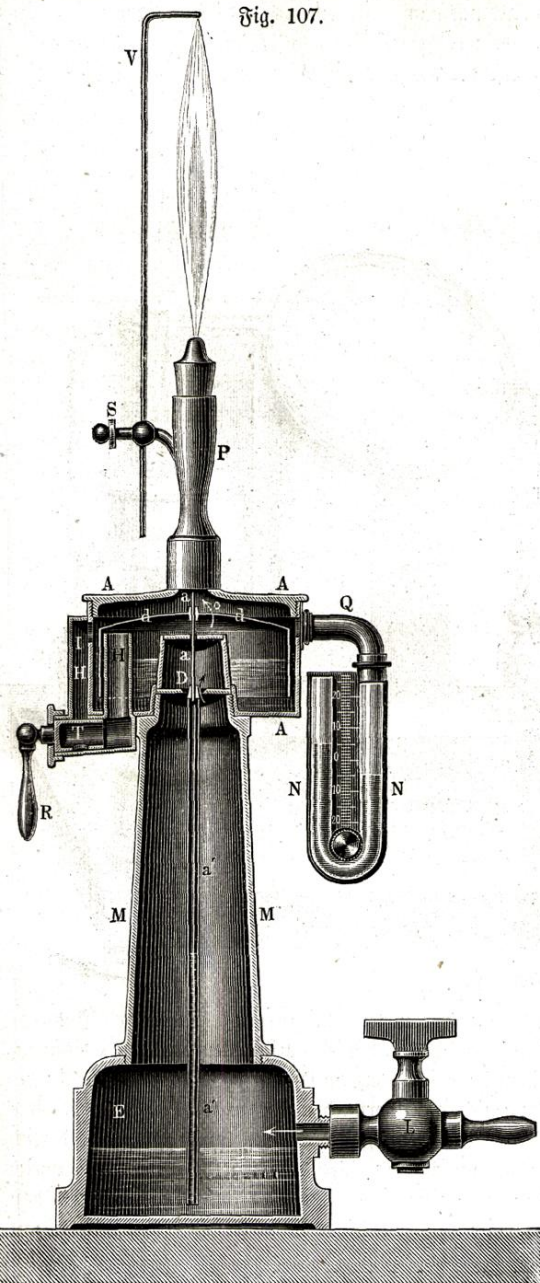
In der Stellung, in welcher die Abbildung den mit Handgriff R versehenen Hahn T zeigt, ist die Verbindung zwischen den inneren und äußeren Röhren H unterbrochen, so daß also nur durch die Oeffnung o Gas abgeht. Dreht man aber um 180° , so ist die volle Verbindung hergestellt und kann man zwischen diesen beiden Extremen jeden beliebigen Gasverbrauch herstellen. Die Größe der Oeffnung o ist so gewählt, daß sie stündlich 38 Liter Pariser Gas durchläßt. Der Einlochbrenner P auf dem Deckel giebt dann die Leuchtkraft einer Kerze, die Pariser Normallampe (S. 73) zu 7,5 Kerzen angenommen, und eine Flamme von 105 mm Höhe, welche durch den kleinen Draht V gemessen wird.

Der Apparat dient als Normalflamme, dann aber zur Prüfung der Veränderung der Leuchtkraft, indem man die Flamme in gleicher Höhe hält, worauf dann die Leuchtkraft des Gases sich umgekehrt verhält wie der Gasverbrauch.

Der in Fig. 108 (a. S. 96) dargestellte Gasprüfer besteht im Wesentlichen aus den beiden Photorheometern A und D und der Gasuhr C . Das erste Photo-

rheometer regelt den Druck, unter welchem das Gas gemessen wird, das zweite

Fig. 107.



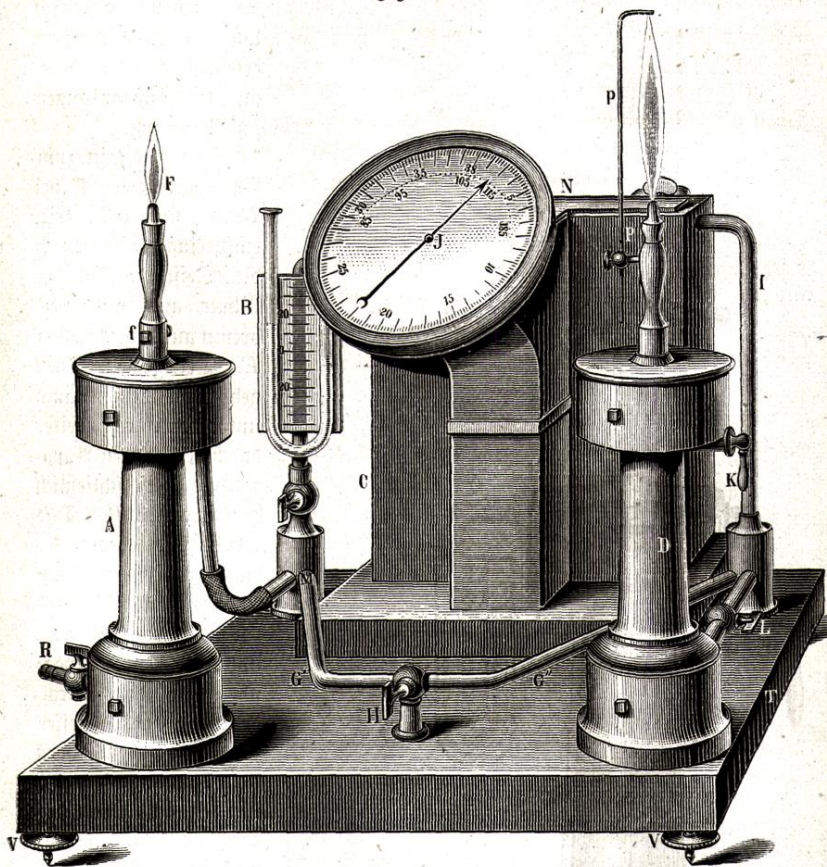
das Volumen, welches ausströmen muß, wenn das Gas normal ist. Der Meßdraht *p* an dem letztern Apparat läßt die Abweichungen erkennen, und die Gasuhr die Schwankungen im Verbrauch.

Das Gas tritt zum Photorheometer *A* bei *R* ein, und zwar tritt ein geringer Theil durch die Oeffnung in der Glocke aus und verbrennt aus dem Brenner *F*. Der größere Theil geht von dem Raum unter der Glocke weiter durch den ganzen Apparat und speist schließlich den Brenner *P*. Das

erste Photorheometer dient zur Herstellung eines constanten Druckes von 28 bis 30 mm, unter welchem die Gasuhr stets das durchgehende Gas messen soll. Zu diesem Zweck stellt man den Wechsel *f*, und ändert damit den oberhalb der Glocke wirkenden Gegendruck soweit, bis an dem Manometer *B* der gewünschte Druck angezeigt wird. Das Gas geht zum Manometer und weiter durch das Rohr *G'*, von welchem bei *M* eine Abzweigung in den Fuß der Gasuhr abgeht, um den Wasserstand in

der Uhr constant zu halten. Wenn der Hahn *H* geschlossen ist, so geht das Gas durch den Fuß in die Gasuhr, um nach entsprechender Bewegung des direct auf der Trommelachse sitzenden Zeigers durch das Rohr *I* und *L* nach *D* und zum Brenner *P* zu gelangen. Ist der Hahn *H* offen, so geht das Gas durch das

Fig. 103.



Rohr *G''* direct von einem Photorheometer zum andern. Durch den Hahn *H* kann man somit die Uhr in Gang setzen und wieder stillstellen ohne den Gasstrom zu unterbrechen. Die kleinen Ungleichheiten im Gange der Trommel, welche bei der sorgfältigsten Herstellung nicht ganz vermieden werden können, sind hier ohne Bedeutung, weil für jede Beobachtung eine ganze Trommelumdrehung erforderlich ist. Das Zifferblatt *J* trägt zunächst eine Theilung von 38 Liter, eine zweite Theilung entspricht den Erfahrungsziffern von Dumas und Regnault, so daß man die Resultate, welche man mit dem Photorheometer *D* erhält, direct mit jenen vergleichen kann, die der französische Argandbrenner von Bengel mit 30 Löchern giebt (vergl. S. 81). Die Beobachtung dauert eine Minute, die

Theilung multiplicirt die wirklich durchgegangene Gasmenge mit 60; der Draht *p* wird so gestellt, daß er von der Brenneröffnung bis zur Flammen-
spitze genau 105 mm mißt. Die Glockenöffnung läßt genau 38 Liter normales
Gas hindurch. Oeffnet man den Hahn *K* und läßt einen Zuschuß an Gas
zu, so hat man dasselbe Ergebniß, als wenn man das Loch in der Glocke und
damit die Flamme *P* vergrößert. Das Entgegengesetzte tritt ein, wenn man
den Hahn *L* schließt.

Um den Apparat in Gang zu setzen, stellt man zunächst den normalen
Druck am Manometer her. Wenn die Flammen angezündet sind, der Hahn *L*
offen und *H* geschlossen, so öffnet man den letzteren in dem Augenblicke, wo
der Zeiger auf 38 steht und arretirt dadurch die Gasuhr.

Nun kann die Beobachtung eine dreifache sein:

1. Die Flamme erreicht genau die Höhe von 105 mm; dann ist die
Leuchtkraft normal, und man hat nur zu untersuchen, ob der Verbrauch genau
38 Liter ist. Man schließt den Hahn *H* in dem Augenblick, wo eine Secunden-
uhr auf 0 steht, läßt das Gas genau eine Minute lang durch die Gasuhr
gehen, öffnet alsdann denselben Hahn, und wenn dann der Zeiger auf 38 steht,
so ist der Verbrauch normal.

2. Ist die Flamme niedriger als *p*, so öffnet man den Hahn *K* so weit,
daß man die Höhe von 105 mm erreicht, und untersucht den Verbrauch.

3. Ist die Flamme höher, dann regelt man die Höhe mittels des Hahnes
L und bestimmt ebenfalls den Verbrauch.

Die Abweichungen im Gasverbrauch entsprechen den Unterschieden in der
Leuchtkraft.

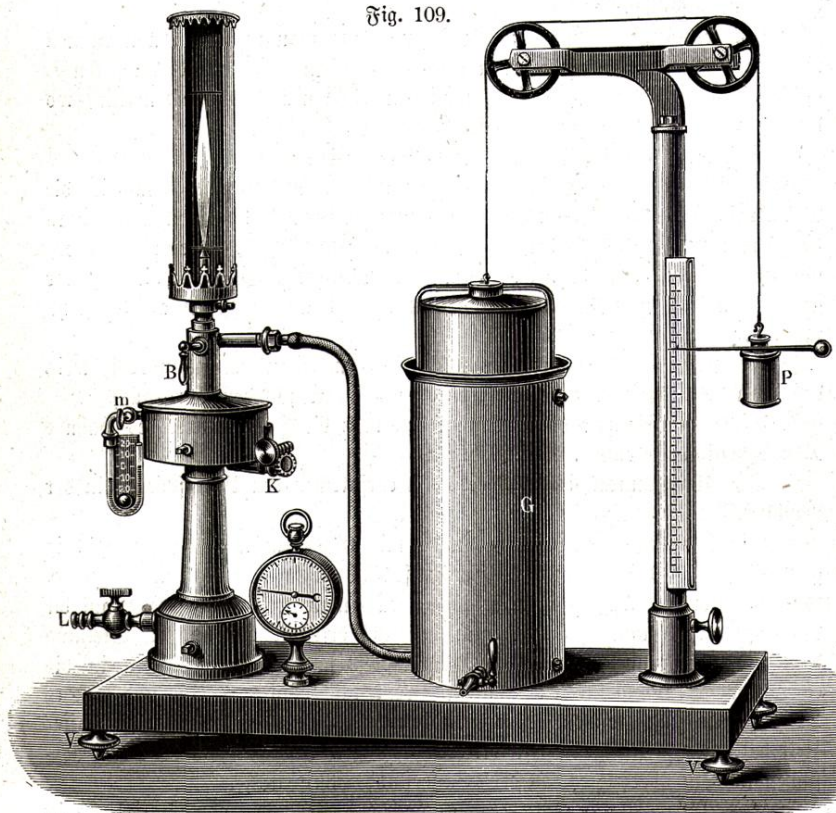
Die Füllung der Photorheometer mit Glycerin muß sehr sorgfältig
geschehen. Um die Uhr mit Wasser zu füllen, muß man sie zunächst genau
horizontal stellen, was dadurch geschieht, daß man eine Wasserwaage auf die
Messingplatte *N* aufsetzt, welche auf der Uhr befestigt ist, und die Stellung
mittels der Schrauben *V* regelt. Alsdann gießt man langsam Wasser ein, bis
es aus der Oeffnung im Fuß abfließt. Nun läßt man Gas ein, und läßt es
24 Stunden lang brennen, bevor man einen Versuch macht, damit das Wasser
Zeit hat, sich zu sättigen. In den ersten Tagen hat man sich bei den Ver-
suchen stets zu überzeugen, ob der Wasserstand richtig ist.

Der Apparat kostet 280 Francs; nach den Versuchen von Schilling ist
er für Gasbeleuchtungsanstalten empfehlenswerth.

Bei dem in Fig. 109 (a. f. S.) abgebildeten Apparat tritt das Gas eben-
falls durch ein Photorheometer in einen Einlochbrenner, dessen 105 mm hohe
Flamme von einem bis auf den dem Beobachter zugewendeten Streifen geschwärzten
Cylinderglas umgeben ist, welches eine Marke für die richtige Flammehöhe
trägt. Bei der in der Zeichnung angegebenen Stellung des Dreiweghahnes *B*
strömt das Gas aus dem Rheometer zum Brenner. Dreht man aber den
Handgriff um 90° nach rechts, so ist der Brenner abgesperrt und die Verbin-
dung mit dem Gasbehälter *G* hergestellt. Hat man nun den Durchgang des
Gases durch das Rheometer so geregelt, daß die vorgeschriebene Flammehöhe
erreicht ist, so läßt man den durch das Rheometer constant erhaltenen Gasstrom

genau eine Minute lang statt in den Brenner in den Gasbehälter *G* strömen; der Zeiger auf dem Gegengewicht *P* giebt dann das verbrauchte Gasvolumen an. Die richtige Einstellung der Flammhöhe wird mittels eines am Photorheometer befindlichen Umgangsrohres mit Mikrometerschraube *K* ausgeführt. Die Lichtstärke ergibt sich in derselben Weise, wie bei dem anderen Apparate.

Fig. 109.



Völlig abweichend von den bisher besprochenen Verfahren ist der Versuch von Siemens ¹⁾, das zwei Lichtquellen vergleichende menschliche Auge gleichsam durch den elektrischen Strom zu ersetzen, indem er die eigenthümliche Eigenschaft des krystallinischen Selen's benutzt, im Licht die Elektrizität besser zu leiten, als im Dunkeln. Durch Ausfüllung der Zwischenräume von zwei kleinen flachen Drahtspiralen mit grobkrySTALLINISCHEM Selen ist es ihm gelungen, einen photometrischen Apparat herzustellen, der unter Anwendung einer Daniell'schen Zelle hinlänglich starke Ströme giebt, um noch sehr schwache Lichtstärken durch Messung derselben mit hinlänglicher Schärfe vergleichen zu können.

¹⁾ Dingl. 1875, 217, 61; 1878, 229, 298; Poggend. 159, 117.

Am Ende eines kurzen drehbaren Rohres befindet sich das Selenpräparat; die Enden der beiden Spiraldrähte stehen mit einander durch eine Daniell'sche Zelle und den Umwindungsdraht eines Galvanometers in leitender Verbindung, so daß die Nadel abgelenkt wird. Entfernt man den Deckel des Rohres und läßt das Licht der zu messenden Flamme auf die Selen Scheibe treffen, so nimmt die Leitungsfähigkeit des Selen, entsprechend der Stärke des darauffallenden Lichtes, zu, die Ablenkung der Galvanometernadel wird also größer. Dreht man nun das Rohr so, daß es, statt auf die zu messende Flamme, auf eine Normalkerze gerichtet ist, und regelt die Entfernung derselben so, daß die Ablenkung der Nadel dieselbe wird, und dieselbe bleibt, wenn das Selen abwechselnd durch die zu messende Flamme und die Normalkerze beleuchtet wird, so ist die Lichtwirkung beider gleich und die Lichtstärken stehen mithin im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate ihrer Abstände von der Selenplatte.

Börnstein¹⁾ zeigt, daß auch Platin, Gold und Silber im Licht leitender werden; eine entsprechende Anwendung dieser Eigenschaft ist jedoch noch nicht gemacht.

Dewar²⁾ hat die elektrischen Ströme untersucht, welche durch Einwirkung des Lichtes auf verschiedene Stoffe entstehen. Danach sind die elektrischen Ströme, welche herrühren von der Wirkung des Lichtes auf bestimmte Salze, stark beim Ferro- und Ferrichalkium; von organischen Säuren ist das weinsteinsaure Uran eine der wirksamsten. Eine Mischung von seleniger und schwefliger Säure in Gegenwart von Chlornasserstoffsäure ergiebt starke Ströme unter der Einwirkung des Lichtes. Die Reihe der Substanzen, welche nachweislich chemische Zersetzungen durch Lichtwirkung erleiden, und in Folge dessen elektrische Ströme erzeugen, sind sehr groß, ob aber dieses Verhalten zu photometrischen Messungen geeignet ist, steht dahin.

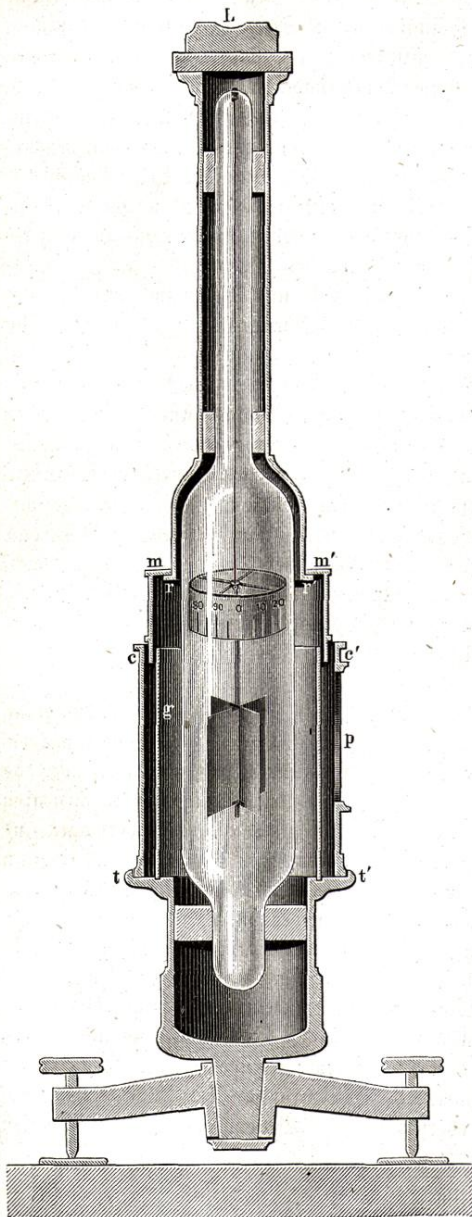
Nachträglich möge noch das während des Druckes dieser Abhandlung bekannt gewordene Scalenphotometer von Zöllner³⁾ besprochen werden. Nach Zöllner beweisen die von Crookes angestellten Untersuchungen über das Radiometer, daß zwischen Körpern in wahrnehmbaren und deshalb meßbaren Abständen lebendige Kraft in Gestalt von Molecularbewegung übertragen und hierdurch Bewegungen der strahlenden und bestrahlten Körper erzeugt werden können. Mag nun diese Uebertragung der lebendigen Kraft mit dem materiellen Träger derselben durch Emission, oder ohne denselben durch Undulation geschehen, in beiden Fällen werden an denjenigen Stellen eines Körpers, auf welche solche Strahlen treffen, moleculare Gleichgewichtsstörungen erzeugt, durch welche sich unter geeigneten Bedingungen Molecüle von der Körperoberfläche ablösen und hierdurch vermöge der mechanischen Reaction einen der Richtung des auffallenden Strahles entgegengesetzten Druck auf den Körper erzeugen. Die Größe dieses Druckes wird bei bestimmter Intensität der Bestrahlung im Allgemeinen durch die Beschaffenheit der Körperoberfläche, der Wellenlänge der auffallenden

¹⁾ Habilitationsschrift; Heidelberg 1877. — ²⁾ Proc. Roy. Soc. 27, 354. —

³⁾ Z. Zöllner: Das Scalenphotometer (Leipzig, 1879), S. 93.

Strahlen und der Beschaffenheit des umgebenden Raumes bedingt sein. Von denselben Umständen ist nun auch die physiologische Reaction unseres Auges

Fig. 110.

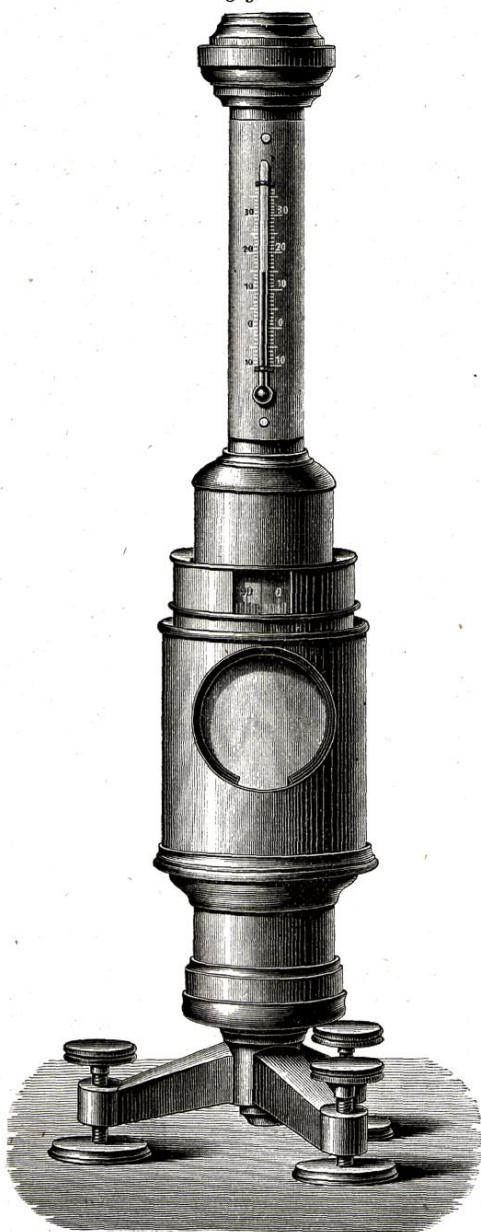


gegen Lichtstrahlen abhängig, denn die Stärke des empfundenen Lichtreizes hängt von der Reizbarkeit der Netzhaut, von der Wellenlänge der Lichtstrahlen und von der Transparenz und der Absorptionseigenschaft der wässerigen Bestandtheile des Auges ab, durch welche die Strahlen zu einem Bilde auf der Netzhaut vereinigt werden.

Wir bezeichnen für gewöhnlich mit dem Namen Licht nur die Wirkung solcher Strahlen, welche im Stande sind, durch Vermittlung der Netzhaut unsere Sehnerven zu reizen. Obwohl bei gleicher objectiver Beschaffenheit der Strahlen die Stärke dieses Reizes zwischen verschiedenen Personen Aenderungen unterworfen sind, so wird man doch unter dem Namen Lichtmesser oder Photometer stets nur solche Instrumente verstehen, durch welche man im Stande ist, quantitative Vergleiche zwischen solchen Strahlengattungen anzustellen, welche vorzugsweise unsere Netzhaut reizen. Dieser Forderung genügen nun nach Zöllner die radiometrischen Erscheinungen in luftverdünnten Räumen, und zeigen die Figuren 110 und 111 Durchschnitt und Ansicht des auf diesen Erscheinungen beruhenden Stalenphotometers. In einem Glasgefäße befindet sich an einem für die Sicher-

heit des Transportes hinreichend starken Coconfaden das aus vier Flügeln bestehende Radiometerkreuz. Was den Stoff und die Zubereitung der Flügel

Fig. 111.



betrifft, so war ein besonderes Augenmerk darauf zu richten, daß bei schnellen Temperaturerhöhungen des Instrumentes keine regressiven Bewegungen eintreten, welche bei schneller Steigerung der Temperatur auf zwei verschiedenen Ursachen beruhen. Erstens geben hierzu formelle Verschiedenheiten der beiden Seiten der Flügel (z. B. Halbschalen) oder die Neigung derselben zur Drehungsachse Veranlassung, indem hierdurch bei vorherrschender Emission der Gefäßwandungen Drehungsmomente erzeugt werden, welche unter geeigneten Umständen die Reactionswirkungen compensiren können, die durch Emissionen an den Oberflächen der beweglichen Flügel entstehen und bei photometrischen Apparaten allein als Maß für die Intensität des wirkamen Lichtes benutzt werden müssen. Zweitens können aber diese regressiven Bewegungen auch durch die Verschiedenheit des Absorptions- und Reflexionsvermögens für Wärmestrahlen der auf beiden Seiten von ebenen und parallel der Drehungsachse befestigten Radiometerflügeln entstehen. Dies ist z. B. bei blanken Aluminiumflächen der Fall,

welche einseitig mit durchsichtigen Glimmerblättchen belegt sind. Wird ein aus solchen Flügeln construirtes Radiometer von außen, z. B. mit der Hand, erwärmt, so werden die von der inneren Gefäßwand ausgehenden dunklen Wärmestrahlen von der mit Glimmer belegten Seite stärker absorbiert, als von der unbelegten Metallfläche. Durch jene Absorption erwärmt sich das Glimmerscheibchen beträchtlich schneller als die unbelegte metallische Seite der Flügel und hierdurch überwiegen bis zur Ausglei- chung der Temperatur die Emissionspro- cessen von den mit Glimmer belegten über diejenigen von den metallischen Oberflächen und es findet eine Rotation statt, welche der bei leuchtenden Strahlen entgegen- gesetzt gerichtet ist.

Es müssen folglich bei der Construction eines auf diesen Bewegungen beruhenden Photometers zur Verminderung des störenden Einflusses plötzlicher Temperaturschwankungen die ange- deuteten regressiven Bewegungen ver- mieden werden. Nach mehrfach angestellten Versuchen hat sich am zweckmäßigsten ein Radiometerkreuz von Glimmer erwiesen, dessen Flächen einseitig mit Ruß über- zogen sind. Ein solches Kreuz dreht sich sowohl unter dem Einfluß leuchtender als auch dunkler Wärmestrahlen stets nach derselben Richtung. Wenn man daher die oben erwähnten absorbirenden Stoffe anwendet, so können Compensationswirkungen der besprochenen Art die photometrischen Messungen nicht stören. Außerdem werden auch jederzeit plötzliche und große Temperaturschwankungen des Beobachtungsraumes leicht vermieden werden können, da das Instrument an einem ruhigen, vor starken Erschütterungen geschützten Orte auf- gestellt werden muß, um die Scala zur Ruhe kommen zu lassen. Letztere besteht aus einem kreisförmigen Papiercylinder, dessen Umfang in 100 Theile getheilt ist. Der Index befindet sich vor einer Oeffnung in einer cylindrischen beweg- lichen Messingkapfel, deren Rand mm' von dem darunter befindlichen vorsprin- genden Rand rr' des oberen Messingstückes getragen wird und auf demselben leicht gedreht werden kann. Da der Nullpunkt der Scala erst nach längerem Stehen des Instrumentes eine hinreichend feste Lage einnimmt, so ist die Beweg- lichkeit des Index für eine Correction des Nullpunktes erforderlich. — Ferner stellt g (Fig. 110) den Durchschnitt eines starkwandigen, auf beiden Seiten mattgeschliffenen Glas- cylinders dar, theils zur Zerstreuung des Lichtes, theils zur Absorption dunkler Wärmestrahlen. Um diesen Glas- cylinder schließt sich von außen ein Messingcylinder, der seitlich eine durch einen Deckel leicht ver- schließbare, kreisförmige Oeffnung p mit einer Platte von Milchglas oder mattem Glase trägt. Alle diese Theile ruhen frei beweglich auf der metallenen Basis tt' des Instrumentes und lassen sich nach oben leicht von dem Instrumente abheben. Am Kopfe bei L trägt das Photometer eine Dosenlibelle zur Verticalstellung. Die Zahl der Scalentheile wächst gemäß den Torsionsgesetzen proportional dem Drehungswinkel, wobei jedoch selbstverständlich darauf zu achten ist, daß nicht mehrere Umdrehungen der Scala unter dem Einflusse des directen Sonnen- lichtes stattfinden. Es ist daher durchaus nothwendig, das Instrument, wenn es nicht benutzt wird, stets mit verschlossener Oeffnung stehen zu lassen.

Da ferner die bestrahlten Flächen des Radiometers bei verschiedener Beleuchtung verschiedene Stellungen zu dem matten Glas- cylinder einnehmen, so

ist es erforderlich, für eine möglichst allseitige und gleichmäßige Beleuchtung desselben zu sorgen. Bei der photometrischen Bestimmung von Kerzen- oder Gasflammen wird dieser Bedingung am leichtesten durch gleichzeitige Beleuchtung von vier Seiten durch vier Flammen entsprochen, deren Verbindungslinien sich im Mittelpunkte des Instrumentes unter rechten Winkeln kreuzen. Bei Messungen des zerstreuten Tageslichtes, welche namentlich für Photographen von Wichtigkeit sind, kann man den äußeren Messingcylinder durch einen im Innern versilberten conischen Reflector mit nach oben gerichteter Oeffnung ersetzen. Erhält alsdann das Instrument an einem nicht der Sonne zugänglichen Ort seine dauernde Aufstellung, womöglich im Freien unter dem Schutze einer darüber angebrachten Glasglocke, so dient dasselbe dem Photographen als ein sehr nützliches Instrument zur sicheren Bestimmung der Expositionszeit. Daß die Temperatur, bei welcher die Beobachtung stattfindet, vermuthlich auf die Empfindlichkeit einen Einfluß ausüben wird — wenn auch einen für die in bewohnten Zimmerräumen vorkommenden Temperaturschwankungen praktisch zu vernachlässigenden —, scheint nach Beobachtungen über die Veränderung des Vacuums durch Erwärmung sehr wahrscheinlich. Es ist deshalb mit dem Instrumente in passender Weise ein Thermometer in Verbindung gebracht, dessen Stand bei genaueren Messungen notirt werden muß.

Im Allgemeinen ist der heutige Standpunkt der Lichtmessung noch mangelhaft und sind die bis jetzt bekannten Verfahren, die Leuchtkraft einer Flamme zu messen, längst nicht so zuverlässig, als die Wärmemessung.

Zunächst fehlt es an einer überall leicht zu beschaffenden, völlig gleichen Lichteinheit; ob das Platinlicht (S. 74) diese Lücke ausfüllen wird, müssen weitere Versuche lehren.

Sodann ist die Vergleichung zweier Lichtquellen oft sehr erschwert durch die verschiedene Farbe derselben und durch die ungleiche Empfindlichkeit der Augen verschiedener Beobachter. So findet Charpentier¹⁾, daß ein stärkeres Licht erfordert wird, um eine Gesichtsempfindung hervorzurufen, als die einmal hervorgerufene zu unterhalten, daß namentlich nach längerem Verweilen in der Dunkelheit sich das Verhältniß beider Lichtmengen selbst bis auf 1:100 erhebt.

D. E. Meyer²⁾ wandte zur Vergleichung der Farbe des Gas-, Sonnen-, Tages- und elektrischen Lichtes entweder das Verfahren von Bierordt (vergl. S. 88) an, welches aber nur bei einander nahe stehenden Helligkeiten genaue Resultate giebt, da sonst die Spectra zu unrein werden, oder aber es wurde ein Nicol'sches Prisma vor der einen Spaltheilfte fest aufgestellt, welches das von der einen Lichtquelle kommende Licht empfing. Hinter ihm stand das in einem Kreise drehbare Nicol eines Wild'schen Polarisrobometers. Der durch beide Prismen tretende Lichtstrahl trifft dann auf ein rechtwinkliges Glasprisma, das ihn in den Spectralapparat reflectirt. Die zweite Spaltheilfte wurde entweder direct oder durch Vermittlung eines zweiten rechtwinkligen Prismas von der zweiten Lichtquelle erleuchtet.

1) Compt. rend. 88, 189, 299. — 2) 31. Jhr. f. angew. Electr. 1879, 320.

Die gefundenen Zahlen enthält die folgende Tabelle; die ersten sind nach der Vierordt'schen, die anderen nach der zweiten Methode erhalten. Das Verhältniß der Helligkeiten im Gelb ist stets gleich 1 gesetzt.

	Gaslicht	Gaslicht
	Tageslicht	Elektr. Licht
Roth	1,33	1,20
Gelb <i>D</i>	1,00	1,00
Grün <i>E</i>	0,50	0,70
Blau <i>F</i>	0,50	0,65
Violett <i>G</i>	0,31	0,56 bis 0,36

	Gaslicht	Petroleumlicht	Elektr. Licht	Gaslicht
	Sonnenlicht	Sonnenlicht	Sonnenlicht	Elektr. Licht
Roth	4,07	3,29 bis 2,12	2,09	1,71 1,88
Gelb <i>D</i>	1,00	1,00	1,00	1,00 1,00
Grün <i>E</i>	0,43	0,60	0,87	0,35 0,45
Blau <i>F</i>	0,23	0,26	0,99	0,23 0,37
Violett <i>G</i>	0,15	0,15	1,03	0,08 0,13
Äußerstes Violett .	—	—	1,21	— —

Aus den obigen Zahlen ergibt sich, daß die Helligkeit der Farben im Gasspectrum im Vergleich zu der im Sonnen- oder Tageslicht und elektrischen Licht vom rothen bis zum violetten Ende des Spectrums stetig abnimmt.

Da das Sonnenlicht in den mittleren Theilen des Spectrums beträchtlich heller leuchtet als das elektrische Licht, so muß das elektrische Licht neben dem Sonnenlicht gelb erscheinen; in einem Ritchie'schen Photometer (S. 68) erschien in der That die von dem elektrischen Licht bestrahlte Fläche gegenüber der von der Sonne beleuchteten gelb wie eine Apfelsine. Es ist ferner bemerkenswerth, daß in dem Tageslicht verhältnismäßig mehr rothes und gelbes und weniger blaues und violettes Licht enthalten ist, als im Sonnenlicht.

Genaue Vergleiche wird man somit nur mit dem Spectralapparat ausführen können; sehr wünschenswerth wäre es, hiermit das Scalaphotometer von Zöllner (S. 100) zu vergleichen. Genaue Messungen sind bis jetzt nicht ausführbar; für praktische Zwecke wird man wohl vorläufig bei dem Bunfen'schen Verfahren (S. 78) stehen bleiben.