universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Encyklopaedie der Naturwissenschaften

Optik

Winkelmann, Adolph

1894

Photometrie

urn:nbn:at:at-ubi:2-7838

ROWLAND 5316·877; sie gehört keinem bekannten Elemente an. Dasselbe müsste noch leichter sein, als Wasserstoff, da es über demselben bis zur äussersten Grenze der Sonnenatmosphäre schwebt. KAYSER.

Photometrie.

Man nimmt an, dass unter gewissen Umständen die kleinsten Theilchen eines Körpers oscillatorische Bewegungen ausführen, die sich dem umgebenden Aether nach allen Seiten mittheilen. Wir sagen dann, der Körper strahlt, und können die Strahlungsmenge durch objektive Methoden (Bolometer, Thermosäule) messen. Ist die Strahlung stark genug, so empfinden wir sie als Wärme. Sind unter den ausgesandten Strahlen solche, deren Schwingungszahl zwischen zwei bestimmten Grenzen liegt, so bewirken sie auf der Netzhaut unseres Auges eine Lichtempfindung, In diesem Falle leuchtet der Körper; er bildet einen Selbstleuchter, eine Lichtquelle.

Wir bezeichnen als Gesammtlichtstärke diejenige Lichtmenge, welche eine Lichtquelle auf eine geschlossene sie umgebende Fläche sendet, als Lichtstärke (Leuchtkraft) in einer bestimmten Richtung diejenige Lichtmenge, welche die Lichtquelle in dieser Richtung auf die in ihr senkrechte Flächeneinheit sendet, wenn letztere sich in der Einheit der Entfernung befindet. In der Praxis bestimmt man gewöhnlich die Lichtstärken in bestimmter Richtung und berechnet daraus die Gesammtlichtstärke oder, was meist geschieht, die mittlere räumliche Lichtstärke $\left(= \frac{\text{Gesammtlichtstärke}}{4\pi}\right)$. Lässt sich die Lichtquelle als leuchtende Fläche auffassen und bedeutet J die Lichtstärke eines Flächenelements df in wieder zu df senkrechter Richtung, so ist die Helligkeit E in df gegeben durch $E df = J$. Unter Beleuchtungsstärke in einem seiner Lage nach gegebenen Flächenelement df versteht mau diejenige Lichtmenge, welche die in df gedachte Flächeneinheit von den ihr zugewendten Lichtquellen erhält. Die Einheit der Beleuchtungsstärke ist in einem Flächentheilchen vorhanden, wenn in ihm die Einheit der Fläche aus der Einheit der Entfernung in senkrechter Richtung mit der Einheit der Lichtstärke erleuchtet wird.

Ausser durch ihre Quantität können sich Lichtempfindungen durch ihre Qualität, durch Farbe und Sättigung, unterscheiden. Enthält Licht nur Strahlen einer Wellenlänge, so nennen wir es einfach oder homogen, enthält es Strahlen verchiedener Wellenlänge, so heisst es zusammengesetzt. Das homogene Licht ist am meisten gesättigt, zusammengesetztes Licht erkennt das Auge an seiner geringen Sättigung. Das Licht der Sonne ist am wenigsten gesättigt; wir bezeichnen es als farblos; das Licht der in der Praxis gebräuchlichen Lichtquellen ist sehr wenig gesättigt, fast farblos. Die einzelnen homogenen Bestandtheile des zusammengesetzten Lichtes erregen unsere Netzhaut keineswegs der Strahlung proportional, es giebt auch bis jetzt keine Vorrichtung, auf welche sie in derselben Weise wie auf das Auge wirken. Hieraus folgt, dass man die Stärke zusammengesetzten Lichtes im Allgemeinen nur mit Hilfe des Auges vergleichen kann.

Die Aufgabe der Photometrie ist die messende Vergleichung der Lichtstärken

und Helligkeiten, und zwar beschäftigen wir uns in diesem Kapitel mit der Messung des zusammengesetzten Lichtes. Wir nehmen vorläufig an, dass die zu vergleichenden Lichtquellen, einerlei welches die objektive Beschaffenheit ihrer Strahlen ist, entweder dieselbe Farbe haben, oder dass ihre Farben sich so wenig von einander unterscheiden, dass diese Unterschiede keine erhebliche Störung bei der Messung hervorbringen.

Mit den Selbstleuchtern theilen alle Körper, welche wir sehen, die Eigenschaft, Licht nach allen Seiten auszusenden. Aber dies Licht ist kein selbst erzeugtes, sondern von aussen auffallendes. Wir nennen diese Körper diffus reflektirende. Sie heissen weiss, wenn sie Licht aller Wellenlängen in gleicher Weise zerstreuen. Alle Körper reflektiren nur einen Theil des auf sie fallenden Lichtes diffus, das übrige wird absorbirt, gebrochen oder spiegelnd reflektirt. Da die Lichtausbreitung gut diffus zerstreuender Substanzen naturgemäss denselben Gesetzen folgen muss, wie diejenige der Selbstleuchter, so lassen sich jene genau nach denselben Methoden wie diese photometriren[1]).

Gesetze der Lichtausbreitung und Lichtschwächung.

Das Entfernungsgesetz. Ein leuchtender Punkt befinde sich im Centrum einer Kugelfläche. Dann muss alles Licht, welches er aussendet, auf diese Kugel fallen. Auf die Gesammtfläche fällt also, wenn auf dem Wege, wie wir annehmen wollen, kein Lichtverlust entsteht, dasselbe Quantum Licht, welchen Durchmesser auch die Kugel haben möge. Auf ein Flächenelement df einer Kugel mit dem Radius 1 falle die Lichtmenge Jdf, dann wird auf ein gleichgrosses Flächenelement einer Kugel mit dem Radius r die Lichtmenge $\frac{Jdf}{r^2}$ fallen, da eine Fläche, welche dasselbe Lichtquantum erhält, wie im ersten Falle, r^2mal so gross ist. Denken wir uns also auf einer durch die punktförmige Lichtquelle gezogenen Geraden ein zu ihr senkrecht stehendes diffus reflektirendes Flächenelement verschoben, so ist die Beleuchtungsstärke auf diesem, wenn r der Abstand zwischen Lichtquelle und Flächenelement ist, $\frac{J}{r^2}$. Die Beleuchtungsstärke nimmt also umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung von der Lichtquelle ab.

Die Lichtquelle bestehe nun aus vielen leuchtenden Punkten mit den Lichtstärken in beliebiger Richtung J_1, J_2, J_3, J_4 . . . . . Wir bestimmen die Beleuchtung eines Punktes A, dessen Abstände von J_1, J_2 . . . bezw. r_1, r_2 . . . seien. Ausserhalb der Lichtquelle soll sich kein lichtschwächendes Medium befinden; innerhalb derselben aber kann ein leuchtender Punkt die Lichtausbreitung des anderen stören. Es möge dadurch das von J_1 nach A gelangende Licht im Verhältniss α_1, das von J_2 nach A gelangende Licht im Verhältniss α_2 geschwächt werden und so fort. Dann ist die Beleuchtung im Punkt A:

$$\frac{\alpha_1 J_1}{r_1^2} + \frac{\alpha_2 J_2}{r_2^2} + \ldots\ldots$$

Nun sei A soweit von der Lichtquelle entfernt, dass die Unterschiede zwischen r_1, r_2 . . . und dem Abstand r eines Punktes mitten in der Lichtquelle von A zu vernachlässigen sind, dann wird die Beleuchtungsstärke in A:

[1]) Eine recht umfangreiche Literaturübersicht bis zum Jahre 1886, die namentlich die technische Photometrie berücksichtigt, findet sich in H. Krüss, die elektro-technische Photometrie. Wien 1886. — Eine ausführliche Behandlung der Photometrie giebt A. Palaz in Traité de Photométrie industrielle. Paris 1892.

$$\frac{\alpha_1 J_1 + \alpha_2 J_2 + \ldots -}{r^2}$$

sein. Man kann also das Entfernungsgesetz auch auf ausgedehnte Lichtquellen anwenden, wenn die Entfernung nur gross genug ist. Die Grössen α werden je nach der Richtung, in welcher die Lichtquelle strahlt, verschieden sein können. Wenn man also eine Lichtquelle, die nicht völlig gleichmässig um einen Punkt angeordnet ist, photometrisch untersucht, so muss man ihre Lichtstärke für jede Richtung besonders bestimmen. Die Grösse $\alpha_1 J_1 + \alpha_2 J_2 + \ldots$ ist die Lichtstärke der Lichtquelle in der untersuchten Richtung.

Das Cosinusgesetz. Die Sonne können wir in roher Vorstellung als eine Kugel auffassen, deren Oberfläche nach allen Richtungen nahezu gleich viel Licht aussendet, unserem Auge erscheint sie als eine gleichmässig leuchtende Fläche. Projiciren wir also die uns zugewandte Hälfte der Sonnenoberfläche auf eine Ebene, die zur Verbindungslinie zwischen unserem Auge A und dem Sonnenmittelpunkt M senkrecht steht, so gelangen durch gleiche Flächenstücke dieser Projection gleiche Lichtmengen in unser Auge. Diejenige Lichtmenge, welche ein Flächenstückchen df der Sonnenoberfläche in der Richtung MA ausstrahlt, ist also proportional der Projection von df auf jene Ebene. Bildet das Loth in df mit AM den Winkel α, so ist $df \cos \alpha$ diese Projection, mithin wenn Edf die von df in senkrechter Richtung gestrahlte Lichtmenge bedeutet, die von df in der Richtung AM entsendete Lichtmenge $Edf \cos \alpha$. Der Winkel α, d. h. der Winkel, welchen das in einem leuchtenden Flächentheilchen errichtete Loth mit Ausstrahlungsrichtung bildet, heisst der Ausstrahlungs- oder Emanationswinkel. Es ist also die von einem leuchtenden Flächenelement ausgestrahlte Lichtmenge dem Cosinus des Emanationswinkels proportional.

Das Cosinusgesetz ist von Lambert in seiner Photometria (Wien 1760) auf Grund der Thatsache, dass die Sonne als gleichmässig leuchtende Scheibe erscheint, aufgestellt worden, auch Beer (Grundriss des photometrischen Calcüls, Braunschweig 1854) weiss es nicht anders[1]) zu beweisen als aus der »Thatsache«, dass eine glühende Kugel in jeder Lage als gleichmässig leuchtende Scheibe erscheint. Mit wissenschaftlichen Hilfsmitteln experimentell geprüft ist das Gesetz von Möller[2]), der zwei gleiche, durch denselben elektrischen Strom geglühte Platinstreifen, von denen er den einen senkrecht, den anderen unter verschiedenen Winkeln ausstrahlen liess, photometrisch verglich. Er benutzte ein von ihm etwas modificirtes Wild'sches Photometer und untersuchte die Ausstrahlung zwischen 0 und 80° von 10 zu 10°. Die gefundenen Abweichungen (bis 3 %) sind so gering, dass sie auf Beobachtungsfehler geschoben werden können. Freilich hätte man wegen der spiegelnden Oberfläche der Platinstreifen Abweichungen vom Cosinussatz erwarten dürfen.

Für strahlende Wärme, die ja ihrem Wesen nach mit dem Licht identisch ist, haben Leslie[3]), Melloni[4]), Angström[5]), Godard[6]) das Cosinusgesetz geprüft. Melloni scheint nur flüchtige Versuche angestellt zu haben, Leslie findet für

---

[1]) Die theoretischen Herleitungen des Cosinussatzes von Lambert und Beer haben keinen Werth.

[2]) Photometrische Untersuchungen, Inaug.-Diss. Berlin 1884; Elektrol. Ztschr. 5, pag. 370. 1884; Wied. Ann.

[3]) Experimental inquiry into the nature and propagation of heat. London 1804.

[4]) Pogg. Ann. 65.

[5]) Wied. Ann. 26, pag 253. 1885.

[6]) Ann. de chim. et phys. (6) 10, pag. 354. 1887.

grosse Ausstrahlungswinkel Fehler von 5 bis 10%, die er allerdings der Versuchsanordnung zuschreibt. Die beiden letzteren Beobachter fanden das Gesetz nur annähernd richtig.

Theoretisch hat zuerst FOURIER[1]) das Cosinusgesetz für Wärmestrahlung hergeleitet, indem er berücksichtigte, dass auch die tieferen Schichten eines Körpers strahlen. Diese Herleitung ist dann von ZÖLLNER[2]) auf die Lichtstrahlung übertragen worden. Eine strenge Begründung des Cosinussatzes giebt aber erst LOMMEL[3]), indem er von ähnlichen Betrachtungen wie FOURIER ausgeht. Er nimmt an, dass jedes Volumenelement nach allen Seiten gleichmässig Licht ausstrahlt, welches aber durch die umgebenden Volumenelemente nach dem Absorptionsgesetz geschwächt wird.

Für die Lichtstrahlung durch ein Flächenelement df unter dem Ausstrahlungswinkel ε werden alle in Betracht kommenden Strahlen in einem Cylinder verlaufen, welcher gebildet wird, indem man durch alle Punkte des Umfangs von df Parallelen zur Ausstrahlungsrichtung zieht. Theilt man diesen Cylinder durch zu df parallele Flächenstücke in Volumenelemente, so wird dasjenige, welches in der Tiefe r unter der Oberfläche liegt, ausgedrückt sein durch $df \cdot dr \cos \varepsilon$. Nehmen wir nun an, dass ein Volumenelement dv nach allen Richtungen die Lichtmenge Edv ausstrahlt, so ist diejenige, welche aus dem betrachteten Volumenelement durch df aus dem Körper herausstrahlt:

$$Edfdr \cos \varepsilon e^{-kr},$$

wenn k den Extinctionscoëfficienten bedeutet. Hat man es nun mit einem undurchsichtigen Körper zu thun, d. h. mit einem solchen, bei dem ein sich in ihm fortpflanzender Lichtstrahl schon nach Durchlaufung einer sehr kurzen Strecke ρ ausgelöscht wird, so ist die gesammte in der betrachteten Richtung durch df ausgestrahlte Lichtmenge:

$$Edf \cos \varepsilon \int_0^\rho e^{-kr dr} = \frac{E}{k} df \cos \varepsilon (1 - e^{-k\rho}),$$

oder, da $Ee^{-k\rho}$ nach unserer Annahme verschwindend klein ist,

$$df \frac{E}{k} \cos \varepsilon.$$

Da $df \frac{E}{k}$ die von df in senkrechter Richtung ausgestrahte Lichtmenge bedeutet, so ist damit das Cosinusgesetz für undurchsichtige Körper bewiesen.

Für nicht undurchsichtige, aber absorbirende Körper hat man über die ganze Dicke, also etwa von 0 bis R zu integriren und erhält dann, da e^{-kR} nicht 0 wird, an Stelle von $\cos \varepsilon$.

$$\cos \varepsilon \frac{1 - e^{-k \frac{k}{\cos \varepsilon}}}{1 - e^{-kR}}.$$

Bei dieser Ableitung ist auf die Oberflächenbeschaffenheit keine Rücksicht genommen. Sie wird deshalb zunächst nur für nicht spiegelnde Oberflächen als gültig anzusehen sein.

Auch für diffus zerstreuende Objekte nimmt man im Allgemeinen das Cosinusgesetz an. Dass es in roher Annäherung gelten wird, kann man daran sehen, dass eine Gypsplatte oder ein mattes Papierblatt aus verschiedenen

---

[1]) Ann. de chim. et de phys. 6, pag. 259. 1817; 27, pag. 236. 1824; POGG. Ann. 20, pag. 375. 1824.

[2]) Photometrische Uutersuchungen. Leipzig 1865.

[3]) WIED. Ann. 10, pag. 449. 1880.

Richtungen angesehen, nicht verschieden hell erscheint. Bei genauerer Betrachtung zeigen sich aber erhebliche Abweichungen. So finden denn auch alle Beobachter, welche mit einiger Genauigkeit das Gesetz für mannigfache diffus reflectirende Körper geprüft haben, (BOUGUER[1]), KANONOWITSCH[2]), SEELIGER[3]), MESSERSCHMIDT), mehr oder weniger erhebliche Abweichungen, so dass man annehmen muss, dass es keine derartige Substanz giebt, welche genau nach dem Cosinusgesetz reflectirt. SEELIGER setzt deshalb für diffus zerstreuende Substanzen anstatt des Cosinusgesetzes die Formel

$$\frac{\cos \varepsilon}{\mu \cos i + \cos \varepsilon},$$

wo i den Einfallswinkel und μ den Absorptionscoëfficienten der Substanz bedeutet. Nach der von MESSERSCHMIDT[4]) vorgenommenen Prüfung stimmt aber auch diese Formel nicht mit den Beobachtungen.

Recht eingehend hat LOMMEL[5]) die diffuse Reflection theoretisch untersucht, indem er ähnlich wie bei selbstleuchtenden Objekten vorgeht, aber ausser dem Extinctionscoëfficienten k noch das Diffusionsvermögen l einführt, womit er den Bruchtheil der auffallenden Lichtmenge bezeichnet, welche ein Volumenelement nach allen Seiten gleichmässig zerstreut. Die Rechnungen werden dadurch viel complicirter als die früheren, dass auch dasjenige Licht in Betracht gezogen werden muss, welches ein Volumenelement von den umliegenden durch Diffusion erhält. Das Gesetz, welches LOMMEL an Stelle des Cosinusgesetzes aufstellt, ist denn auch recht complicirt. Wir können die Formel umsomehr hier fortlassen, als auch sie, wie LOMMEL selbst und später MESSERSCHMIDT gezeigt haben, die Thatsachen nicht genau wiedergiebt. Volle Gültigkeit des einfachen Cosinusgesetzes findet nach LOMMEL nur in dem idealen Falle statt, dass ein absolut weisser Körper von allen Seiten gleichmässig beleuchtet wird.

Zu erwähnen ist an dieser Stelle noch der von LAMBERT eingeführte Begriff des Albedo, womit diejenige Lichtmenge bezeichnet wird, welche eine diffus reflektirende Fläche bei senkrechter Bestrahlung nach allen Seiten aussendet. Für unsere sogen. weissen Körper ist die Albedo nach Versuchen von LAMBERT etwa 0·4. SEELIGER bezeichnet unter Albedo, um diesen Begriff vom Einfallswinkel, der bei den in der Praxis vorkommenden diffusen Körpern von erheblichem Einfluss ist, unabhängig zu machen, diejenige Lichtmenge, welche eine Fläche diffus zerstreut, wenn sie von allen Seiten beleuchtet wird.

Das durchgehende Licht diffus zerstreuender Substanzen ist von CROVA[6]) und CHWOLSON[7]) experimentell untersucht worden.

Unter Annahme des Cosinusgesetzes erhält man die Beleuchtung eines Flächenelementes df' durch ein anderes df, welches sich in einer Entfernung r von jenem befindet, wenn e der Ausstrahlungswinkel und i der Einfallswinkel ist, d. h. der Winkel, unter dem die Strahlen auf das Element df fallen, durch:

$$q = \frac{E \cdot df\, df' \cos e \cos i}{r^2},$$

---

[1]) Traité d'optique. Paris 1729.

[2]) Schriften d. math. Abth. d. neuruss. naturf. Ges. 2, 1879; Fortschr. d. Phys. 35, pag. 430. 1879.

[3]) Vierteljahrsschr. der astron. Ges. 20, pag. 111 u. 267. 1885; 21, pag. 216. 1886.

[4]) WIED. Ann. 34, pag. 867. 1888.

[5]) WIED. Ann. 36, pag. 473.

[6]) Ann. de chim. et phys. (6) 6, pag. 342.

[7]) Bull. de l'Ac. Imp. des Sc. de St. Petersb. 31, pag. 213; Mélanges phys. et chim. 12, pag. 475. 1886.

wo E die von df in senkrechter Richtung ausgesandte Lichtmenge bedeutet. Diese Formel bildet die gewöhnliche Grundlage der sogen. theoretischen Photometrie; aus ihr bestimmt man durch Integration die Beleuchtung eines beliebig gestalteten Körpers durch einen anderen. Die sich bietenden, grösstentheils nur für den Astronomen wichtigen Probleme, sind von BEER, GÜNTHER[1]), BURMESTER u. a. behandelt worden.

Erwähnt sei hier noch der von v. BEZOLD[2]) und in neuester Zeit von EBERT[3]) gemachte Vorschlag, in die theoretische Photometrie die Behandlungsweise der Potentialtheorie einzuführen. Die Lichtmenge, welche ein Flächenelement df am Orte x, y, z erhält, wenn es resp. zu der x-, y-, z-Axe senkrecht steht, lässt sich nämlich ausdrücken durch:

$$df\frac{\partial\sum\frac{i}{r}}{\partial x},\quad df\frac{\partial\sum\frac{i}{r}}{\partial y},\quad df\frac{\partial\sum\frac{i}{r}}{\partial z},$$

wo i die Lichtstärke eines leuchtenden Punktes, r seinen Abstand von df bedeutet und die Summation sich nur über die Lichtpunkte erstrecken darf, welche zur Beleuchtung beitragen können. Für die Function $\sum\frac{i}{r}$ schlägt EBERT die Bezeichnung Luminal vor.

Von den Gesetzen der Schwächung des Lichtes, die bei den üblichen photometrischen Arbeiten Verwendung finden, ist hier nur eins physiologischer Natur, das sogen. TALBOT'sche Gesetz anzuführen; die übrigen, welche die Lichtschwächung durch absorbirende Substanzen, durch Reflection an spiegelnden Flächen, durch Linsen und durch NICOL'sche Prismen angeben, werden an anderen Stellen zu besprechen sein.

Das TALBOT'che Gesetz[4]) spricht von HELMHOLTZ[5]) folgendermaassen aus: Wenn eine Stelle der Netzhaut von periodisch veränderlichem und regelmässig in derselben Weise wiederkehrendem Lichte getroffen wird, und die Dauer der Periode hinreichend kurz ist, so entsteht ein continuirlicher Eindruck, der dem gleich ist, welcher entstehen würde, wenn das während einer jeden Periode eintreffende Licht gleichmässig über die ganze Dauer der Periode vertheilt würde.

Experimentelle Prüfungen haben in den meisten Fällen [v. HELMHOLTZ, PLATEAU, E. WIEDEMANN und MESSERSCHMIDT[6]), O. LUMMER und E. BRODHUN[7])] die Giltigkeit der Gesetze ergeben. Nur BRÜCKE[8]) und FICK[9]) haben Abweichungen gefunden.

In der Photometrie wendet man das Gesetz gewöhnlich an, indem man in den Gang der Lichtstrahlen eine rotirende, undurchsichtige Kreisscheibe mit ausgeschnittenen Sectoren bringt. Die Stärke des hindurchgelassenen Lichtes ist dann der Grösse der Sectoren proportional. Hat die Scheibe nur einen Aus-

---

[1]) Studien zur theoretischen Photometrie. Erlangen 1872.

[2]) POGG. Ann. 141, pag. 91. 1870.

[3]) Tageblatt der 62. Versamml. Deutscher Naturforscher u. Aerzte, pag. 200. 1890.

[4]) Phil. Mag. (3) 5, pag. 321. 1834.

[5]) Handb. d. physiol. Optik, 1. Aufl., pag. 339. 1867.

[6]) WIED. Ann. 34, pag. 463. 1888.

[7]) Verhandl. d. Phys. Ges. in Berlin. 1890. No. 13.

[8]) MOLESCHOT's Untersuchungen 9, pag. 367. 1834.

[9]) DU BOIS, Archiv, pag. 739. 1863.

schnitt, so muss sie bei heller Beleuchtung etwa 30 Umdrehungen in einer Secunde machen, damit das Licht dem Auge nicht intermittirend erscheint.

Die Photometer.

Für die Messung des Lichtstärkenverhältnisses zweier Lichtquellen bestimmte Apparate heissen Photometer. Man kann an jedem Photometer naturgemäss eine Einrichtung zur Helligkeitsvergleichung und eine solche zur messbaren Schwächung des Lichtes unterscheiden. Die letztere beruht auf einem der angeführten Gesetze der Lichtausbreitung und -schwächung. Sie fehlt bisweilen, wo das Entfernungsgesetz zu Grunde gelegt wird, da hier jeder Maassstab ihre Stelle vertreten kann. Die erstere besteht gewöhnlich aus zwei diffus leuchtenden Flächenstücken, deren jedes von einer der beiden Lichtquellen beleuchtet wird und welche so angebracht sind, dass das Auge die Helligkeitsgleichheit beider möglichst genau beurtheilen kann. Für die gemeinsame Helligkeit der Felder kann man dann eine Gleichung aufstellen, aus der sich das gesuchte Lichtstärkenverhältniss bestimmen lässt.

Dass das Auge im Stande ist, zu beurtheilen, wann zwei beleuchtete diffuse Flächenstücke gleich hell sind, ist bekannt. Diese Fähigkeit ist am grössten, wenn die beiden Flächenstücke unmittelbar in einer scharfen Grenze aneinander stossen, derart dass in dem Moment, wo beide wirklich gleich hell sind, diese Grenze nicht zu sehen ist, man eine gleichmässig beleuchtete Fläche vor sich hat. Die Empfindlichkeit des Auges gegen Helligkeitsunterschiede unter diesen günstigsten Bedingungen, d. h. der Bruch, um welchen die Helligkeit des einen Feldes vermehrt oder vermindert werden muss, damit das Auge einen Unterschied eben wahrnimmt, wird sehr verschieden hoch angegeben (BOUGUER $\frac{1}{64}$, FECHNER $\frac{1}{100}$, ARAGO $\frac{1}{131}$, MUSSON bis $\frac{1}{120}$, HELMHOLTZ bis $\frac{1}{150}$[1]), KÖNIG und BRODHUN[2]) bis 0·016). Nach dem WEBER-FECHNER'schen Gesetz soll er constant, d. h. von der absoluten Grösse der Helligkeit unabhängig sein. In der That gilt dies Gesetz aber nur für einen verhältnissmässig kleinen Bereich und zwar bei einer mittleren Helligkeit. Bei sehr grosser und bei geringer Helligkeit wird die Empfindung kleiner.

Mit einer grösseren (etwa 2mal so grossen) Empfindlichkeit, als bei der Beurtheilung der Helligkeitsgleichheit auftritt, vermag das Auge anzugeben, wann zwei symmetrisch liegende beleuchtete Felder aus ihrer ebenfalls beleuchteten Umgebung gleich hell oder dunkel hervortreten. Bei dieser Einstellung auf gleiche Helligkeitskontraste gelten für die günstigste Lage der Felder zu ihrer Umgebung dieselben Bestimmungen wie oben. Auch hier gilt das WEBER-FECHNER-sche Gesetz mit der angegebenen Einschränkung. Ausserdem aber zeigt sich hier eine Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Stärke des Kontrastes; und zwar ist die Empfindlichkeit im Allgemeinen um so grösser, je kleiner der Contrast ist. Indessen wird bei zu kleinem Kontrast (unter 3 % bei einigermaassen grosser Helligkeit) das Auge zu sehr angestrengt und dadurch die Einstellung unsicher.

Wir gehen zur Beschreibung der bekanntesten Photometer über.

Das BOUGUER'sche[3]) Photometer (Fig. 426). Die beiden zu vergleichenden Lichtquellen L_1 und L_2 deren Lichtstärke bezw. J_1 und J_2 seien, beleuchten

---

[1]) Handb. d. physiol. Optik, pag. 311. 1867.

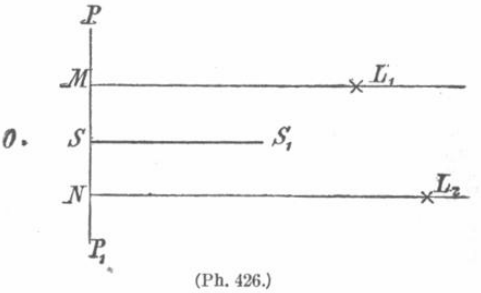
[2]) Sitzungsber. der Berl. Akademie 32, pag. 641. 1889.

[3]) Traité d'Optique sur la gradation de la lumière. Paris 1760.

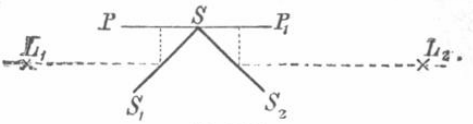
eine vertikale, durch PP_1 angedeutete Platte. Durch die Scheidewand SS_1 wird bewirkt, dass das Stück PS nur von L_1, das Stück P_1S nur von L_2 beleuchtet wird. Wenn dem Beobachter PS und P_1S gleich hell erscheinen, so findet sich das gesuchte Lichtstärkenverhältniss aus der Gleichung:

$$\frac{J_1}{L_1M^2} = \frac{J_2}{L_2N^2},$$

wo L_1M und L_2N die Lothe auf PP_1 sind. Hierbei muss freilich Sorge getragen werden, dass der Helligkeitsunterschied zwischen M bezw. N und S so klein ist, dass er nicht in Rechnung gezogen zu werden braucht. Zur Ermöglichung der Einstellung muss L_1 oder L_2 in der Richtung ML_1 oder NL_2 verschiebbar sein. Ist die Platte PP_1 durchscheinend, so geschieht die Beobachtung von O aus. Wenn man SS_1 ein wenig von PP_1 abrückt, kann man bewirken, dass die beiden beleuchteten Felder aneinander grenzen. (FOUCAULT'sches Photometer.) Befinden sich an Stelle von SS_1 zwei gleichartige unter 45° gegen PP_1 geneigte Spiegel SS_1 und SS_2, so kann man die Lichtquellen in einer Geraden L_1L_2 verschieben. (RITSCHIE'sches Photometer, Fig. 427). In der Regel benutzt man besonders hierzu eingerichtete Bänke, auf denen mittelst Schlitten oder Wagen die Lichtquellen und das Photometer beweglich aufgestellt werden können. Solche gerade Photometerbänke tragen dann eine Theilung, während jeder Wagen oder Schlitten mit einem Index versehen ist.



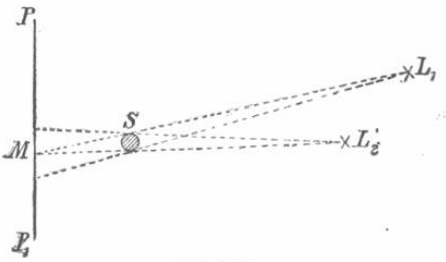
(Ph. 426.)



(Ph. 427.)

Ersetzt man SS_1 und SS_2 durch matte undurchsichtige Flächen, so fällt die Platte PP_1 ganz fort. In jedem Falle thut man gut, das Auge derartig zu schützen, dass es nur die zur Beobachtung dienenden Felder sieht.

Das sogen. RUMFORD'sche[1]) Photometer (Fig. 428) wurde schon von LAMBERT angegeben. Die diffuse vertikale Platte PP_1 wird von L_1 und L_2 derartig beleuchtet, dass die durch den undurchsichtigen vertikalen Stab entstehenden Schatten in M unmittelbar aneinander grenzen. Die Schatten bilden hier die beiden Felder, auf deren gleiche Helligkeit eingestellt wird. Wenn man zur Berechnung das Entfernungsgesetz von M aus anwenden will, muss man Sorge tragen, dass das Licht von beiden Lichtquellen unter demselben Winkel auffällt.



(Ph. 428.)

Das BUNSEN'sche Fettfleckphotometer ist in Deutschland, England und Amerika am meisten in Gebrauch. Es besteht in seiner einfachsten Form aus einem Papierblatt mit einem in seiner Mitte durch Paraffin, Wallrath, Oel oder dergl. erzeugten Fettfleck, welches auf einer geraden Photometerbank senkrecht zur Axe der Bank angebracht ist. Der Fleck (das eine Vergleichsfeld) unterscheidet sich dadurch vom nicht gefetteten Papier (dem anderen Vergleichsfeld),

[1]) Philos. Trans. 84, pag. 67.

dass das diffuse Licht, welches jener aussendet, hauptsächlich durchgelassenes ist, während das Papier zum grössten Theil reflektirtes Licht ausstrahlt. Man sucht diejenige Stellung des Papierschirmes zwischen den Lichtquellen, wo der aus einer schrägen Richtung (etwa von links her) betrachtete Fettfleck verschwunden ist; d. h. wo von Fleck und Papier gleichviel Licht ins Auge gelangt. Will man die Berechnung am einfachsten gestalten, so misst man nach der Substitionsmethode; d. h. man nimmt eine dritte, längere Zeit constante Lichtquelle zu Hilfe, die man in constanter Entfernung vom Photometerschirm lässt. Auf die andere Seite der Bank setzt man dann nach einander die beiden Lichtquellen und verschiebt sie, bis der Fleck verschwunden ist. Das gesuchte Lichtstärkenverhältniss ergiebt sich dann nach dem Entfernungsgesetz.

Will man ohne Zwischenlicht arbeiten, so kann man das Verhältniss von L_1 und L_2 durch 2 Beobachtungen erhalten, indem man einmal von rechts her und dann von links her unter dem gleichen Winkel auf den Schirm blickend auf Verschwinden des Flecks einstellt.

Von dem auf die Einheit der linken Schirmseite auffallenden Licht gelange durch Reflexion vom Papier der Bruchtheil M, vom Fettfleck der Bruchtheil M' ins Auge, von dem auf die Einheit der Schirmseite auffallenden Lichte treffe das Auge nach Durchdringung des Schirmes vom Papier her der Bruchtheil T, vom Fleck der Bruchtheil T'. Sind dann J_1 und J_2 die Lichtstärken von L_1 (der linken) und L_2 (der rechten Lichtquelle) und bedeutet r_1 die Entfernung zwischen Schirm und L_1, r_2 diejenige zwischen Schirm und L_2 bei der ersten Beobachtung, so ist die gemeinsame Helligkeit von Papier und Fettfleck[1]):

$$\frac{J_1}{r_1^2} M + \frac{J_2}{r_2^2} T = \frac{J_1}{r_1^2} M' + \frac{J_2}{r_2^2} T';$$

also ist

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{T' - T}{M - M'} \frac{r_1^2}{r_2^2}.$$

Beziehen sich r_1' und r_2' auf die zweite Beobachtung (von rechts her) und verhält sich die rechte Schirmseite wie die linke, so ist:

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{M - M'}{T' - T} \frac{r_1'^2}{r_2'^2}$$

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{r_1 r_1^1}{r_2 r_2^1}.$$

Gewöhnlich beobachtet man den Fettfleck nach Angabe von Rüdorf oder Elster mit Hilfe der Spiegel a und b, welche zu beiden Seiten des Schirmes unter gleichen Winkeln angebracht sind. In diesem Falle sieht das beobachtende Auge zugleich beide Seiten des Flecks in den Spiegeln. Diese Anordnung ist durch Anwendung von brechenden (v. Hefner-Alteneck) oder totalreflektirenden Prismen (Krüss) oder von totalreflektirenden Prismen in Verbindung mit Linsen (Schmidt und Hänsch) modificirt worden.

Bei gleichzeitiger Beobachtung beider Schirmseiten wird das Bunsen'sche Photometer nicht für Einstellung auf Verschwinden des Flecks (als Gleichheitsphotometer), sondern als Kontrastphotometer benutzt, indem auf gleich helles oder gleich dunkles Hervortreten der beiden Fettfleckbilder aus ihrer Umgebung eingestellt wird. In diesem Falle geschieht also eine Messung durch eine Beobachtung, und das gesuchte Lichtstärkenverhältniss ist gleich dem der Quadrate der Entfernungen zwischen den Lichtquellen und dem Schirm.

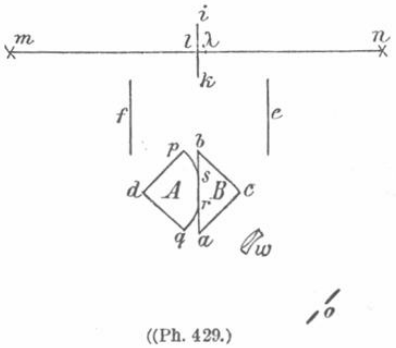
---

[1]) s. A. König, Verhandl. der physik. Ges. zu Berlin, pag. 9. 1886; L. Weber, Wied. Ann. 31, pag. 676. 1887.

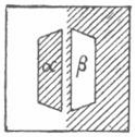
Ist der Fettfleck sorgfältig hergestellt, so dass er keine verschwommenen Ränder hat, so sind bei dem BUNSEN'schen Photometer, was bei keinem vorher beschriebenen der Fall war, die eingangs erwähnten Bedingungen für möglichste Ausnutzung der Empfindlichkeit der Augen erfüllt. Leider stellt sich aber hier ein anderer Mangel ein, welcher darin besteht, dass der Fleck nicht nur Licht hindurchlässt, sondern auch welches reflektirt, und das Papier nicht nur Licht reflektirt, sondern auch Licht hindurchlässt. LEONH. WEBER[1]) hat gefunden, dass dadurch die Empfindlichkeit bei gebräuchlichen BUNSEN-Schirmen auf den dritten bis vierten Theil der möglichen vermindert wird.

Die von LUMMER und BRODHUN in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt construirten Photometer (Gleichheits- und Kontrastphotometer) sind von dem letzt erwähnten Fehler des BUNSEN'schen Photometers frei.

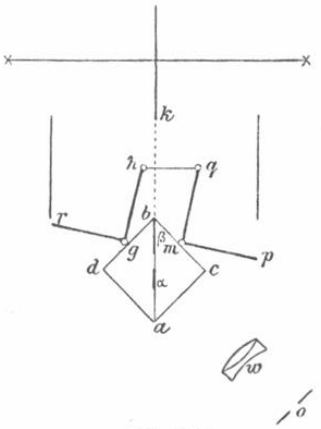
Der wesentlichste Theil der Gleichheitsphotometer[2]) ist ein Glaswürfel, der aus zwei mit ihren Hypotenusenflächen gut eben aufeinander abgeschliffenen rechtwinkligen Prismen besteht. Nachdem an der Hypotenusenfläche des einen Prismas A (Fig. 429) durch Anschleifen einer Kugelfläche die obere Glasschicht bis auf eine scharf begrenzte Kreisfläche entfernt ist, wird dieses Prisma so fest gegen das andere gepresst, dass an der Berührungsstelle keine Luftschicht zwischen den Prismen bleibt. Ein Auge o, welches mit Hülfe einer Lupe w senkrecht zur Kathetenfläche ac des letzteren Prismas auf die Hypotenusenfläche blickt, erhält durchgehendes und totalreflektirtes Licht unmittelbar nebeneinander. Fällt auf die durch bc und dp angedeuteten Prismenflächen Licht von zwei gleichmässig beleuchteten diffusen Flächen, so sind diese gleich hell, wenn das Gesichtsfeld gleichmässig hell erleuchtet ist, also die Figur, welche durchgehendes und reflektirtes Licht trennt, verschwindet. Für die Benutzung auf einer geraden Photometerbank dient die in Fig. 429 skizzirte Anordnung. Senkrecht zur Bank mn steht der undurchsichtige Schirm ik, das von ihm ausgehende Licht wird mit Hilfe der Spiegel e und f auf die Kathetenflächen dp und bc der Prismenkombination geworfen. Der Schirm besteht gewöhnlich aus 2 Papierblättern, zwischen welchen sich Staniol befindet, oder aus einer Gypsplatte.



((Ph. 429.)



(Ph. 430.)



(Ph. 431.)

Bei dem Kontrastphotometer[3]) wird die Hypotenusenfläche des vom Beobachter aus hinteren Prismas durch eine Vertikale in zwei Hälften getheilt, dann auf der einen in einem beliebig gestalteten, scharf begrenzten Felde α (Fig. 430) durch Sandblasen die obere Glas-

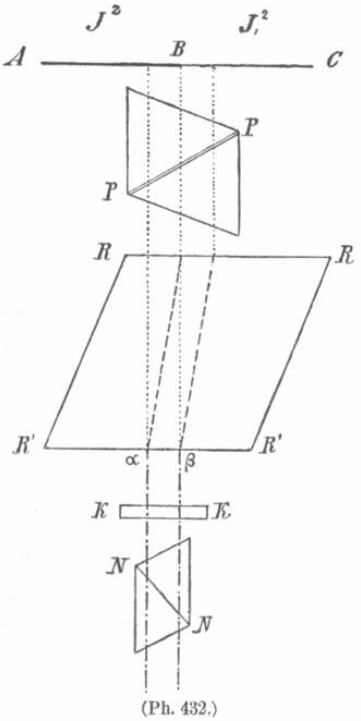
[1]) WIED. Ann. 31, pag. 676. 1887.

[2]) Zeitschr. f. Instr. 9, pag. 23. 1889; 9, pag. 41. 1889.

[3]) Zeitschr. f. Instrk. 9, pag. 461. 1889.

schicht fortgenommen, während in der anderen Hälfte die obere Glasschicht in einem symmetrisch gelegenen Felde β erhalten bleibt und an allen anderen Stellen fortgenommen wird. Damit im Moment der Einstellung die Felder *a* und *b* nicht verschwinden, sondern gleich hell oder dunkel hervortreten, muss das Licht, welches durch diese Felder bezw. ihre Umgebung kommt, gleich stark geschwächt werden. Das geschieht (vergl. Fig. 431) durch zwei Paare rechtwinklig zu einander stehender Glasplatten *rg*, *gh* und *mq*, *mp*, welche um *m* und *g* derartig gedreht werden können, dass stets $gr \parallel mp$ und $gh \parallel mq$ ist. Die Grösse und Art des Kontrastes richtet sich nach den Winkeln, welche die Glasplatten mit dem Würfel bilden. Legt man die Drehungsaxen nicht in die Mitten von *db* und *bc*, sondern ein wenig weiter nach *b* bezw. *e* hin, so lassen sich die bei *g* und *m* zusammen stossenden Kanten verdecken. Will man mit einem konstanten Kontrast von etwa 10 % arbeiten, so kann man unter Fortlassung der 4 Glasplatten *rg*, *gh*, *mq*, *mp*, vor die durch *gb* und *mc* oder auch vor die durch *gd* und *mb* angedeuteten Flächenhälften diesen parallele Glasplatten setzen.

Das Diffusionsphotometer von J. Joly[1]) besteht aus zwei gleichen rechtwinkligen Parallelepipeden von einer diffus zerstreuenden Substanz (Paraffin, Wallrath, diffuse Glasmasse, mattgeschliffenes Glas) von etwa 5 *cm* Höhe, 3 *cm* Breite, 1 *cm* Dicke, welche mit zweien ihrer grössten Seitenflächen nur durch ein dünnes Silberblättchen getrennt aneinander liegen. Der Block wird auf einer geraden Photometerbank so aufgestellt, dass das Silberblatt zur Bankaxe senkrecht steht. Wenn ein in Richtung des Metallblättchens auf die Vorderfläche des Blocks blickendes Auge beide Hälften der Vorderfläche gleich hell sieht, sind beide Hälften des Blattes gleich stark beleuchtet.



(Ph. 432.)

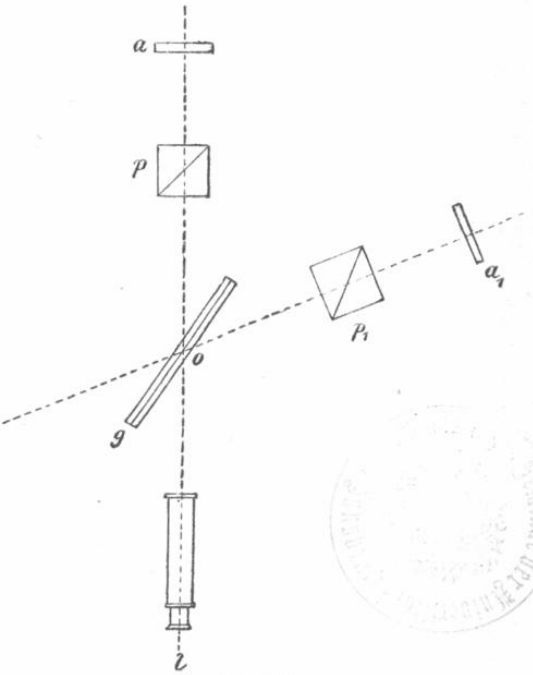
Das Wild'sche Photometer unterscheidet sich dadurch von allen früheren wesentlich, dass auf das Verschwinden von Interferenzstreifen eingestellt wird, welche mit Hülfe der Savart'schen Doppelplatte erzeugt werden. Die erste Form[2]) ist in Fig. 432 skizzirt. Die diffusen, gleichmässig beleuchteten Flächen *AB* und *BC* senden in senkrechter Richtung Licht aus, welches durch den Polarisator (Foucault'sches Prisma) *PP*, das Kalkspathrhomboëder *RRR'R'*, die Savart'sche Doppelplatte *KK* und den Analysator (das Nicol'sche Prisma) *NN* in das Auge des Beobachters gelangt. Infolge der Doppelbrechung ist dieses Licht gemischt aus solchem, welches von *BA* und solchem von *BC* herrührt, und zwar sind beide Bestandtheile senkrecht zu einander polarisirt. Man stellt ein, indem man den mit einem Theilkreis verbundenen Polarisator *PP* so lange dreht, bis die im Allgemeinen im Gesichtsfeld auftretenden Interferenzstreifen ver-

[1]) Phil. Mag. (5) 26, pag. 26. 1888.

[2]) Mittheilungen der technischen naturforschenden Gesellschaft, pag. 25. 1859; Pogg. Ann. 99, pag. 235. 1856.

schwinden. In diesem Falle sind die aus dem Kalkspath austretenden senkrecht zu einander polarisirten Lichtbestandtheile einander gleich. Ist δ der Winkel, welchen bei dieser Stellung die Polarisationsebene von PP mit dem Hauptschnitt von $RRR'R'$ bildet, so folgt aus dem MALUS'schen Gesetz, dass das Verhältniss der Lichtstärken in AB und BC gleich $tg^2\delta$ ist.

Die zweite Form seines Photometers beschreibt WILD als Polarisationsphotometer für technische Zwecke[1]). Die von den zu vergleichenden Lichtquellen gleichmässig beleuchteten diffusen Flächen a und a_1 (Fig. 433) senden ihr Licht durch die Polarisatoren p und p_1 unter dem Polarisationswinkel auf den aus etwa 10 Platten bestehenden Glassatz g. Das von p aus durchdringende und das von p_1 aus an ihm reflektirte Licht geht durch das Polariskop l ins Auge. p und p_1 sind um ihre Axe drehbar und mit einem Theilkreis verbunden. Das eine Prisma (etwa p) wird unter 45° zu dem Loth in der Ebene der Prismenaxen gestellt, und das andere (p_1) so lange gedreht, bis die Interferenzstreifen verschwunden sind. Jetzt ist das Verhältniss der Lichtstärken, wenn γ der eingestellte Winkel ist, $C\cos^2\gamma$, wo C eine nahe an 2 liegende Constante des Instruments ist, welche man findet, indem man die Functionen von p und p_1 vertauscht. Es sollen bei den Messungen nur NICOL-Stellungen zwischen 25° und 65° benutzt werden.



(Ph. 433.)

Schliesslich hat WILD[2]) dieses Photometer für eine gerade Photometerbank eingerichtet durch eine Anordnung, welche der in Fig 429 skizzirten ähnelt. Man denke sich nur die Prismencombination durch den Glassatz, die Lupe durch das Polariskop ersetzt und die einzelnen Theile so justirt, dass das Licht unter dem Polarisationswinkel auf den Glassatz fällt. Es wird dann diejenige Stellung des Photometers zwischen den Lichtquellen eingestellt, wo die Streifen verschwunden sind. Dann ist das gesuchte Verhältniss der Lichtstärken gleich dem der Quadrate der Abstände zwischen den Lichtquellen und dem Schirm multiplicirt mit einer Constanten, die man findet, indem man das Photometer um 180° dreht und eine neue Einstellung ausführt.

Man hat es bei diesen Photometern mit Vergleichsfeldern zu thun, die zwar durch keinen Zwischenraum von einander getrennt sind, die aber durch allmähliche Helligkeitsänderung in einander übergehen. WILD giebt an, dass er durch eine besondere Anordnung, bei welcher die Streifen nicht zum völligen Verschwinden kommen, die Empfindlichkeit seines Photometers sehr weit gebracht habe. In

---

[1]) Mélanges physiques et chimiques 12, pag. 755. 1887.

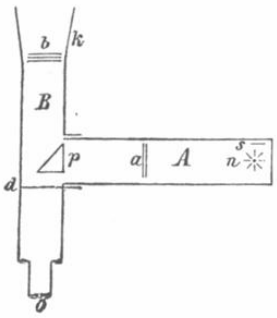
[2]) Mélanges physiques et chimiques 13. 4. Octobre 1888.

diesem Falle wirkt das WILD'sche Photometer also annähernd als Contrast-Photometer.

Es liegt auf der Hand, dass diese Photometer zunächst nur für Licht brauchbar sind, welches sicher nicht polarisirt ist. Ist letzteres der Fall, so muss man entweder die polarisirten Bestandtheile besonders bestimmen oder das Licht depolarisiren, was z. B. durch eine mattgeschliffene Milchglasplatte in vollkommener Weise geschehen soll.

Ein grosser Mangel der Polarisationsphotometer besteht in der verhältnissmässig geringen Helligkeit des Geschichtsfeldes, durch welche die Empfindlichkeit meist sehr beeinträchtigt wird.

Das Photometer von LEONH. WEBER[1]) (Fig. 434) will dem Bedürfniss nach einem handlichen Photometer abhelfen, mit welchem man alle sich in der Photometrie bietenden Aufgaben, ohne eine dunkle Kammer nöthig zu haben, lösen kann. Eine sehr grosse Genauigkeit ist bei einem derartigen Apparat natürlich nicht zu erwarten. In einem horizontalen, innen geschwärzten Tubus A befindet sich die Vergleichslichtquelle n, welche die vertikale senkrecht zu ihrer Ebene verschiebbare Milchglasplatte a beleuchtet. Mit Hilfe eines aussen befindlichen Maassstabes kann man die Entfernung zwischen der letzteren und dem Vergleichslicht bestimmen. Ein zweiter um die Axe von A drehbarer Tubus B trägt das totalreflektirende Prisma p und ein Diaphragma d. Bei k ist zur Abblendung von Seitenlicht ein sich erweiternder Tubus angesteckt, bei b können Milchplatten eingeschoben werden. Das bei o beobachtende Auge sieht das Gesichtsfeld durch die Kante von p in 2 gleiche Hälften getheilt. Das Vergleichslicht besteht in einer Benzinkerze, deren Flammenhöhe durch Beobachtung von s aus gemessen werden kann. Die Lichtstärke der Kerze lässt sich für jede Höhe e zwischen 1 und 4 *cm* durch die einfache Gleichung



(Ph. 434.)

$$i = a + be$$

ausdrücken, wo a und b zwei besonders zu bestimmende Constanten sind. Bei der Vergleichung zweier als punktförmig zu betrachtender Lichtquellen beleuchtet man eine bei b eingeschobene Milchglasplatte mit beiden nach einander und stellt durch Verschieben der Platte a auf gleiche Helligkeit beider Hälften des Gesichtsfeldes ein. Wenn nöthig, kann man bei b weitere Milchglasplatten einsetzen, deren Schwächungs-Gonstanten besonders bestimmt werden müssen.

In neuerer Zeit wird das WEBER'sche Photometer vielfach mit dem LUMMER-BRODHUN'schen Würfel versehen.

Ausser den beschriebenen existiren noch eine grosse Menge Photometerconstructionen. Eine Modification des BUNSEN'schen und des RUMFORD'schen Photometers hat WESSELY[2]) angegeben. Der erste welcher NICOL'sche Prismen für Lichtmessung vorschlug, war wohl ARAGO[3]). BERNARD[4]) hat dann ein Polarisationsphotometer mit kreisförmigen, nebeneinander liegenden Vergleichsfeldern

[1]) WIED. Ann. 20, pag. 326. 1883; Elektrot. Zeitschr. 1884, pag. 166; 1885, pag. 55; ferner s. G. FRISCH, Zeitschr. für Elektrotechnik 1880, Heft 7, 8 u. 9.

[2]) Zeitschr. für Math. u. Phys., pag. 324. 1871.

[3]) Sämmtliche Werke. Bd. 10, pag. 160. Leipzig 1859.

[4]) Ann. de Çhim. et Phys. 35, pag. 385; Compt. rend. 36, pag. 728.

construirt. BEER[1]) liess die beiden Felder in einer geraden Linie aneinander grenzen, indem er ein rechtwinkliges Stahlprisma ähnlich wie das Prisma am RITCHIE'schen Photometer benutzte, und ZÖLLNER[2]), indem er die scharfe Kante eines schwarzen polarisirenden Spiegels durch die Mitte des Gesichtsfeldes legte. Als Vorgänger von WILD ist BABINET[3]) anzusehen, der den Glassatz in Verbindung mit der SOLEIL'schen Doppelplatte anwandte. Zur letzteren hat auch in neuester Zeit GROSSE[4]) bei der Construction seines Mischungsphotometers gegriffen. FUCHS[5]) benutzt ähnlich wie WILD das Verschwinden von Interferenzstreifen, wie sie an der Grenze der totalen Reflexion im durchgehenden und im reflektirten Lichte entstehen, wenn man durch einen aus 2 rechtwinkligen Prismen gebildeten Glaswürfel hindurchblickt. Einen absorbirenden Keil wenden PRITCHARD und PICKERING[6]) (Rauchglas beim Sternphotometer), SABINE[7]) (Milchglas), HÄHNLEIN[8]) (absorbirende Flüssigkeit) an, was natürlich nur dann erlaubt ist, wenn alle Strahlen gleichmässig absorbirt werden. MASCART[9]) hat ein Photometer construirt, welches in Bezug auf die Anordnung dem LEONH. WEBER'schen ähnlich ist, jedoch schwächt er das Vergleichslicht, indem er die wirksame Oeffnung einer Convexlinse durch ein Diaphragma von variabler Grösse verändert. Dieselbe schon von BOUGUER vorgeschlagene Lichtschwächungsmethode haben STEINHEIL (beim Sternphotometer) sowie FIZEAU und FOUCAULT gleichfalls angewendet. Auf das TALBOT'sche Gesetz (rotirende Scheiben) stützen sich die Photometer von GUTHRIE[10]) und NAGELI[11]). AYRTON und PERRY[12]) haben ein speciell für sehr starke Lichtquellen (Bogenlampen) bestimmtes Photometer construirt, bei welcher die Lichtschwächung durch eine auf gerader Bank verschiebbare Concavlinse geschieht.

Auf ganz abweichenden Principien beruhen die Photometer von MASSON[13]), WHEATSTONE und PAGLIANI[14]). Das erste ist für Lichtstärkenmessungen von elektrischen Funken und dergl. construirt und besteht in einer rotirenden Scheibe mit schwarzen und weissen Sectoren. Bei einer kurz dauernden Beleuchtung von hinreichender Stärke sieht man die Sectoren getrennt schwarz und weiss. Bei der Einstellung schwächt man die Beleuchtung der Scheibe so lange, bis diese Erscheinung eben nicht mehr auftritt. Bei dem Photometer von WHEATSTONE wird eine glänzende Stahlkugel durch Zahnräder derartig in schnelle Bewegung gesetzt, dass sie Epicycloiden beschreibt. Wird die Kugel von zwei Lichtquellen beleuchtet, so erblickt das Auge zwei derartige leuchtende Curven, welche durch Veränderung der Entfernung der einen Lichtquelle gleich hell gemacht werden.

---

1) POGG. Ann. 86, pag. 78.

2) Photom. Unters. Inaug.-Diss. Basel 1859.

3) Compt. rend. 37, pag. 774; nach VERDET's »Wellentheorie des Lichtes« rührt das Photometer von DUBOC her; s. Bd. 2, pag. 391.

4) Zeitschr. f. Instrumk. 8, pag. 95 u. 129. 1888; s. auch H. KRÜSS, ebendas., pag. 347.

5) WIED. Ann. 11, pag. 465. 1880.

6) Amer. Acad. of Arts and Sciences, 10. Mai 1882.

7) Phil. Mag. Jan. 1883, Nature 18. Dez. 1882.

8) DINGL. Journ. 244, pag. 54; Journ. f. Gasbel. 1883, pag. 659.

9) Bull. de la Soc. internat. de électriciens 5, pag. 103. März 1888.

10) Chem. News 49, pag. 262.

11) Séances de la Soc. de Phys. franc. 1880, pag. 53.

12) Phil. Mag. (5) 8, pag. 117; 9, pag. 45; Chem. News 1882, 3. März.

13) Annales de chimie et de physique, 5. série, vol. XIX.

14) WIED. Beibl. 11, pag. 820; aus Ingegneria livile 1887, pag. 13.

Das PAGLIANI'sche Photometer besteht aus einer runden Metallscheibe mit eingedrehten concentrischen Ringen. Bei geeigneter Beleuchtung durch die zu vergleichenden Lichtquellen erscheinen helle Sectoren; bei der Messung verfährt man wie beim vorigen Photometer.

Man hat häufig die Lichtemission einer Lichtquelle in nicht horizontaler Richtung zu photometriren. Ein Theil der beschriebenen Photometer ist hierfür eingerichtet (z. B. das von L. WEBER). Wenn dies nicht der Fall ist, muss man das Licht durch einen Spiegel, dessen Absorptionsvermögen aus dem betreffenden Auffallswinkel besonders zu bestimmen ist, horizontal lenken, oder man richtet den Photometerschirm so, dass die von beiden Lichtquellen auf ihn fallenden Strahlen mit ihm denselben Winkel bilden (Radialphotometer). Zu diesem Zweck wird dann der Schirm drehbar eingerichtet und mit einem Theilkreis versehen.

Lichtmaasse.

Nach den beschriebenen Methoden, das Lichtstärken-Verhältniss zweier Lichtquellen zu bestimmen, führt man eine Lichtmessung im eigentlichen Sinne aus, wenn eine der beiden verglichenen Lichtquellen ein eingeführtes Lichtmaass ist, oder zu einem solchen in bekanntem Verhältniss steht. Zu einem Lichtmaass, bezw. einer Lichteinheit, eignet sich eine Lichtquelle, welche sich jederzeit in der gleichen Lichtstärke herstellen lässt.

Carcel-Lampe. Die älteste, in Frankreich noch jetzt gebräuchliche Lichteinheit ist das Licht der Carcel-Lampe. Sie ist eine mit Calzaöl gespeiste Oellampe mit cylindrischem Docht und einem Glascylinder, welcher eine Einschnürung in Höhe der Flamme trägt. Der letzteren wird von innen und aussen Luft zugeführt; sie hat die richtige Lichtstärke, wenn sie in der Stunde 42 *g* Oel verbraucht. Beträgt der Konsum zwischen 40 und 44 *g*, so wird die Lichtstärke diesem proportional angenommen; liegt er aber jenseits dieser Grenzen, so soll eine Messung nicht vorgenommen werden.

Das Oel wird aus seinem Behälter im Fusse der Lampe durch ein einfaches Uhrwerk dem Dochte zugeführt. Genaue Angaben für die Construction einer Carcel-Lampe geben DUMAS und REGNAULT[1]) an.

Kerzen. In Deutschland, England und Amerika benutzte man und benutzt vielfach noch jetzt als Lichteinheit Normalkerzen. Die verbreitetste derselben ist die englische Wallrathkerze, welche in der Stunde 120 Grain = 7·77 *g* verbrauchen soll. Zwischen einem Verbrauch von 114—126 Grains in der Stunde wird die Lichtstärke wieder diesem proportional gerechnet. Der Konsum wird ähnlich wie beim Carcel durch besonders construirte Kerzenwagen bestimmt. Da die Kerze oben dünner ist als unten, wird sie in der Mitte durchgeschnitten, und dann werden beide Hälften nebeneinander gestellt und von der Mitte aus gebrannt. Geschnäuzt dürfen die Kerzen während des Gebrauchs nicht werden. Diese Messungsart ist in England durch das Parlament vorgeschrieben. Wegen der auf der Hand liegenden Mangelhaftigkeit dieser Methode wird namentlich in Deutschland die englische Kerze bei einer bestimmten Flammenhöhe (von 45 *mm*) benutzt. Irgendwelche Garantie für die Gleichmässigkeit des Materials besteht bei dieser Kerze nicht. Deshalb hat der deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern in Deutschland die unter seiner Aufsicht und nach festen

---

[1]) s. KRÜSS, Elektrotechnische Photometrie, pag. 97; PALAZ, Photometrie industrielle, pag. 101.

Normen hergestellte (Vereins-) Paraffinkerze eingeführt, welche bei einer Flammenhöhe von 50 *mm* benutzt werden soll. Minder gebräuchlich als die angegebenen ist die Münchener Stearinkerze.

Hefner-Lampe (Amylacetatlampe)[1]. Einen erheblichen Fortschritt den Kerzen gegenüber bezeichnet die durch v. HEFNER-ALTENECK construirte Amylacetatlampe. Sie besteht aus einem cylindrischen, etwa $\frac{1}{4}$ Liter fassenden, innen verzinnten Messinggefäss, aus dem sich ein cylindrisches Dochtrohr von 25 *mm* freistehender Länge, 8 *mm* innerem, 8·3 *mm* äusserem Durchmesser erhebt. Der Docht besteht aus einer Anzahl weicher Baumwollfäden, welche das Rohr lose aber vollständig ausfüllen; er kann durch einen Zahntrieb auf und nieder bewegt werden. Die Lampe wird mit Amylacetat gebrannt, sie strahlt in horizontaler Richtung die Lichteinheit (Hefnerlicht) aus, wenn sie in ruhig stehender, reiner atmosphärischer Luft mit einer Flammenhöhe von 40 *mm* brennt. Diese Flammenhöhe wird gewöhnlich mit einer beigegebenen Visirvorrichtung oder dem von KRÜSS angegebenen optischen Flammenmesser gemessen, bei welchem auf einer matten Glasscheibe einBild der Flamme in natürlicher Grösse erzeugt wird. Bei dem Bezug einer HEFNER-Lampe hat man sich insbesondere zu überzeugen, ob die Wandstärke des Dochtrohres und die Messvorrichtung für die Flammenhöhe richtig ist. Nach den Versuchen von LIEBENTHAL[2]) ändert sich die Leuchtkraft, wenn die Flammenhöhe um 1 *mm* zu oder abnimmt, um 2·7 %. Ferner muss man sich versichern, dass man gutes Amylacetat benutzt (Siedetemperatur um 140° C.). Sehr bedeutende Fehler entstehen, wenn man die Lampe nicht in reiner Luft brennt. Die Hefner-Lampe wird neuerdings von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beglaubigt. Das Hefnerlicht wird sich voraussichtlich in Kurzem als allein benutztes technisches Lichtmaass zunächst innerhalb Deutschlands Geltung verschaffen und die Kerze ganz verdrängen.

GIROUD[3]) schlägt als Lichtmaass die Flamme des gewöhnlichen Leuchtgases aus einem Einlochbrenner mit 1 *mm* weiter Oeffnung bei einer Flammenhöhe von 67·5 *mm* vor. Die Lichtstärke soll dann 0·1 Carcel betragen und von der Beschaffenheit des Gases unabhängig sein. GIROUD's Lampe enthält in ihrem Fusse einen Druckregulator.

HARTCOURT[4]) empfiehlt als der englischen Kerze gleiches Lichtmaass das Licht, welches eine Mischung von 7 Theilen Pentangas (Destillat des amerikanischen Petroleums bei 50° C.) mit 20 Theilen Luft aussendet, wenn sie aus einer runden, $\frac{1}{4}$ englischen Zoll weiten Oeffnung mit einer Höhe von $2\frac{5}{6}$ Zoll brennt. Da die Herstellung dieser Einheit nicht sehr einfach ist, ist eine Lampe construirt worden, welche das Gas in geeigneter Weise durch einen aus flüssigem Pentan von der Flamme selbst erhitzten Metallmantel erzeugt. Die Flamme soll auch mit bestimmter Flammenhöhe brennen. Sie leuchtet aber nur mit einem Ausschnitt, welcher mit Hilfe einer Lehre eingestellt wird. Das Arbeiten mit der Lampe ist nicht bequem, da sie sich in labilem Gleichgewicht befindet. Wird nämlich die Flamme ein wenig zu hoch, so wird der Mantel zu heiss, die Gasentwicklung stärker und dadurch die Flamme immer höher. Wird sie aber

---

[1]) Elektrot. Zeitschr. 5, pag. 20; Journ. f. Gasbel. 1884, No. 3, pag. 23 u. 24; 1886, No. 1, pag. 35.

[2]) Journ. f. Gasbel. 1887; Elektrot. Zeitschr. 8, pag. 504. 1887; 9, pag. 96. 1888; 9, Heft 20. 1888.

[3]) Journ. d'usines à gaz. Mai 1882.

[4]) Rep. of Brit. Ass. f. the Adv. of Sc. 1885, pag. 426.

ein wenig zu klein, so kühlt sich der Mantel zu sehr ab und die Flamme geht allmählich ganz aus.

Die vorbeschriebenen Lichtmaasse strahlen die Einheit der Lichtstärke in horizontaler Richtung aus.

Die VIOLLE'sche Platineinheit[1]) wurde auf der Pariser internationalen Konferenz im Frühjahr 1884 als Einheit weissen Lichtes angenommen.

Sie besteht aus derjenigen Lichtmenge, welche von einem Quadratcentimeter der Oberfläche von erstarrendem Platin in normaler Richtung ausgestrahlt wird. Diese Einheit ist natürlich nicht leicht zu reproduciren. VIOLLE schmolz das Platin mit der Gebläseflamme in einem Tiegel von ungelöschtem Kalk. Ueber der Platinfläche befand sich ein Diaphragma, welches durch Wasserspülung kühl gehalten wurde. Durch einen unter 45° geneigten Spiegel wurden die Lichtstrahlen horizontal auf das Photometer geworfen. Ein grosser Uebelstand ist, dass man nicht vor Verunreinigungen des Platins durch das Gas und den Kalk sicher sein kann.

WERNER v. SIEMENS[2]) schlug als wesentliche Vereinfachung der VIOLLE'schen Einheit vor, für den allgemeineren Gebrauch nicht das Licht des erstarrenden, sondern des schmelzenden Platins zu benutzen. Er construirte eine kleine Lampe, bei welcher sich in einem Metallgehäuse hinter einer Oeffnung von 0·1 □*cm* ein dünner Platinstreifen (etwa 0·02 *mm* dick und 5—6 *mm* breit) befindet, welchen man elektrisch durch einen allmählich stärker werdenden Strom glühen kann. Das Licht, welches im Moment vor dem Durchschmelzen, also vor dem Erlöschen ausgestrahlt wird, dient zur Messung. Das benutzte Platinstück kann man leicht mit Hilfe eines Zangenmechanismus durch ein neues ersetzen. Nach Versuchen von VIOLLE soll diese Lampe in der That 0·1 der VIOLLE'schen Einheit geben. Für die Praxis ist die Lampe in der gegenwärtigen Gestalt nicht brauchbar, weil sie nicht einfach und dauerhaft genug construirt ist und beim Gebrauch zu leicht versagt. Versuche, welche über das SIEMENS'sche Princip in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt angestellt wurden, haben sehr ungünstige Resultate ergeben.

Es sei noch erwähnt, dass von O. LUMMER u. F. KURLBAUM zur Zeit in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt erfolgreiche Versuche zur Herstellung eines Lichtmaasses ausgeführt werden. Es wird dabei Platinblech hinter einem Ausschnitt von bestimmter Grösse elektrisch geglüht und die Temperatur bolometrisch festgehalten.

Neben diesen Lichteinheiten bedarf man constanter Zwischenlichtquellen, welche man während der eigentlichen Messung benutzt und besonders mit einer Lichteinheit vergleicht. Hierzu werden Petroleumlampen (KRÜSS), Benzinflammen von constanter Höhe (UPPENBORN, L. WEBER), Ausschnitte aus Argandgasflammen (RÜDORFF, METHWEN) empfohlen. In der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt[3]) haben sich Glühlampen, welche mit constanter Stromstärke gebrannt wurden, für diesen Zweck ausserordentlich bewährt.

Es kommt häufig vor, dass man nicht Lichtstärken, sondern Beleuchtungsstärken messen muss. Von den beschriebenen Photometern ist besonders das-

[1]) Compt. rend. 88, pag. 171; Compt. rend. 92, pag. 866; Ann. de Chim et Phys (5) 3, pag. 373.

[2]) Elektrot. Zeitschr. Juni 1884.

[3]) O. LUMMER u. E. BRODHUN, Zeitschr. f. Instrk. 10, pag. 119. 1890.

jenige von L. WEBER für derartige Messungen eingerichtet. Man nimmt die Milchglasplatten bei *b* aus dem Apparat heraus, richtet den Tubus *B* so gegen eine an den betreffenden Ort gebrachte diffus leuchtende Fläche, dass das entsprechende Vergleichsfeld ausgefüllt ist und verfährt dann wie bei Lichtstärkenmessungen. Die Einheit der Beleuchtungsstärke wird abgeleitet aus dem benutzten Lichtmaass; man bezeichnet sie nach diesem unter Anfügung der benutzten Längeneinheit (etwa Meter-Hefnerlicht, Meter-Kerze).

Vergleichung verschieden gefärbten Lichtes.

Wenn man versucht, das Licht verschieden gefärbter Lichtquellen nach den angegebenen Methoden zu vergleichen, so stösst man bald auf Schwierigkeiten. Bei Schätzung der Helligkeitsgleichheit verschieden gefärbter Photometerfelder hat man das Gefühl grosser Unsicherheit, bei erheblicher Farbenungleichheit behaupten viele sogar, überhaupt nicht einstellen, oder doch nicht nach einiger Zeit dieselbe Einstellung wieder ausführen zu können. Zudem ist es bekannt, dass die Einstellung von der absoluten Helligkeit des Schirmes abhängig sein kann (PURKINJE'sches Phänomen), wodurch eine solche Messung jeden Werth verliert. Was zunächst den letzten erheblichsten Einwand betrifft, so ist zu bemerken, dass bei den in der Praxis vorkommenden Farbenunterschieden das PURKINJE'sche Phänomen kaum auftreten wird, wenn man für eine gute Helligkeit auf dem Photometerschirm sorgt. Diejenigen, welche behaupten, überhaupt nicht bei verschiedener Färbung einstellen zu können, werden bei einiger Uebung zugeben müssen, dass sie immer eine Stellung angeben können, wo die beiden Photometerfelder am wenigsten verschieden sind, und werden finden, dass sie bald abgesehen vom Beobachtungsfehler immer dieselbe Einstellung erhalten. Es wird behauptet, dass verschiedene Beobachter (mit normalen Farbensystemen) verschieden einstellen. Indessen ist das bisher nicht mit Sicherheit festgestellt. Freilich müsste diese Frage noch genauer untersucht werden.

Es sind verschiedene Vorschläge gemacht worden, den in der Praxis auffälligsten Uebelstand der grossen Einstellungsunsicherheit zu beseitigen. WILD empfiehlt seine Interferenzstreifen; GROSSE die Benutzung der SOLEIL'schen Doppelplatte. Wenn man aber auch vielleicht auf solche Art eine recht sichere Einstellung erhält, so ist es doch fraglich, ob diese Beobachtungsweise ein richtiges Resultat ergiebt.

Einwurfsfreier ist die Anwendung der sogen. Compensationsphotometer, die namentlich bei der Vergleichung einer sehr starken mit einer schwachen Lichtquelle benutzt werden. Bei ihnen wird ein berechenbarer Bruchtheil der Strahlen der einen Lichtquelle auf die abgewandte Seite des Photometerschirms geworfen, welche ausserdem von der anderen Lichtquelle beleuchtet wird. Es ist klar, dass auf diese Weise der Farbenunterschied geringer wird, aber zu gleicher Zeit wird auch die Genauigkeit der Einstellung vermindert. Solche Photometer sind von WYBAUW[1]) (aus dem FOUCAULT'schen mit Hilfe von Spiegeln), von KRÜSS[2]) (aus dem BUNSEN'schen auch unter Benutzung von Spiegeln) und von GROSSE[3]) (Mischungsphotometer mit Hilfe einer besonderen Prismencombination) construirt worden. Das BUNSEN'sche Photometer ist, wie wir sahen, eigentlich an sich schon ein Compensationsphotometer.

---

[1]) Bull. de la Soc. Belge d'Electr. 2, pag. 5. 1885.

[2]) Journ. f. Gasbel. 1885, pag. 665; Centralzeit. f. Opt. u. Mech. 6, pag. 219.

[3]) a. a. O.

Crova[1]) will die Vergleichung verschieden farbigen Lichtes dadurch erleichtern, dass er die Messung mit denjenigen monochromatischen Strahlen der Lichtquellen aufstellt, welche in demselben Helligkeitsverhältniss stehen wie die gesammten Lichtmengen. Er bestimmte die Wellenlänge dieser Strahlengattung für eine Bogenlampe und die Carcellampe zu 582 $\mu\mu$. Setzt man also ein Glas vor das Auge, welches nur Strahlen etwa von der Wellenlänge 582 $\mu\mu$ hindurchlässt, so kann man durch solches Glas blickend bei Farbengleichheit photometriren, ohne falsche Resultate zu erhalten.

Etwas anders verfährt Macé de Lépinay[2]). Er photometrirt erstens durch ein rothes, zweitens durch ein grünes Glas blickend. Erhält er so die Lichtstärkenverhältnisse R und G, so ist das gesuchte Lichtstärkenverhältniss

$$J = \frac{R}{1 + 0{\cdot}208\left(1 - \frac{G}{R}\right)}.$$

Die Art der Messung beruht auf der Annahme, dass die in den verschiedenen Lichtquellen glühenden Substanzen bei derselben Temperatur Licht von der gleichen Zusammensetzung ausstrahlen.

Benutzt man ein Gleichheitsphotometer, bei welchem die Grenze zwischen den Vergleichsfeldern bei gleicher Farbe verschwindet, so kann man mit einem solchen auch bei verschieden farbigen Lichtquellen recht genaue Einstellungen erzielen, wenn man auf den Punkt einstellt, wo die Grenze zwischen beiden Feldern am wenigsten scharf und deutlich, am meisten verwaschen ist. Sehr bemerkenswerth ist der Vorschlag von Brücke[3]), welcher Figuren in der Farbe des einen zu vergleichenden Lichtes auf einem Grunde herstellt, der die Farbe des anderen besitzt, und nun auf dasjenige Helligkeitsverhältniss einstellt, wo die Figuren bei dem grössten Sehwinkel verschwinden. Brücke hat auch auf dieses Princip ein Photometer construirt, welches freilich wohl noch einer eingehenderen Durcharbeitung bedarf.

W. v. Siemens erhebt gegen diese Art der Lichtmessung den principiellen Einwand, dass zwei Lichtquellen für die Praxis nicht gleichwerthig seien, wenn sie gleiche scheinbare Helligkeit in gleichen Entfernungen ergeben, sondern wenn man in gleicher Entfernung von ihnen die gleichen Details erkennen könne, wenn sie denselben Beleuchtungswerth haben. Aber abgesehen davon, dass sich auch bei dieser Methode der Einstellung auf gleiche Sehschärfe eine dem Purkinjeschen Phänomen entsprechende Erscheinung zeigt, hat sie die Uebelstände, dass man bei geringer Helligkeit messen muss, weil bei grosser Helligkeit die Sehschärfe constant wird und dass zweitens die Unsicherheit der Einstellung eine sehr bedeutende ist.

Photometer, mit welchen solche Sehschärfe-Beobachtungen angestellt werden sollen, sind mehrfach angegeben worden. L. Weber, der sich mit derartigen Messungen sehr eingehend beschäftigt hat, giebt für die Benutzung seines Photometers ein Verfahren an, welches sich aus einer Helligkeitsschätzung bei gleicher Farbe, indem man durch ein an das Auge gehaltenes rothes Glas blickt, und aus einer Sehschärfeeinstellung zusammensetzt. Ganz einwurfsfrei ist seine Methode freilich nicht. Um die unsichere Sehschärfeeinstellung zu umgehen, empfiehlt

---

[1]) Ann. de Chim. et Phys. (6) 6, pag. 528.

[2]) Comptes renans Bd. 97, pag. 1428.

[3]) Wiener Academie-Berichte, Abth. 3, 84, pag. 425. 1887; Zeitschr. f. Instrk. 10, pag. 11. 1890.

L. WEBER für die Praxis das folgende Verfahren, welches sich an das von MACÉ DE LÉPINAY vorgeschlagene anlehnt: Man macht mit Hilfe der im Photometer befindlichen Benzinvergleichslampe zwei Einstellungen auf gleiche Helligkeit, die eine indem man durch ein rothes, die andere, indem man durch ein grünes Glas blickt. Das gefundene Lichtstärkenverhältniss sei im ersten Falle R, im zweiten Gr, dann erhält man die gesuchte Grösse, indem man R mit einem Faktor K multiplicirt, welcher in bestimmter Weise von dem Bruch $\frac{Gr}{R}$ abhängig ist. Dieser Faktor ist kleiner als 1, wenn die zu messende Lichtquelle röthlicher ist als das Vergleichslicht, grösser, wenn sie weisslicher ist. Die Grösse desselben muss empirisch bestimmt werden: L. WEBER giebt eine Tabelle dafür, welche aus einer mit verschiedener Stromstärke brennenden Glühlampe gewonnen ist. BRODHUN.

Fluorescenz.

1) Die eigenthümliche Art der Lichtemission, welche man als Fluorescenz bezeichnet, hat ihren Namen der Thatsache zu verdanken, dass sie zuerst an bestimmten Varietäten des Flussspaths (Fluorcalcium) beobachtet wurde. Da jedoch die ersten genaueren Untersuchungen an Lösungen von schwefelsaurem Chinin ausgeführt sind, und weil gerade an diesem Material das Verständniss der Vorgänge sich anbahnte, empfiehlt es sich, diese grundlegenden Versuche auch hier als Basis zu wählen.

Betrachtet man nach J. HERSCHEL[1]) eine verdünnte Lösung von schwefelsaurem Chinin in diffusem Tageslichte, so erblickt man an der Oberfläche der vollkommen farblos durchsichtigen Flüssigkeit einen lebhaften himmelblauen Schein, der nur einer dünnen, oberflächlichen Schicht eigen ist. HERSCHEL belegte daher die Erscheinung mit dem Namen »epipolische Dispersion«. Das Lichtbündel, welches bei seinem Durchgange durch die Lösung die epipolische Dispersion hervorgerufen hatte, nennt er epipolisirt. Epipolisches Licht ist nicht mehr fähig, epipolische Dispersion im Chininsulfat zu erzeugen, während das Produkt der epipolischen Dispersion, das blaue Licht, die Lösung ungehindert, ohne merkliche Schwächung zu durchdringen vermag. Das blaue Licht erweist sich ferner als unpolarisirt und besitzt ein von Orange bis Violett reichendes continuirliches Spectrum ohne eine Spur FRAUNHOFER'scher Linien. Nach allen Seiten breitet es sich gleichmässig aus. Bei DAVID BREWSTER's[2]) Versuchen wurde Sonnenlicht mit Hilfe einer Linse stark convergirend in eine Lösung von schwefelsaurem Chinin geworfen. Im Gegensatz zu HERSCHEL's Beobachtungen zeigte sich dann das blaue dispergirte Licht durchaus nicht an eine oberflächliche Schicht gebunden, sondern liess sich leicht eine erhebliche Strecke weit in das Innere der Flüssigkeit verfolgen. Unsere Erscheinung wurde daher von ihm als »innere Dispersion« bezeichnet.

---

[1]) JOHN HERSCHEL, Phil. Trans. 1845, pag. 143, 147; Ann. de chim. (3) Bd. 38, pag. 378. 1853.

[2]) DAVID BREWSTER, Edinb. Trans. 1846, part. II, pag. 3; POGG. Ann. 73, pag. 531. 1848; Ann. de chim. (3), Bd. 38, pag. 376. 1853.