

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 30 (1939)
Heft: 18

Artikel: Lichtmessung
Autor: König, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060870>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

nen bereits weitgehend des Luxmeters für Beleuchtungsstärkemessungen. Intensive Arbeit ist noch zu leisten in der Verbesserung anderer Faktoren, die für die Güte der Beleuchtung ausschlaggebend sind, wie Schattigkeit, Lichteinfall und Spiegelblendung.

Auf dem Gebiete der Beleuchtung von Hotels, Gaststätten und verwandten Betrieben lässt sich ein zunehmendes Interesse der hierin spezialisierten Architekten feststellen. Allgemein ist zu bemerken, dass bei manchen, im übrigen guten Anlagen der Blendungsvermeidung zu wenig Beachtung geschenkt wird.

Die zunehmende Dichte und die wachsende Schnelligkeit des Verkehrs lenken die Aufmerksamkeit in starkem Masse auf die Strassen- und Verkehrsbeleuchtung. Die Metaldampflampen haben hier eine vollständige Umwälzung hervorgerufen. Die schwebenden Fragen sind auch international noch nicht endgültig abgeklärt. In der Schweiz beginnen sich bereits stärker als in manchen andern Ländern einige einheitliche Tendenzen abzuzeichnen. Für die Anordnung der Lichtquellen: In Städten und grösseren Ortschaften in wichtigen, beidseitig bebauten Strassen Ueberspannung, ein- bis zweireihig, eventuell ergänzt durch seitliche Ständerleuchten; in Quartierstrassen versetzt angeordnete Kandelaber; die gleiche Anordnung findet

vielfach auch bei Ausfallstrassen Anwendung; auf Ueberlandstrassen vorwiegend Kandelaber in einseitiger Anordnung mit Ausladungen bis zu 2 m. Die Vorzüge dieses Systems liegen weniger auf lichttechnischem als auf wirtschaftlichem Gebiete. Das Verhältnis von Lampenhöhe zu Lampenabstand wird 1 : 3 empfohlen und bis 1 : 4 limitiert. Mittlere Lampenhöhe über der Strasse 10 m.

Ueber die Wahl der Lichtquellentypen lässt sich bemerken: In Städten und grossen Ortschaften an wichtigen Strassen und Plätzen Mischlicht und neuerdings erfolgreiche Versuche mit Leuchtstofflampen, in Quartierstrassen Glühlampen; in Ausfallstrassen von Bedeutung Mischlicht; einige Versuche wurden mit reinem Quecksilberlicht gemacht. Die Ueberlandstrassen werden vollends zur Domäne der Natriumdampflampen werden. Der Wichtigkeit dieses Problems wegen sind Versuche im Gange, die Blendungseffekte, die besonders auf grossen Plätzen mit Rundverkehr auftreten, auf neuartigen Wegen zu lösen (indirekte Grossflächenleuchte u. a.).

Ein Gebiet, das noch zu weiterem Ausbau lockt, ist die Beleuchtung von Sportanlagen. Einige fertige Beispiele sind bereits vorhanden; sie sind nicht luxuriös, aber sie entsprechen den lichttechnischen Vorschriften und erfüllen ihren Zweck gut.

Lichtmessung.

Von H. König, Bern.

535.24

Die Grundlagen und die neueren Ergebnisse der subjektiven Photometrie werden dargelegt. Die Schwierigkeiten, die bei der subjektiven Photometrie bei der Vergleichung verschiedenfarbiger Lichter auftreten, führten dazu, zu versuchen, dieselben durch objektive Messverfahren zu überwinden und zwar durch den Bau von sog. «künstlichen Präzisionsaugen». Ein solches künstliches Auge besteht z. B. aus einem nicht selektiven Empfänger (Thermosäule mit Galvanometer) und einem Satz passend gewählter Glasfilter. Die objektive Photometrie ist in voller Entwicklung, deren Tendenzen skizziert werden.

L'auteur expose les bases et les récents résultats de la photométrie visuelle. Les difficultés qu'on rencontre en photométrie visuelle lors de la comparaison de sources lumineuses de couleurs différentes, ont engagé à les éliminer par l'application de méthodes de mesure subjectives ou physiques, en l'occurrence par la construction d'«œil artificiels de précision». Un «œil artificiel» de ce genre se compose p. ex. d'un récepteur non sélectif (couple thermo-électrique et galvanomètre) et d'un jeu d'écrans de verre convenablement choisis. La photométrie physique, dont les tendances sont exposées, est en plein développement.

Das Licht ist heute ein Handelsartikel geworden, und die Industrie verlangt eindeutige Berechnungsgrundlagen und Messmethoden für Lichtstärke, Beleuchtungsstärke usw.

Das Sonderbare liegt nun darin, dass unser Auge, welches eigentlich letzte Instanz in Sachen Lichtbewertung sein sollte, uns bei weitem nicht die nötige Grundlage hierzu gibt, denn unser Auge ist ausserstande, uns zu sagen, wann eine Fläche empfindungsgemäss «doppelt so hell» ist als eine andere (gleichfarbige) Fläche.

Der Lichttechniker stellt sich jedoch, bewusst oder unbewusst, auf den Standpunkt, dass nicht die Empfindung im Gehirn, sondern der Reiz in der Netzhaut technisch wichtig sei, und von diesem Standpunkt aus fordert er mit Recht, dass man die Beleuchtung einer Fläche als «doppelt so stark» definiert, wenn zwei gleiche Beleuchtungen auf der Fläche überlagert werden, m. a. W. er fordert, dass Lichtstärke, Beleuchtungsstärke etc. von der Energiestrahlung linear abhängen.

So kommt es, dass die Photometrie einer bestimmten Lichtart (z. B. Vakuumglühlampen-Licht) zu einer rein physikalischen Angelegenheit wird und das Auge erst wieder herangezogen werden muss, wenn es gilt, verschiedenfarbige Lichter zu vergleichen. Aus den gleichen Erwägungen versucht man auch in diesem Falle, die Beleuchtung einer Fläche durch zwei farbige Lichter als Summe der durch die beiden Lichter einzeln hervorgerufenen Beleuchtungen zu definieren. Nur dann kann man auf einfache Weise mittelst einer Hellempfindlichkeitsfunktion V_{λ} , d. h. einer Funktion, die die relative Empfindlichkeit des Auges gegenüber Helligkeitseindrücken in Abhängigkeit von der Wellenlänge λ angibt, den Lichtwert eines zusammengesetzten Lichtes aus den monochromatischen Bestandteilen berechnen.

Nun weiss man heute nach eingehendem Studium des aussichtsreichsten aller subjektiven Verfahren, des Flimmerversfahrens, dass sich die Eigenschaften des Auges nicht durch eine einfache ein-

heitliche Funktion V_λ von λ allein darstellen lassen. Man braucht hierzu nur daran zu erinnern, dass

1. die Hellempfindlichkeit der Netzhautmitte im Rot von 10 asb bis 6000 asb Leuchtdichte durchschnittlich um 30 % abnimmt (inverser Purkinje-Effekt) und dass
2. die Additivität auch beim Flimmerverfahren, zu dem man sonst in dieser Hinsicht grösstes Zutrauen hat, bei satten Farben nur auf 1 bis 2 % genau gilt, und dass
3. die Eindeutigkeit (Unabhängigkeit des Verhältnisses zweier Lichter vom Vergleichslicht) bei satten Farben nur auf 1...2 % genau gewährleistet ist.

Es hat nun keinen Sinn, das System der Photometrie, das ja in erster Linie dem Lichttechniker, also der Industrie, dienen soll, mit diesen physiologischen Feinheiten zu belasten, und man hat daher auf der Tagung der Internationalen Beleuchtungskommission im Juni 1939 erneut beschlossen, an der *linearen* Struktur der Photometrie, gegeben durch die Definition irgendeiner lichttechnischen Grösse als

$$\text{Eichkonstante} \cdot \int E_\lambda V_\lambda d\lambda$$

E_λ Energieverteilung in Funktion der Wellenlänge λ ,
 V_λ bisherige internationale Hellempfindlichkeitskurve

festzuhalten.

Hieraus folgt notwendigerweise, dass die Ergebnisse subjektiver Messungen nur noch dann als «richtig» anerkannt werden können, wenn sie V_λ getreu im oben definierten Sinn sind. Dies bedeutet: Man muss versuchen, die Messbedingungen so zu wählen, dass die Abweichungen des Einzelauges von V_λ nicht in Erscheinung treten. In diesem Aufsuchen der « V_λ -getreuen Messbedingungen» liegt die Hauptaufgabe der zukünftigen *subjektiven* Photometrie. Diese Bedingungen können heute theoretisch angegeben werden, sind aber oft sehr schwer zu verwirklichen.

In Erkenntnis dieser Schwierigkeiten, die der subjektiven Photometrie naturgemäss anhaften *müssen*, haben wir im Eidg. Amt für Mass und Gewicht seit vielen Jahren die *objektive* Photometrie durch den Bau sog. «künstlicher Präzisionsaugen» zu fördern gesucht.

Für fundamentale Präzisionsmessungen auf der Bank haben wir ein allen Ansprüchen an Genauigkeit und an grundsätzlicher Einfachheit genügendes künstliches Präzisionsauge geschaffen, welches aus einem nichtselektiven Empfänger (Thermosäule mit Galvanometer) und einem Satz von farbigen Glasfiltern besteht. Die Filter dieses Satzes sind so ausgewählt, dass es ist, als ob man mit einem einheitlichen Filter mit der Durchlässigkeitskurve V_λ

gemessen hätte, wenn man der Reihe nach mit den Teilfiltern gearbeitet, die zugehörigen Teilresultate mit passenden Koeffizienten multipliziert und dann alles addiert hat. Wir betrachten dieses «Mehrfilterprinzip» als eines der leistungsfähigsten Prinzipien der modernen heterochromen Photometrie.

Der einzige Nachteil dieses Präzisionsauges liegt in der relativ geringen Empfindlichkeit der Thermosäule. Neuerdings hat aber Parry Moon ein hochempfindliches «dielektrisches Bolometer» konstruiert, in Verbindung mit welchem die Vorteile der Wechselstromverstärkung ausgenutzt werden können. Wenn es gelingt, dem Aggregat Bolometer-Brücke-Verstärker die nötige Stabilität und Einfachheit in der Bedienung zu geben, so würde dies einen grossen Schritt vorwärts bedeuten.

Ein anderer Typ eines künstlichen Präzisionsauges besteht gewissermassen aus einem Spektralapparat mit objektivem Strahlungsempfänger am Ausgang und einer passend geformten Blende an Stelle des Austrittspaltes, wo das Spektrum des zu untersuchenden Lichtes entsteht. Ives benutzte eine Thermosäule, wir eine Selen-sperrschichtzelle, Voogd und Went neuerdings eine Kaliumzelle. In dieser letzteren Form scheint das Instrument zu befriedigen. Die Empfindlichkeit reicht aus für Messungen an der Ulbrichtkugel.

Für technische Messungen finden mehr und mehr die Selen-Sperrschichtzellen mit einem oder zwei Filtern Verwendung. Da die Angleichung der Empfindlichkeitsfunktion dieser Elemente an V_λ nicht vollkommen ist und eine gelegentliche Kontrolle auch sonst angebracht erscheint, muss man die Korrekturfaktoren für Na-, Hg-, Tageslicht etc. bezogen auf Glühlampenlicht durch Vergleich mit einem künstlichen Präzisionsauge bestimmen.

Damit wäre grundsätzlich der praktische Aufbau der Photometrie skizziert. Aber der Weg von der Horizontalintensität der Normalglühlampe bis beispielsweise zur mittleren räumlichen Intensität einer Gasentladungslampe ist weit, und eine Folge von Schritten, die einzeln nur mit einer Unsicherheit von etwa 1 % behaftet sind, führt schliesslich zu erheblichen Gesamtfehlern.

Es sind daher die Hauptaufgaben der *praktischen objektiven* Photometrie: Die Präzisionsmethoden in handliche, im Prüffeld brauchbare Formen zu bringen, Kontrollverfahren zu schaffen, welche gestatten, durch einfache Zusatzmessungen jederzeit einen Anhaltspunkt über die mutmasslichen Fehler zu gewinnen, und die Zahl der Schritte von der Normalintensität bis zur unbekanntem lichttechnischen Grösse möglichst zu reduzieren.