**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens

**Herausgeber:** Association suisse des électriciens

**Band:** 18 (1927)

**Heft:** 10

**Artikel:** Photometrische Vergleichsmessungen zwischen dem National Physical Laboratory in Teddington (England) und dem Eidg. Amt für Mass und Gewicht in Bern

**Autor:** König, E. / Buchmüller, F.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-1058639

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 22.08.2025

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

## Explication des renvois.

(1) Les publications originales de la C. E. I. paraissent en anglais et en français. Ici nous avons reproduit autant que possible le texte français de la C. E. I; nous n'en avons modifié la forme — sans toucher au sens — qu'où cela nous a paru spécialement désirable. Le texte allemand est celui que le Comité Electrotechnique Suisse (C. E. S.) a adopté.

(2) Les „symboles dérivés" sont formés en partant du „symbole fondamental" pour désigner des sous-catégories ou pour ajouter des indications en chiffres aux objets. Les signes affectés de chiffres, donnés ici, doivent être considérés comme des exemples, c. à. d. qu'ils peuvent être affectés de chiffres quelconques. Plusieurs de ces symboles dérivés sont considérés par la C. E. I. comme facultatifs.

(3) Les „Nos C. E. S.", à droite, servent à ordonner d'une façon appropriée les symboles adoptés par la Suisse (la C. E. I. permettant dans certaines sections l'emploi d'„autres formes"). Les „Nos C. E. I.", à gauche, sont les numéros originaux de la C. E. I.

(4) Le No 311 (C. E. S.) représente un interrupteur à déclenchement automatique omnipolaire. Au lieu de cela, pour montrer un exemple de ce genre, on a admis ici que deux pôles seulement déclenchent automatiquement.

(5) Dans la publication originale de la C. E. I. ces symboles pour fusibles ont, dans leur forme „a", le trait oblique représentant le nombre de pôles placé au milieu du symbole (à la douille du fusible), au lieu d'être marqué sur les lignes aboutissantes, comme pour les interrupteurs, conformément à la décision définitive de la C. E. I. (Nos C. E. S.: 372 à 376) et tel que nous l'avons représenté ici.

(6) Dans la publication originale de la C. E. I., seul le No 329 (C. E. S. 37c) est indiqué pour les coupe-circuits sectionneurs. On a ajouté les exemples Nos. C. E. S. 378 et 379, conformes aux décisions de la C. E. I., parce qu'ils se présentent fréquemment.

(7) L'interrupteur à cornes est marqué par le symbole C. E. I. No 305b (C. E. S. 318); on a ajouté ici le même dispositif, appliqué logiquement aux coupe-circuits.

(8) Le symbole C. E. I. No 388, dessiné un peu différemment dans la publication originale, doit être le même que le symbole C. E. I. 208 (C. E. S. 260), reproduit encore une fois ici.

# Photometrische Vergleichsmessungen zwischen dem National Physical Laboratory in Teddington (England) und dem Eidg. Amt für Mass und Gewicht in Bern.

Von *E. König* und *F. Buchmüller.*
(Mitteilung des Eidg. Amtes für Mass und Gewicht in Bern).

535

*Die Vergleichung von 6 Sub-Standard-Wolframlampen des National-Physical-Laboratory in Teddington mit den Normalen des eidg. Amtes für Mass und Gewicht in Bern ergab für das Verhältnis der internationalen Kerze (I.C.P.) zu der Hefner-Kerze (HK) bei der Farbe der Vakuum-Metallfadenlampe den Wert von 1,15. Die bedeutende Abweichung dieses Wertes gegenüber der anlässlich der V. Session der Commission Internationale de l'Eclairage in Paris, im Juli 1921, festgesetzten Verhältniszahl von 1,11 lässt es dringend wünschenswert erscheinen, dass anlässlich der nächsten Generalkonferenz der Commission Internationale de l'Eclairage, angesichts der grossen Bedeutung dieser Verhältniszahl für die Praxis der photometrischen Messungen, der Abklärung der genannten Unstimmigkeit die erforderliche Beachtung geschenkt werde.*

*Le contrôle de 6 lampes Wolfram Standard du National Physical Laboratory à Teddington, avec les normes de l'Office fédéral des poids et mesures à Berne a montré que le rapport de la bougie internationale (I. C. P.) à la bougie Hefner (HK) est de 1,15 pour la couleur de la lampe à filament métallique à ampoule vide. L'écart sensible entre ce chiffre et celui de 1,11, fixé à la V^e^ session de la Commission Internationale de l'Eclairage à Paris en juillet 1921, demande que cette question soit reprise à la prochaine conférence générale de la Commission Internationale de l'Eclairage, étant donné la grande importance du rapport en question pour la pratique des mesures photométriques.*

## I.

Um weitmöglichst die Beziehungen zwischen den photometrischen Einheiten von Amerika, Frankreich, Deutschland und England festzusetzen, wurden zu wiederholten Malen zwischen dem Bureau of Standards in Washington, dem Laboratoire central de l'Electricité in Paris, der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg und dem National Physical Laboratory in Teddington Vergleichsmessungen ausgeführt. Infolge dieser Vergleichsmessungen wurde vom 1. Juli 1909 an folgende Beziehung vereinbart: 1 französische Kerze = 1 amerikanische Kerze = 1 englische Kerze. Die Hefnerkerze (*HK*) wurde = $^9/_{10}$ des vorerwähnten gemeinsamen Wertes gesetzt. Das Bureau of Standards, das National Physical Laboratory in Teddington und das Laboratoire central de l'Electricité in Paris haben vereinbart. für die Konstanz der vorerwähnten Einheit zu sorgen. Auf Initiative des französischen elektrotechnischen Comité und sodann des britischen elektrotechnischen Comité ergriff die internationale elektrotechnische Kommission den Vorschlag, dieser

Einheit den Namen „internationale Kerze" (I. C. P.) zu erteilen. (Note relative à l'unification des intensités luminieuses. Recueil des travaux et compte rendu des séances de la cinquième session de la Commission Internationale de l'Eclairage, Paris 1921, pag. 41 ff.).

Anlässlich der 5. Session der Commission Internationale de l'Eclairage in Paris im Jahre 1921 wurde als Einheit der Lichtstärke die „internationale Kerze" (I. C. P.) angenommen, so wie sie definiert ist zwischen den drei Laboratorien von Frankreich, Grossbritannien und Amerika im Jahre 1909 und so wie sie seither im Laboratoire central de l'Electricité in Paris, dem National Physical Laboratory in Teddington und dem Bureau of Standards in Washington konserviert wird. Die Relation 1 *HK* = 0,9 I. C. P. blieb aufrecht erhalten.

II.

Im Juni 1927 übersandte das National Physical Laboratory (NPL) in Teddington gwecks Vergleichsmessungen dem eidg. Amt für Mass und Gewicht (AMG) in Bern 6 Vakuum-Wolframlampen (Sub-Standards) unter Angabe folgender Daten als Resultat der Messungen des NPL:

Tabelle I.

| Lampenbezeichnung | Volt | I. C. P. | Ampère |
|---|---|---|---|
| 24 H NP. 1923 | 101,00 | 20,70 | 0,2885 |
| 24 I NP. 1923 | 100,00 | 19,84 | 0,2867 |
| 24 J NP. 1923 | 99,00 | 20,14 | 0,2953 |
| 24 K NP. 1923 | 99,00 | 19,52 | 0,2868 |
| 24 L NP. 1923 | 99,50 | 19,94 | 0,2868 |
| 24 M NP. 1923 | 101,50 | 20,30 | 0,2866 |

Diese Vakuumlampen besitzen vier in einer Ebene liegenden Wolframfäden. Die Fadenebene liegt parallel dem Photometerschirm. Jede Lampe ist mit Fassungshalter und zugehörigen Leitungsschnüren versehen, an deren Enden die Spannungen, die zu den in Tabelle I angegebenen Strömen gehören, bestimmt werden. Die Messungen erfolgten in vertikaler Lage der Lampen, Sockel nach unten. Das NPL veranschlagt die Zuverlässigkeit der angegebenen Lichtstärkewerte auf $\pm$ 0,25 %.

III.

*Apparate und Hilfseinrichtungen.* Angesichts der grossen, weit ausserhalb der Messfehler stehenden Divergenz der Messergebnisse des Amtes und der offiziellen Verhältniszahl 1,11 zwischen der Lichtstärke der internationalen Kerze zu derjenigen der Hefnerkerze erscheint es zur Beurteilung der erhaltenen Ergebnisse unerlässlich, die folgenden Einzelheiten des Messverfahrens und der Apparatur anzugeben.

1. Auf der Photometerbank (Fabrikat: Schmidt & Haensch in Berlin) betrug der Abstand der zu vergleichenden Lichtquellen stets 2,5 m. Alle Messungen erfolgten in zwei um 180 Grad verschobenen Stellungen des Photometerkopfes mit dem Lummer-Brodhun Prisma, mit Feldern von 8 Prozent Kontrast, in der dieser Apparatentype von Schmidt & Haensch üblichen scheinbaren Bildfeldgrösse. Von den Ausführungen der Messungen in den vier möglichen Positionen des Photometerkopfes wurde auf Grund der genau bestimmten und in Rechnung gesetzten Justierungsfehler Umgang genommen. Der Abstand der Leuchtfadenebene von der jeweilen korrespondierenden Seite des 4,0 mm dicken Gipsschirmes des Photometerkopfes wurde vermittelst eines im Abstand von 3 m senkrecht zur Axe der Photometerbank festmontierten Fernrohres bestimmt. Die Drehaxe des Fernrohres war parallel der Axe der Photometerbank, resp. der Skalenteilung justiert. Nach

Einstellung des Fernrohrfadens auf die Leuchtebene der Lampe erfolgte die Uebertragung auf die innerhalb 0,1 mm als richtig befundene Skala der Photometerbank durch Neigen des Fernrohres, dessen Fadenkreuzpunkt sich in einer Vertikalen bewegt. Die gleiche Manipulation besorgt die Justierung der Höhen der Mittelpunkte der Leuchtebene der zu vergleichenden Lampen bezüglich der Mitte des Photometerschirmes.

2. Die Hefnerlampe (Fabrikat: Siemens-Halske), durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) beglaubigt zu 1,00 *HK*, ebenso wie das benutzte Amylacetat, entsprachen in jeder Beziehung den Beglaubigungsvorschriften der PTR (Zeitschrift für Instrumentenkunde 1893, p. 257). Zur Verwendung gelangte das Flammenmass nach Krüss. Bezüglich der Abhängigkeit der Lichtstärke $y$ der Hefnerlampe vom Feuchtigkeitsgehalt $x$, Barometerstand $b$, wurde die Liebenthal'sche Beziehung benutzt:

$$y = 1 - c_1 (x - 8{,}8) + c_2 (b - 760)$$

unter Verwendung der folgenden Zahlwerte für die Konstanten:

Koeffizient der Feuchtigkeit $c_1 = 0{,}0055$
Koeffizient des Luftdruckes $c_2 = 0{,}00015$

(Liebenthal, Zeitschrift für Instrumentenkunde 43, 1923, p. 209).

Die Luftfeuchtigkeit wurde mit Hilfe des Aspirations-Psychrometers von Assmann (Fabrikat: R. Fuess in Berlin) unter Benutzung der Tafeln des preussischen meteorologischen Institutes bestimmt. Die Druckmessungen erfolgten mit den Normalbarometern des Amtes auf 0,1 mm genau. Der Luftdruck schwankt während der 1000 einzelnen Messungen für den Hauptanschluss der Hefnerlampe an das Zwischennormal I (vide unten) zwischen den Werten 713–721 mm. Angesichts der auch heute noch unbefriedigenden Uebereinstimmung in den zur Zeit bekannten Messungen über den Koeffizienten des Luftdruckes wurden die Schwankungen des Kohlensäuregehaltes nicht berücksichtig, dagegen der Erneuerung der Luft bei den einzelnen Mess-Serien die erforderliche Beachtung geschenkt.

3. Als Stromquellen für die Lampen dienten Akkumulutorenbatterien von ausreichend grosser Kapazität (432 Ah.). Alle Ströme wurden durch Kompensation eingestellt, unter Verwendung eines Kompensationsapparates von Otto Wolff. Die Absolutwerte der angegebenen Ströme können auf 0,2 Promille als richtig angesehen werden.

## IV.

*Messmethode.* Damit nicht durch übermässige Brenndauer (die Zahl der photometrischen Einzelablesungen betrug ca. 3000) die Gefahr der Veränderung der Anfangswerte der Normallampen vorliege, wurden sämtliche Beobachtungen nur durch 2 Beobachter (die Referenten) ausgeführt. Beide Beobachter zeigen ausgesprochen grosse Differenzen bei heterochromen Einstellungen am Photometer. Bei den Farbdifferenzen, wie sie sich ergeben beim Vergleich einer normal brennenden Kohlenfadenlampe mit einer Vakuum-Wolframlampe, betrug der Unterschied ca. 3–4 Prozent. Dieser Unterschied ist bekanntlich auch bei geübten Beobachtern nur einigermassen, aber nicht genau reproduzierbar, da das Auge sich sozusagen nur gedächtnismässig gewisse Merkmale als Kennzeichen der Gleichhelligkeit, bezw. des gleichmässigen Hervortretens der beiden Trapeze gegen die etwas hellere Umgebung einprägt. Bei völlig gleichfarbigem Licht zeigten die beiden Beobachter keine systematischen Unterschiede in den photometrischen Einstellungen, welche den mittleren Fehler des Resultates von 10 Einstellungen mit dem Kontrastphotometer in der Grössenordnung von 0,1 bis 0,15 % überschreiten. Diese Uebereinstimmung in der Einstellung bei vollkommen gleichfarbigem Licht ist nicht ohne weiteres selbstverständlich, da die Empfindlichkeit der Netzhaut nicht an allen Stellen die gleiche ist und im allgemeinen einen von Beobachter zu Beobachter

wechselnden Gang zeigt. Das Verschwinden der systematischen Differenzen der beiden Beobachter ist im vorliegenden Falle ein wertvolles Kriterium für geringe, nicht mehr fehlerhafte Messungen veranlassende Farbdifferenzen.

Der Anschluss der Hefnerkerze *(HK)* an die Normallampen $(L_x)$ $H-M$ erfolgte nach der sogenannten Stufenmethode, unter Verwendung von fünf Zwischen-Normal-Lichtquellen $L_1$ $L_2$ $L_3$ etc., deren Farbe zwischen der Farbe der Hefnerlampe und den zu vergleichenden Normalen liegt und in allmählichen Stufen von einer zur andern führt. Man bestimmt das Verhältnis $\frac{HK}{L_1}$ $\frac{L_1}{L_2}$ $\frac{L_2}{L_3}$ etc. und erhält das gesuchte Verhältnis $\frac{HK}{L_x}$ als das Produkt der einzelnen Zwischenwerte. Die Zahl der Stufen wurde so gross gewählt, dass bei jeder Messung die restierende Farbendifferenz so gering ausfiel, dass die Kontrasteinstellung ohne weiteres möglich war. Bei der Stufenmethode wird angenommen, dass die Ergebnisse einer in Stufen erfolgenden Messung mit den Resultaten einer direkten Messung übereinstimmen, die mit demselben photometrischen Feld ausgeführt wird.

Alle Messungen erfolgten, wie bereits erwähnt, mit dem Kontrastphotometer. Das Flimmer-Photometer fiel ausser Betracht bei der vorliegenden Farbengleichheit, da die Einstellempfindlichkeit wesentlich geringer ist als diejenige mit dem Kontrastphotometer. Die anerkannte Tatsache, dass das Flimmer-Photometer bei gefärbten Vergleichsfeldern erheblich kleinere Streuung der Einstellwerte verschiedener Beobachter aufweist und daher überall da erhöhte Bedeutung gewinnt, wo gleichfarbige Normallampen nicht zur Verfügung stehen, wird dadurch nicht berührt.

## V.

*Messergebnisse.* Zunächst wurde die innere Uebereinstimmung in den Angaben des NPL für die Lampen *H* bis *M* nachgeprüft durch sukzessive Vergleichung jeder der 6 Lampen *H* bis *M* relativ mit den 5 übrigen, unter Annahme der jeweiligen Richtigkeit der Angaben des NPL. Es ergaben sich dabei die in Kolonne 2 der Tabelle III angegebenen Vergleichswerte.

Die Kolonne 4 der Tabelle III enthält die Mittelwerte der gemessenen Lampenspannungen während der gesamten Dauer der Messungen. Da diese Spannungen nicht nennenswert differieren gegenüber den Werten der in Tabelle I von dem NPL angegebenen Beträge, darf angenommen werden, dass in Betracht fallende Aenderungen der Lichtstärke infolge der Beanspruchung der Lampen während der Vergleichsmessungen nicht stattgefunden haben.

Die nachfolgende Tabelle II gibt die Resultate der Anschlussmessungen an die Zwischennormalen.

Tabelle II.

| Zwischen-Normal | Stromstärke Amp. | Spannung Volt | *HK* | Mittlerer Fehler des Mittelwertes: ± | Watt/*HK* | Fabrikant: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0,5261 | 7,079 | 0,864 | 0,23 % | 4,31 | Osram, Berlin |
| II | 0,3280 | 29,66 | 2,781 | 0,13 % | 3,50 | Licht A.-G., Goldau |
| III | 0,3630 | 35,12 | 5,436 | 0,28 % | 2,35 | " " " |
| IV | 0,4727 | 41,60 | 10,38 | 0,29 % | 1,89 | " " " |
| V | 0,5046 | 45,73 | 15,75 | 0,24 % | 1,47 | " " " |
| VI | 2,495 | 11,41 | 20,01 | 0,15 % | 1,42 | Osram, Berlin |
| VII | 0,4069 | 50,02 | 18,58 | 0,13 % | 1,10 | Osram, Berlin |

Die Lampe VI war am 29. September 1923 von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, bei einem Strom von 2,495 Ampere (11,41 Volt) zu 20 *HK*, die Lampe

VII, bei einem Strom von 0,4069 Ampere (50 Volt) am 27. September 1926, zu 18,6 *HK* beglaubigt worden.

Bei den Messwerten der Tabelle II ergaben sich zwischen den Einstellungen der beiden Beobachter bei der Vergleichung der einzelnen Stufen, infolge der ausreichenden Farbengleichheit, keine systematischen Differenzen, welche die Grössenordnung des mittleren Fehlers des Mittelwertes übersteigen.

Der Anschluss der Normalen *H* bis *M* an die Lampenkombination VI/VII ergab die in Tabelle III zusammengestellten Zahlenwerte.

Tabelle III.

| Kolonne | 1 NPL I. C. P. | 2 AMG I. C. P. | 3 AMG *HK* | 4 AMG Volt | 3 : 1 | 3 : 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *H* | 20,70 | 20,60 | 23,71 | 100,99 | 1,145 | 1,151 |
| *I* | 19,84 | 19,89 | 22,88 | 99,99 | 1,153 | 1,150 |
| *J* | 20,14 | 20,20 | 23,22 | 98,97 | 1,153 | 1,150 |
| *K* | 19,52 | 19,63 | 22,58 | 98,99 | 1,157 | 1,150 |
| *L* | 19,94 | 19,83 | 22,86 | 99,51 | 1,146 | 1,153 |
| *M* | 20,30 | 20,28 | 23.34 | 101,52 | 1,150 | 1,151 |
| | | | | Mittel: | 1,151 | 1,151 |

Als Schlussresultat ergibt sich somit für das Verhältnis der internationalen Kerze (I. C. P.) bei der Farbe der Vakuum-Metallfadenlampe der Wert: 1,15, in Uebereinstimmung mit den jüngsten Messungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg (Zeitschrift für Instrumentenkunde 46, 1926, p. 476).

Was die Unsicherheit dieser Zahlenangaben anbelangt, so dürfte ihre Festsetzung etwas schwierig sein; wir veranschlagen sie auf die Grössenordnung der Reproduzierbarkeit der Hefnerkerze, welche auf 1 Prozent eingeschätzt wird (Warburg: Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 19, p. 9, 1917).

Ueber das Verhältnis I. C. P. zu *HK* bei der Farbe der Kohlenfadenlampe können wir uns nicht äussern, da in I. C. P. Einheiten von den Staatslaboratorien von England, Amerika und Frankreich beglaubigte Normallampen uns nicht zur Verfügung stehen.

# Die Volta-Ausstellung in Como.

**(Mai bis Oktober 1927.)**

Von Prof. *A. Imhof*, Winterthur.

606

*Der Autor gibt einleitend einige biographische Notizen über Alessandro Volta, zu dessen Ehren, 100 Jahre nach seinem Ableben, die Ausstellung veranstaltet wurde, und beschreibt sodann die Ausstellung selbst.*

*L'auteur donne pour commencer une courte biographie d'Alexandre Volta, en l'honneur de qui l'exposition qui porte son nom a été organisée, 100 ans après sa mort. L'auteur décrit ensuite l'exposition elle-même.*

In Como, der Geburtsstadt Voltas, war vom Mai bis Oktober dieses Jahres eine nationale Ausstellung für die hydro-elektrische Industrie und eine internationale Ausstellung für Schwachstromtechnik, zur Erinnerung an den grossen Forscher, den wir zu den Begründern der Elektrotechnik zählen. Como sah zu dieser Zeit Tagungen einer Menge wissenschaftlicher und elektrotechnischer Vereinigungen.

Alessandro Volta wurde am 18. Februar 1745 geboren[1]). Ausgestattet mit Ordnungssinn, einer glücklichen Gemütsart und einem grossen Scharfsinn für

[1]) Wir entnehmen die folgenden Angaben einer ausführlichen Biographie, verfasst von Rollo Appleyard, No. 4 der Electrical Communication, herausgegeben von der International Standard Electric Corporation.