

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 46 (1955)
Heft: 11

Artikel: Lichttechnische Anforderungen an Strassenbeleuchtungen
Autor: Kessler, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060930>

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: 03.04.2026

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

- [29] *Hammarlund, P. E.* und *O. Johansen*: La tension transitoire de rétablissement dans le réseau suédois, à la coupure d'un court-circuit. *Asea Rev.* Bd. 24(1952), Nr. 2, S. 27...37.
- [30] *AIEE Joint Subcommittee on Distribution Circuit Recovery Voltages*: Recovery Voltage Characteristics of Distribution Systems. Paper presented at the AIEE Mid-Winter Meetings.
- [31] *Callow, J. A.*: Simplified Calculations for Rate of Rise of Restriking Voltage. Technical Report G/T261, 1952. Leatherhead: The British Electrical and Allied Industries Research Association 1952.
- [32] *Commission Electrotechnique Internationale*: Règles de la C.E.I. pour les disjoncteurs à courant alternatif. Chapitre 1: Règles relatives au fonctionnement lors de courts-circuits. S. 70...77. Publ. n° 56-1, 2^e éd. Genève: Bureau Central de la C.E.I. 1954.
- [33] *Puppikofler, H.*: Bemerkungen zum Entwurf der neuen Regeln des SEV für Wechselstrom-Hochspannungs-Schalter. Bull. SEV Bd. 44(1953), Nr. 2, S. 37...39.
- [34] *Regeln für Wechselstrom-Hochspannungs-Schalter*. Bull. SEV Bd. 44(1953), Nr. 2, S. 71...80.
- [35] *Meyer, H.*: Der Brown-Boveri-Druckluftschneider für das 380-kV-Netz. Bull. SEV Bd. 44(1953), Nr. 4, S. 157...162.
- [36] *Young, A. F. B.*: Some Researches on Current Chopping in High-Voltage Circuit-Breakers. Proc. Instn. Electr. Engrs. Part II, Bd. 100(1953), Nr. 76, S. 337...353; Discussion S. 354...361.
- [37] *Johnson, I. B., A. J. Schultz* und *W. F. Skeats*: System Recovery Voltage and Short-Circuit Duty for High-Voltage Circuit Breakers. Power Apparatus Syst. Bd. —(1953), Nr. 9, S. 1339...1347.
- [38] *Schiller, H.* und *H. Meyer*: Die in schweizerischen 50-kV-Netzen vorkommenden Bedingungen in Bezug auf Abschaltleistung und Eigenfrequenz. Bull. SEV Bd. 45(1954), Nr. 13, S. 526...530; 543.

Adresse des Autors:

Dr. P. Baltensperger, A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

Lichttechnische Anforderungen an Strassenbeleuchtungen

Vortrag, gehalten an der Diskussionstagung des SBK am 14. April 1955, in Zürich,

von H. Kessler, Zürich

628.971.6

A. Allgemeines

Wenn man sich über lichttechnische Anforderungen, die an eine Strassenbeleuchtung gestellt werden sollen, auseinandersetzen will, so muss man sich vorerst einmal die Frage stellen:

«Wann ist eine Strassenbeleuchtung gut und wie soll sie ausgeführt werden, damit sie gut ist?»

Es sind nun schon bald 20 Jahre her, dass sich Bouma, ein bekannter holländischer Physiker, ebenfalls und sehr eingehend mit diesem Problem beschäftigte, zu einem Zeitpunkt, wo die öffentliche Beleuchtung, besonders die permanente ortsfeste Beleuchtung von Autostrassen aktuell wurde. Er hat gewisse Wahrnehmungen und praktische Erfahrungen zusammen mit seinen Mitarbeitern auch von der wissenschaftlichen Seite untersucht und geschrieben:

«Wenn man sich die Frage vorlegt, muss man sich darüber klar sein, welches äusserst kompliziertes Problem hier aufgeworfen wird, ein Problem, dessen Lösung nur durch die Zusammenarbeit der verschiedensten Zweige der Wissenschaft möglich ist; eine reiche Fülle praktischer Erfahrungen ist dabei ebenfalls unentbehrlich. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass wir im Interesse der Verkehrssicherheit gute Sicht auf dem Wege erreichen wollen. Abgesehen von einer Reihe technischer und physikalischer Faktoren (wie Helligkeitsverteilung, physikalische Zusammensetzung des Lichtes usw.), wird die Sicht in hohem Masse von den besonderen Eigenschaften unseres Auges beeinflusst. Eine eingehende Untersuchung dieser Augeneigenschaften wird daher einen unerlässlichen Bestandteil der Frage der Strassenbeleuchtung bilden.»

Damit soll angedeutet sein, dass der subjektive Gesamteindruck einer Strassenbeleuchtung nicht allein von den lichttechnischen Anforderungen abhängig ist.

Die Erfüllung der Aufgabe des Lichttechnikers liegt in der

«Wahrnehmung»,

einer guten, sicheren und raschen Wahrnehmung.

Die Wahrnehmung ist vor allem dann gut, wenn

- die Kontraste genügend gross sind,
- das Objekt mit ausreichender Schärfe erkannt wird,

- der Gegenstand auf der Strasse rasch genug wahrgenommen wird.

Kontraste erhält man, wenn sich ein hellbeleuchteter Gegenstand vom dunklen Hintergrund oder ein dunkler Gegenstand vom hellen Hintergrund abhebt. Die Untersuchungen über die Reflexionskoeffizienten haben gezeigt, dass weitaus die meisten Objekte, die sich auf einer Strasse befinden, einen schlechteren Reflexions-Wirkungsgrad haben als die Strassendecke. Man wird also versuchen, diese Gegebenheiten mit der künstlichen Beleuchtung auszunützen und zu unterstützen, weil damit gleichzeitig auch wirtschaftliche Zwecke verbunden sind. Am besten würde dieses Ziel dann erreicht und man käme den Idealbedingungen am nächsten, wenn das Licht in parallelen Strahlen von oben nach unten senkrecht auf die Strasse fiel, so dass die horizontale Fläche, d. h. die Strassendecke, mit dem besten Wirkungsgrad und die vertikalen Flächen, in diesem Fall die Objekte auf der Strasse, gar nicht beleuchtet würden.

Um den für eine einwandfreie Wahrnehmung nötigen Kontrast zu erzielen, ist eine genügend hohe Leuchtdichte der Strassenoberfläche, d. h. bei einem gegebenen Reflexionskoeffizienten eine entsprechende Beleuchtungsstärke nötig. Da Wahrnehmungen aber nicht von der Beleuchtungsstärke, sondern von Leuchtdichte-Unterschieden oder, wenn man die Verhältnisse noch besser präzisieren wollte, von den empfundenen Helligkeitskontrasten abhängig sind, sagt die Beleuchtungsstärke eigentlich nicht viel aus über die Güte einer Strassenbeleuchtung. Trotzdem wird man mit ihr noch auf Jahre hinaus arbeiten müssen, weil die nicht allgemein zur Verfügung stehenden Instrumente zur Messung der Leuchtdichte und deren Messresultate nur von geübten Technikern gehandhabt und ausgewertet werden können. Immerhin kann gesagt werden, dass die mittlere Beleuchtungsstärke einer gut beleuchteten Verkehrsstrasse ausserorts in der Grössenordnung zwischen 4 und 8 Lux liegen wird, währenddem sie innerorts, je nach der Verkehrsdichte, wenigstens zum Teil wesentlich höher sein muss. Die Versuchsstrecke Hegnau—Dübendorf wird hierüber nähere Angaben vermitteln.

Der vorerwähnte Idealfall des senkrechten Licht-einfalls würde uns gleichzeitig auch den Idealzustand in Bezug auf die örtliche Gleichmässigkeit liefern. Eine solche Anlage ist jedoch weder finanziell noch ästhetisch durchführbar. Wir müssen uns demzufolge mit einzelnen Lichtpunkten in bestimmten Abständen begnügen. Da die Forderung nach einer guten Gleichmässigkeit aber aufrecht erhalten bleibt, ist ein wirtschaftlich-lichttechnischer Kompromiss zu finden zwischen Lichtpunkthöhe und Lichtpunktabstand und der Lichtverteilung der Leuchten.

B. Die Leuchten

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und einer möglichst grossen Gleichmässigkeit sollen die Leuchten eine ausgesprochene Lichtstromverteilung in Längsrichtung der Strasse aufweisen, und zwar so, dass im Winkel von 15...20° zur Horizontal-ebene kein Licht oder kein die Sichtbarkeit störendes Licht austritt (Fig. 1). Eine Störung der Sichtbarkeit ist dann vorhanden, wenn durch zu hohe Leuchtdichten des Beleuchtungskörpers im

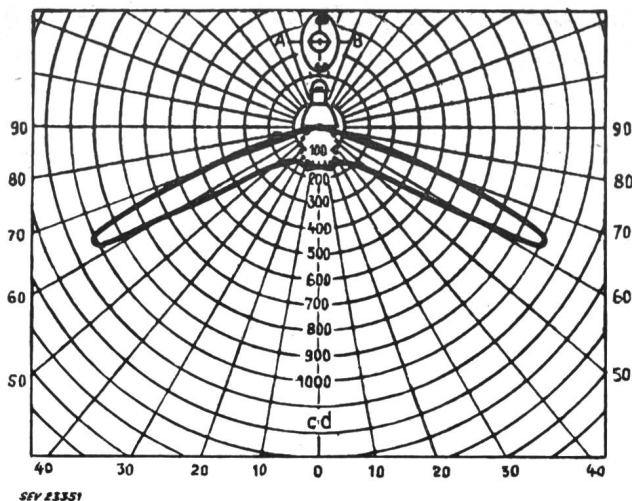


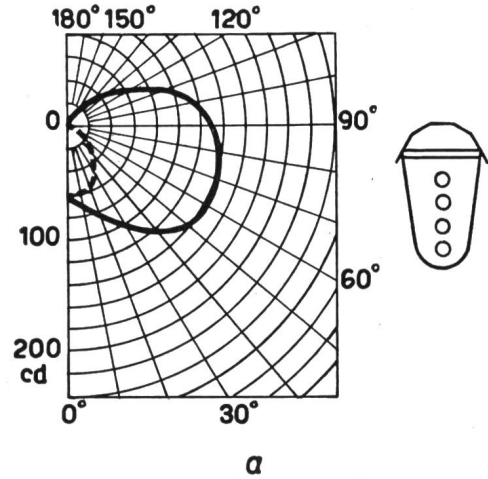
Fig. 1

Lichtverteilungskurve einer Strassenleuchte mit ausgesprochen asymmetrischer Ausstrahlung in Längsrichtung der Strasse (Alumag S5001/2/3)

Blickfeld Blendung auftritt. Die Höhe dieses Blendungspegels ist allerdings relativ und in starkem Masse von der Umgebungshelligkeit abhängig, so dass man auf Strassen ausserorts wahrscheinlich Leuchten mit einer vollständigen Abschirmung innerhalb des erwähnten Winkels wählen wird, währenddem es in Strassen innerorts mit den mehr oder weniger hellen Hausfassaden als Begrenzung des Raumes sehr wohl möglich oder sogar erwünscht ist, Leuchten mit breiterer Lichtverteilung zu verwenden. Sie verbessern nicht nur die Gleichmässigkeit, sondern tragen in ästhetischer Hinsicht durch teilweise Anstrahlung der Fassaden dazu bei, das Strassenbild aufzuhellen und freundlicher zu gestalten.

In Hauptgeschäftsstrassen mit einem an und für sich schon hohen Beleuchtungsniveau, das zur Hauptsache von der Schaufensterbeleuchtung kommt, ergibt sich z. B. der Extremfall, wo es zu-

lässig ist, dank der geringen Leuchtdichte der Fluoreszenzlampen, freistrahkende Leuchten zu installieren, ohne gegen die lichttechnischen Anforderungen in Bezug auf die Blendung zu verstossen (Fig. 2a und b).



a

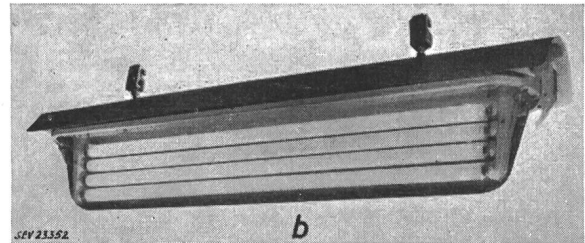


Fig. 2

Freistrahkende Fluoreszenzleuchte (Philips UB 440)

- a Lichtverteilungskurve der Leuchte mit breiter Lichtausstrahlung in Längsrichtung der Strasse. Leuchte geeignet für Hauptverkehrsstrassen, wo Wert auf die Aufhellung der Gebäudefronten gelegt wird.
- b Beispiel einer Leuchte mit 4 Fluoreszenzlampen übereinander

Im übrigen ist es auch auf Strassen ausserorts erwünscht, dass das Licht nicht nur eng begrenzt auf die Strasse fällt, sondern in geringem Masse deren Umgebung beleuchtet, womit dem Strassenbenutzer die Orientierung, das Schätzen von Distanzen und Geschwindigkeiten erleichtert wird (Fig. 3a und b).

C. Die räumliche Anordnung der Lichtpunkte

Die Wahl der Leuchten bestimmt gewissermassen auch die Lichtpunktabstände und die Lichtpunkthöhe, denn je enger der Lichtausstrahlungswinkel der Leuchte ist, desto kürzer werden die Lichtpunktabstände und desto grösser die Lichtpunkthöhe. Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass die Lichtpunkthöhe je nach Strassenbreite 8,5...10 m bei einem Lichtpunkt-abstand von 25...35 m betragen soll. Dementsprechend wurde auch die Aufstellung und die Dimensionierung der Maste auf der Versuchsstrecke Hegnau—Dübendorf gewählt. Überdies wird es dort möglich sein, mit einigen mobilen Lichtpunkten die Versuche auf andere Verhältnisse zu erweitern.

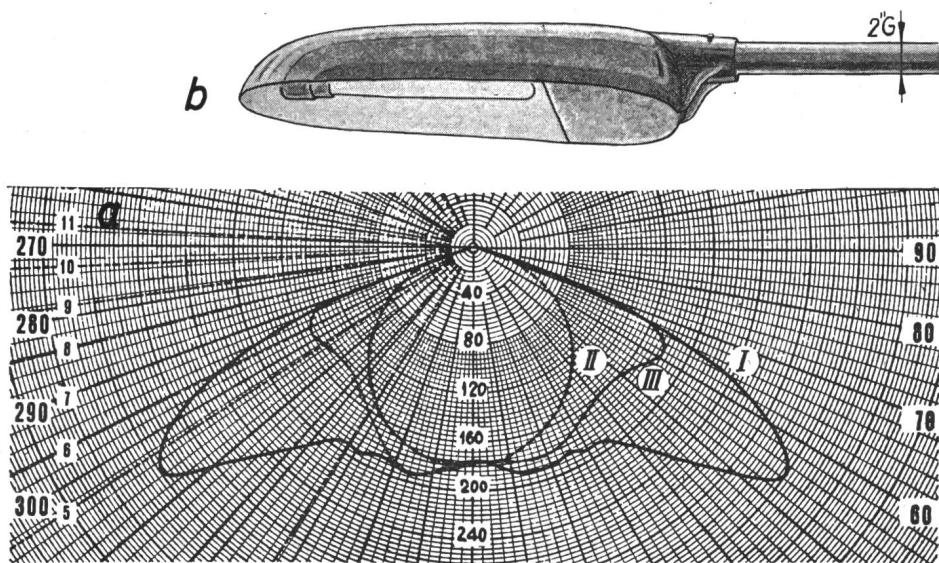
In Bezug auf die Anordnung der Lichtpunkte sind verschiedene Lösungen möglich (Fig. 4):

- einseitig
- zickzack
- beidseitig
- Mittelaufhängung
- Doppelaufhängung über jeder Fahrbahn
- versetzte Aufhängung an Überspannungen über jeder Fahrbahn.

Die einseitige Anordnung wird für verhältnismässig schmale Strassen genügen. In vielen Fällen wird aber auch aus finanziellen Gründen keine andere bessere Lösung möglich sein. Lichttechnisch vorzuziehen ist jedoch die zickzackförmige Anordnung, da sie die Strassenränder besser beleuchtet,

neleingängen usw. angewendet. In Kurven sind kleinere Lichtpunktabstände vorzusehen als auf der geraden Strecke. Bei einseitiger Anordnung der Lichtpunkte sollen die Leuchten an der äusseren Strassenseite montiert werden.

Währenddem man auf Ausserortsstrassen und auch in locker bebauten Ortschaften und Quartieren aus ästhetischen Gründen Kandelaber wählt und diese an den Strassenrändern placiert, kann man dort, wo sich eine Möglichkeit bietet, aus denselben Erwägungen und aus Sicherheitsgründen Überspannungen vorziehen, die an den Hausfassa-



a Lichtverteilungskurve der Leuchte, wie sie verwendet wird bei Platzierung der Lichtpunkte am Strassenrand. Bei solchen Leuchten ist es besonders erwünscht, die Verteilung des Lichtstromes in verschiedenen Ebenen zu kennen, um ein Bild nicht nur über die Beleuchtung der Strasse, sondern auch der Umgebung zu haben.

Kurve I Lichtverteilung in der Ebene A-A

Kurve II Lichtverteilung in der Ebene B-B

Kurve III Lichtverteilung in der Ebene C-C

Geleuchtwirkungsgrad $\eta_L = 73\%$

b Ansicht der Leuchte für eine Natriumlampe SO 85 W; Gehäuse aus Siluminguss; das Vorschaltgerät ist eingebaut

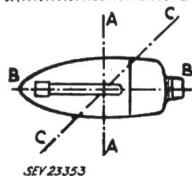


Fig. 3
Asymmetrische Natrium-Leuchte
(Belmag 9107)

was bei glänzendem, nassem und schwarzem Strassenbelag geradezu demonstrativ zur Geltung kommt, wenn am Strassenrand die reflektierten Spiegelfahnen der Lichtquellen sich abzeichnen, die in diesem Strassenzustand oft allein ein Kontrastsehen überhaupt ermöglichen. Dabei wird selbstverständlich vorausgesetzt, dass die Leuchtdichte dieser Spiegelstreifen die Wahrnehmung

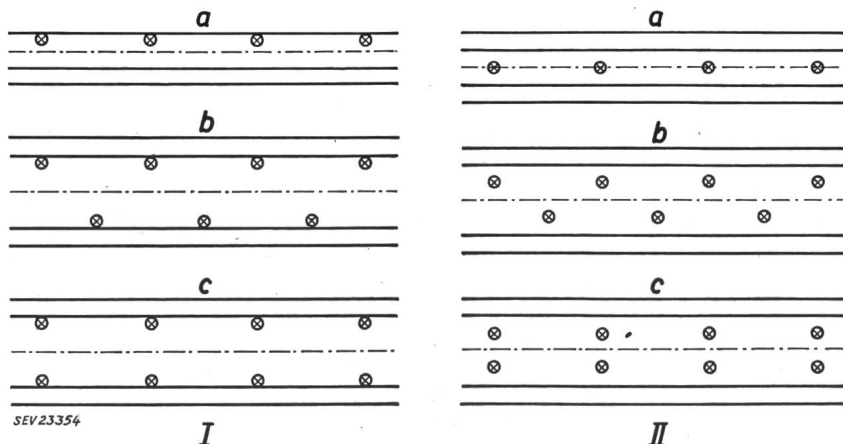
den verankert sind. Die da und dort verwendeten Kandelaber mit ihren Leuchenaufsätzen sind, wie die Erfahrung gezeigt hat, nicht dazu angetan, die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Sie erzeugen vor allem bei nassem Strassenbelag gefährliche Spiegelblendungen, die eine sichere Wahrnehmung erschweren.

In Bezug auf die Anordnung der Lichtpunkte gibt es noch eine Reihe von Sonderfällen, für wel-

Fig. 4
Leuchtenanordnung

- I seitliche Anordnung
- a einseitig
 - b beidseitig im Zickzack
 - c beidseitig gegenüberstehend

- II Leuchten über Fahrbahn
- a Mittelaufhängung
 - b über der Fahrbahn im Zickzack
 - c über der Fahrbahn gegenüberliegend



nicht störend beeinflusst, sondern unterstützt. Die beidseitige Installation der Lichtpunkte wird bei breiten Strassen, bei Strassen mit starkem Verkehr, auf Brücken und deren Auffahrtsrampen, bei Tun-

che ein Arbeitsausschuss der Fachgruppe 5 des SBK, «Strassenbeleuchtung», folgende Vorschläge zwecks Aufnahme in die «Richtlinien» zur Diskussion unterbreitet:

Verkehrsplätze

Die Beleuchtung soll mindestens so stark sein wie die bestbeleuchtete Strasse, welche auf den Platz mündet; bei starkem Fussgängerverkehr wesentlich höher, mindestens aber 50 % mehr.

Auf Plätzen sollen die Lichtpunkte am Rande derselben angeordnet werden (Fig. 5).

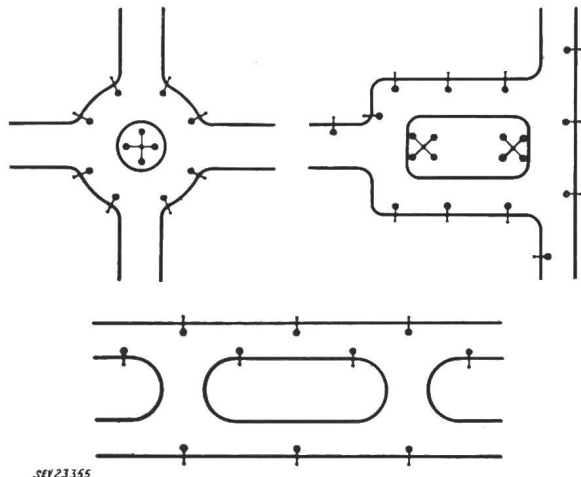


Fig. 5

Anordnung der Lichtpunkte auf Verkehrsplätzen

Nur wo der Platz sehr gross ist oder aus repräsentativen Gründen können auch in der Mitte desselben noch Masten gesetzt werden.

Bei Verwendung von Masten mit mehreren Leuchten soll die Masthöhe grösser sein, als dies für die Strassenbeleuchtung üblich ist (z. B. 14...16 m), wodurch der Mast leichter wirkt und auch ästhetisch tragbar ist.

In besonderen Fällen können Plätze auch von den Dächern der angrenzenden Gebäude mit ganzen Batterien von Scheinwerfern beleuchtet werden, wobei jedoch der Blendung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

Kreuzungen

Bei Strassenkreuzungen soll darauf geachtet werden, dass sowohl bei links- als auch bei rechtsseitigen Kurven in Fahrrichtung genügend Leuchtdichte- (Helligkeits-) Reflexe auf der Strassenoberfläche entstehen, weshalb sich eine Anordnung der Lichtpunkte nach Fig. 6 empfiehlt.

An gefährlichen oder stark frequentierten Verkehrsknotenpunkten und Kreuzungen ist eine zusätzliche Leuchte über dem Schnittpunkt der Strassenachse zu empfehlen, wenn möglich mit einer anderen Lichtfarbe (Fig. 6).

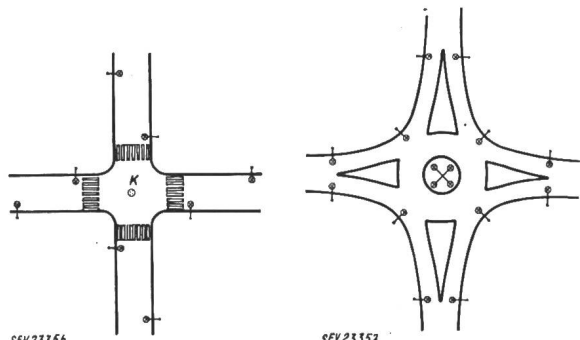


Fig. 6

Anordnung der Lichtpunkte bei Strassenkreuzungen

Fig. 7

Anordnung der Lichtpunkte grossflächiger Strassenkreuzungen

Bei Kreuzungen mit flächenmässig grosser Ausdehnung und mit einer Verkehrsregelung sind zusätzliche Masten auf den Inseln erwünscht (Fig. 7).

Einmündungen

Wo eine Nebenstrasse in eine Hauptstrasse einmündet, ist eine Lichtquelle unmittelbar in Achsrichtung der Fahrbahn der einmündenden Strasse auf der gegenüberliegenden Seite der Hauptstrasse anzubringen (Fig. 8).

Dieser Lichtpunkt kann mit einer Reflexfläche (Fig. 9) zusätzlich markiert werden.

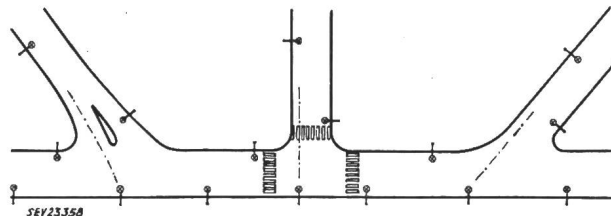


Fig. 8

Anordnung der Lichtpunkte bei Einmündungen von Nebenstrassen in Hauptstrassen

Ausserdem gelten für die Anordnung der übrigen Lichtpunkte die Empfehlungen, wie sie für Strassenkreuzungen erwähnt wurden.

Bei gefährlichen, unübersichtlichen Einmündungen kann der gegenüberliegende Lichtpunkt auch eine andere Lichtfarbe haben.

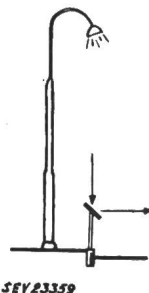


Fig. 9

Hervorheben eines Lichtpunktes gegenüber einer Strasseneinmündung durch eine Reflexmarke

Für Kreuzungen und Einmündungen sollen abgeschirmte Leuchten verwendet werden, damit keine Blendungen auftreten.

Strassengabelungen (mit Einbahnstrassen)

Bei Strassengabelungen mit austretender Einbahnstrasse sind die Lampen nach Fig. 10 anzuordnen.

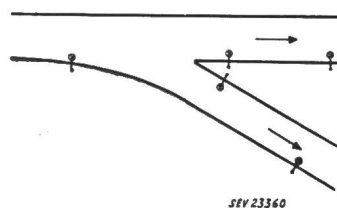


Fig. 10

Anordnung der Lichtpunkte an einer Strassengabelung, an der eine Einbahnstrasse abzweigt

Brücken, Viadukte, Tunnelleingänge und Tunnels

Bei Viadukten, Brückenauffahrten, Tunnelleinfahrten und ähnlichen Stellen werden die Lichtpunkte meistens an beiden Seiten der Fahrbahn einander gegenüber angebracht, und zwar nicht nur wegen des besseren Gesamteindrucks der Anlage, sondern vor allem deshalb, weil die Gefahr hier grösser und somit mehr Licht erwünscht ist.

In Strassentunnels muss eine Tag- und eine Nachtbeleuchtung vorgesehen werden. Bei Tag beidseitige Abnahme der Lichtstärken gegen die Tunnelmitte, bei Nacht Abnahme der Lichtstärke gegen aussen.

Bahnübergänge

Alle Bahnübergänge, ob bewacht oder unbewacht, sollen mit einer besonderen Beleuchtung versehen werden, und zwar beidseitig der Geleiseanlage (Fig. 11); dort, wo Barrieren vorhanden sind, ausserhalb derselben (Fig. 12). Ist die Strasse, welche zum Bahnübergang führt, unbeleuchtet, so ist die verwendete Lichtfarbe von untergeordneter Bedeutung. Empfohlen wird Natriumlicht, da dieses auf grössere

Fortsetzung des allgemeinen Teils auf Seite 533

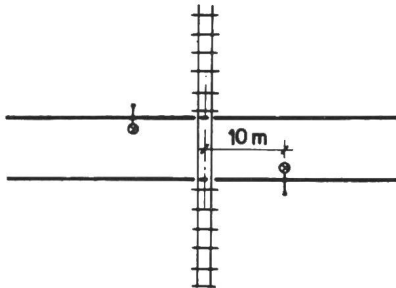
Es folgen «Die Seiten des VSE»

Fortsetzung von Seite 520

Lichttechnische Anforderungen an Strassenbeleuchtungen (Fortsetzung)

Distanz — besonders auch bei Nebel — besser sichtbar ist und infolge des Farbeffektes besser auffällt.

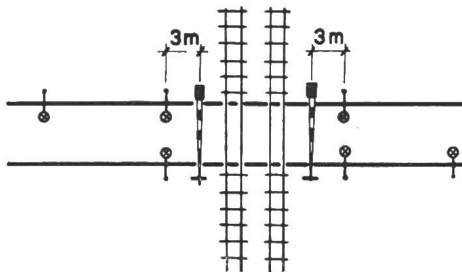
Wenn die Strassen als solche beleuchtet sind, soll für den Bahnübergang eine andere Lichtfarbe verwendet werden.



SEV 23361

Fig. 11

Anordnung der Lichtpunkte bei einem Übergang über eine eingleisige Bahn, ohne Barrieren



SEV 23362

Fig. 12

Anordnung der Lichtpunkte bei einem Übergang über eine zweigleisige Bahn, mit Barrieren

D. Die Wahl der richtigen Lichtquelle

Die Lichttechnik hat in den letzten Jahren eine Anzahl von Lampen geschaffen, die eine interessante Bereicherung und eine ungeahnte Entwicklung in der Beleuchtungstechnik zur Folge hatten. Einige dieser neuen Lampentypen haben auch mit Erfolg in der Strassenbeleuchtung Eingang gefunden. Es sind vor allem die Entladungs- und Fluoreszenzlampen, für die sich schon bald nach ihrem Erscheinen, je nach ihren physikalischen, optischen, licht- und installationstechnischen Eigenschaften, typische Anwendungsgebiete herausgeschält haben. So dürften, um in dieser Hinsicht vielleicht zwei extreme Lichtquellen zu nennen, nach der Auffassung des Verfassers die Natriumdampflampen hauptsächlich das Gebiet der Überlandstrassenbeleuchtung beherrschen, während die Fluoreszenzlampen, nach dem heutigen Stand der Technik zu beurteilen, hierfür weniger in Frage kommen, dagegen für die Beleuchtung von Strassen und Plätzen innerorts sicher da und dort ihre Berechtigung finden.

In der Folge soll ein Überblick über die hauptsächlichsten zurzeit für die Strassenbeleuchtung zur Verfügung stehenden Lichtquellen gegeben werden:

1. Glühlampen

Seit ihrer Geburt hat sich die Glühlampe in einem unaufhaltsamen Siegeszug das Gebiet der

Strassenbeleuchtung erobert und behauptet das Feld auch heute noch. Wohl können da und dort auch andere Lampenarten festgestellt werden, wie Entladungslampen, Fluoreszenzlampen oder sogar die «gute alte» Gasbeleuchtung, welche in unseren Verhältnissen meistens nur noch historische Bedeutung hat, trotz vielfach sehr moderner und neuzeitlicher Konstruktion der Leuchtgeräte. Diese Gegenwarts-Situation darf jedoch nicht zu falschen Schlüssen für die Zukunft verleiten, denn der fortschreitenden Entwicklung in der Lichttechnik wird es zweifellos vorbehalten sein, der Glühlampe in Konkurrenz mit anderen neueren Lichtquellen das Leben schwer zu machen.

Die *Hauptvorteile* der Glühlampe, welchen sie bis dahin ihre weitverbreitete Anwendung in der Strassenbeleuchtung zu verdanken hat, sind:

- a) Einfacher Betrieb. Sie kann ohne irgendwelche Hilfsmittel direkt an Gleich- und Wechselstromnetze mit normalen Spannungen angeschlossen werden.
- b) Sie steht in einer ganzen Reihe von Leistungseinheiten zur Verfügung, mit Lichtstromwerten von 100 bis etwa 30 000 lm.
- c) Betrieb und Betriebssicherheit sind praktisch unabhängig von der Umgebungstemperatur.
- d) Sie hat ein «weisses» Licht mit kontinuierlichem Spektrum.
- e) Die Lampenersatzkosten sind gering.

Dagegen besitzt die Glühlampe, verglichen mit den neuen Fluoreszenz- und Entladungslampen, auch einige *Nachteile*, und zwar vor allem:

- f) Die Lichtausbeute ist wesentlich kleiner; gegenüber Quecksilber- und Fluoreszenzlampen, je nach Grösse der Lampentypen, 2¹/₂- bis 4mal und gegenüber Natriumdampflampen 4- bis 5mal.
- g) Damit werden die Stromkosten einen ganz bedeutenden Umfang annehmen, so dass aus wirtschaftlichen Gründen kaum daran gedacht werden dürfte, eine Automobil-Überlandstrasse mit Glühlampen derart zu beleuchten, wie es der heutige Verkehr erfordert.
- h) Die kleinere Lichtausbeute hat ausserdem zur Folge, dass bei gleichem Beleuchtungsniveau entsprechend grössere Lampen-Einheiten und deshalb auch grössere Querschnitte der Leitungen nötig sind.
- i) Die mittlere Lebensdauer normaler Glühlampen ist 2- bis 7mal geringer als bei den Entladungslampen, was sich bezüglich der Auswechslungskosten ganz empfindlich auswirkt, wenn man weiss, dass die Arbeitskosten für die Auswechslung, je nachdem ob es sich um eine Orts- oder Ausserortsbeleuchtung handelt, 5 bis 30 Franken betragen können.

k) Innerorts und vor allem in den Hauptgeschäftsstrassen, wo die Schaufenster und Läden immer mehr mit den neuen und viel weisseren Licht spendenden Fluoreszenzlampen beleuchtet werden, wird eine Zeit kommen, wo die zwar weisse, aber verglichen mit den neuen Lichtquellen mehr rötlich-gelbe Lichtfarbe der Glühlampen nicht mehr genügt.

1) Die Glühlampen sind bezüglich ihrer Lichtausbeute in starkem Masse spannungsabhängig, was sich besonders bei ausgedehnten und langen Speiseleitungen auswirkt. Bei 10 % Unterspannung sinkt der Lichtstrom um 35 %. Entladungslampen sind in dieser Hinsicht viel weniger empfindlich.

2. Quecksilberdampf lampen und Mischlicht

Die Quecksilberdampf lampen werden in verschiedenen Grössen hergestellt (80, 125, 250, 400 W) und besitzen eine Lichtausbeute von 33 bis 42 lm/W, haben eine hohe Lebensdauer und sind bezüglich ihrer Betriebscharakteristik weitgehend unempfindlich innerhalb der normal vorkommenden Netzspannungsschwankungen.

Sie haben jedoch ein selektives Spektrum hauptsächlich in Gelb, Grün und Blau, und das erzeugte Licht ist deshalb nicht weiss, sondern ein weissliches Blaugrün. Das ist offensichtlich der Grund, warum die Quecksilberdampf lampen in der Schweiz allein selten und nur in besonderen Fällen für die Strassenbeleuchtung verwendet wurde. Dagegen findet sie eine interessante Anwendung in Kombination mit Glühlampen im sogenannten Mischlicht, wofür die Leuchtenindustrie eine Anzahl Leuchtentypen geschaffen hat, die mit zwei oder mehreren Fassungen versehen sind für die Aufnahme der Quecksilberdampf- und Glühlampen.

Die getrennte Verwendung von Quecksilberdampf- und Glühlampen in der gleichen Leuchte gestattet eine weitgehende Anpassung der Lichtfarbe an die Wünsche des Verkehrs und auch eine wirtschaftliche Ausnützung der Beleuchtungsanlage in der Spätnacht, indem nur die Glühlampen ausgeschaltet werden, während die Quecksilberdampf lampen mit ihrer hohen Lichtausbeute weiterbrennen. Damit wird dieselbe Gleichmässigkeit der Beleuchtungsstärken, nur mit geringerem Niveau, beibehalten, womit die oft störenden und die Verkehrssicherheit gefährdenden Dunkelräume vermieden werden, die durch das Abschalten jeder zweiten und dritten Lichtstelle entstehen.

3. Mischlicht lampen

Die Mischlichtlampe ist die Kombination einer Quecksilberdampf lampen mit einer Glühlampe, wobei das Quecksilberdampfentladungsrohr und der Glühfaden im selben Kolben untergebracht sind. Der Glühfaden ist mit dem Quecksilberdampfentladungsrohr in Serie geschaltet und übernimmt auch gleichzeitig die stabilisierende Funktion eines Vorschaltgerätes. Für den Betrieb der Mischlichtlampe ist somit keine Drosselspule nötig.

Das Lichtstromverhältnis von Glühlicht zu Quecksilberdampflicht beträgt etwa 1:1 und ergibt ein angenehmes, annähernd kontinuierlich-weisses, tageslichtähnliches Mischlicht, bei einer Lichtausbeute von ca. 20 lm/W.

Die Lebensdauer der Mischlicht lampen ist von der Anzahl Einschaltungen abhängig und dürfte in der Strassenbeleuchtung im Mittel bei 3000 Brennstunden liegen.

4. Quecksilberdampf-Leuchtstoff lampen

Die bereits erwähnten Quecksilberdampf lampen werden in verschiedenen Leistungen auch mit einem auf der Innenseite mit Fluoreszenzstoff versehenen Kolben hergestellt mit dem Zwecke, die diskontinuierliche typische Quecksilberdampflichtfarbe zu verbessern. Bis vor kurzem konnte auf diese Weise ein gelblichgrünes Licht erzeugt werden, das nicht besonders angenehm war, aber doch in vielen Nebenstrassen von geringerer Bedeutung, vor allem im Ausland, wegen des hohen Wirkungsgrades oft verwendet wurde. Inzwischen ist es jedoch gelungen, Leuchtstoffe zu entwickeln, die eine weitgehende Korrektur des Quecksilberdampflichtes ermöglichen und eine ziemlich gute, für die Zwecke der Strassenbeleuchtung ausreichende, weisse Lichtfarbe ergeben. Die Lichtausbeute beträgt 33 bis 43 lm/W, die Lebensdauer in der Strassenbeleuchtung etwa 4000 Stunden im Mittel. Diese neue Lampe hat sich überraschend schnell in der Strassenbeleuchtung eingeführt.

5. Natriumdampf lampen

Diese Entladungslampe nimmt im Rahmen der Strassenbeleuchtung eine besondere Stellung ein. Bekanntlich ist das Licht der Natriumdampf lampen monochromatisch gelb, was zur Folge hat, dass die Körperfarben nicht mehr gesehen werden und die Gegenstände nur in Helligkeitskontrasten wahrgenommen werden. Die Anwendung der Natriumdampf lampen ist deshalb beschränkt. Weshalb diesem Lampentyp in der Strassenbeleuchtung aber trotzdem eine bedeutende Rolle zufällt, ist seinen ganz besonderen Eigenschaften zuzuschreiben hinsichtlich seinen Betriebsdaten und seinen lichttechnischen Charakteristiken. Die Natriumdampf lampen besitzt eine hohe Lebensdauer (in der Strassenbeleuchtung im Mittel etwa 4000 Stunden), sie hat eine enorme Lichtausbeute von bis zu 63 lm/W und ist weitgehend unabhängig von Spannungsschwankungen.

Nach Bouma, van Liempt, Holst, Klein und anderen mehr hat das monochromatische gelbe Licht gewisse Vorteile visueller Natur. Die Kontraste, welche vor allem für eine gute Wahrnehmung verantwortlich sind, werden viel ausgeprägter. Durch das Ausscheiden der chromatischen Aberration wird die Sehschärfe vervielfacht und infolge der niedrigeren Oberflächenleuchtdichte der Natriumdampf lampen und des besonderen Spektrums die Blendungsgefahr verringert. Diese Eigenschaften führen zu einer Steigerung der Sehfähigkeit, der Wahrnehmungsgeschwindigkeit und verhüten eine rasche Ermüdung des Auges. Bei Nebel ist die Sicht, nach dem Rayleigh'schen Gesetz, besser, und im allgemeinen dürfte auf mit Natriumdampflicht beleuchteten Strassen ein erhöhtes Wohlbefinden festzustellen sein, was Kruthoff im Zusammenhang mit der Beleuchtungsstärke und der Farbtemperatur begründet. Die Versuchsstrecke Hegnau—Dübendorf wird auch über diese Probleme weitere Aufschlüsse geben.

Motorfahrzeuge sollen auf mit Natriumdampflicht beleuchteten Strassen nur mit ihren Standlicht-

tern verkehren, da sonst der grösste Teil der erwähnten visuellen Vorteile wieder verloren geht.

6. Fluoreszenzlampen

Die Fluoreszenzlampen haben sich mit einer selbst für Fachleute ungeahnten Vehemenz in der Beleuchtung für Innenräume eingeführt. Sowohl die wirtschaftlichen als auch die lichttechnischen Vorteile sind so verlockend, dass es nicht zu verwundern ist, wenn man versucht, diese auch in der Strassenbeleuchtung auszunützen. Bereits wurden nicht nur im Ausland, sondern auch in der Schweiz in den Geschäfts- und Hauptverkehrsstrassen verschiedener Ortschaften mehr oder weniger ausgedehnte Anlagen installiert, zum Teil sind sie als Versuchsanlagen gedacht.

Die Fluoreszenzlampen sind in einer grösseren Anzahl verschiedener Einheiten zur Verfügung, worunter der 40-W-Typ die meist verwendete Lampe ist. Da die Einheiten verhältnismässig klein sind, werden wohl immer mehrere Lampen in einer Leuchte vereinigt werden müssen. Die Lichtausbeute der Fluoreszenzlampen beträgt etwa 30 bis 50 lm/W. Sie ist vor allem auch von der Umgebungstemperatur abhängig. Je tiefer die Temperatur, desto geringer die Lichtausbeute. In einer geschlossenen Leuchte wird das Maximum bei einer Umgebungstemperatur von etwa 0 bis 40 °C erreicht, wobei der Wirkungsgrad nicht unter 80 % des Normalwertes sinkt (Fig. 13). Es ist deshalb

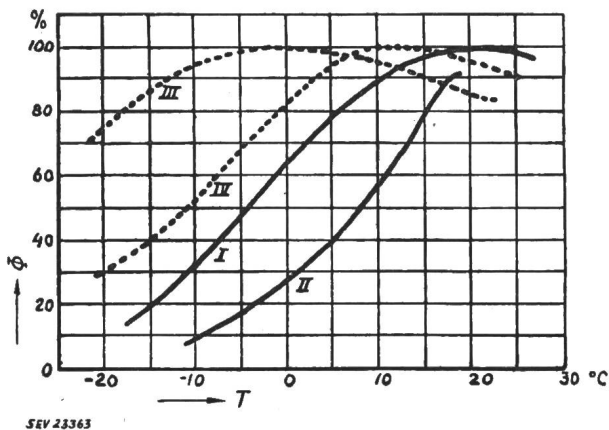


Fig. 13

Abhängigkeit des Lichtstromes von Fluoreszenzlampen von deren Umgebungstemperatur

I nackte Lampe ohne Wind; II nackte Lampe mit Wind; III Lampen in einer 4-Lampen-Leuchte ohne Wind; IV Lampen in einer 4-Lampen-Leuchte mit Wind
 φ Lichtstrom; T Temperatur der Umgebungsluft

nötig, die Fluoreszenzlampen in geschlossenen Leuchten unterzubringen, um sie besonders im Winter vor starkem Luftzug und zu grosser Abkühlung zu schützen. Da tiefe Umgebungstemperaturen das Zünden der Lampen erschweren, ist die Verwendung von Startern, die eine besonders hohe Zündspannung liefern, oder spezieller Lampen, sogenannter Tieftemperaturlampen, zu empfehlen.

Vor kurzem ist eine neue Fluoreszenzlampe, eine sogenannte Direkt-Startlampe, auf dem Markt aufgetaucht, die besonders auch in der Strassenbe-

leuchtung eine interessante Zukunft haben dürfte. Mit dem entsprechenden Vorschaltgerät zündet sie starterlos bis zu -18 °C und ist unabhängig von der Umgebungfeuchtigkeit.

Die Lebensdauer wird im Mittel etwa 7500 Stunden erreichen, womit die Auswechslungs- und Ersatzkosten sehr niedrig werden, besonders dann, wenn alle Lampen für eine Strasse miteinander oder in Gruppen ausgewechselt werden. Bei Gruppenersatz dürfte es jedoch zu empfehlen sein, eine Auswechslung der Lampen schon bei 4000 bis 5000 Betriebsstunden vorzunehmen. Es kann auch festgestellt werden, dass man sich in der Praxis bezüglich der Unterhaltskosten für Fluoreszenzleuchten sehr vorsichtig äussert, da die verhältnismässig voluminösen und komplizierten Armaturen mit ihrer Vielfalt an mechanischen und elektrischen Unterteilen im Verlauf der Jahre noch Überraschungen in Bezug auf ihre Lebensdauer bereiten könnten.

Auf jeden Fall kann dem Ersteller einer solchen Anlage der Rat gegeben werden, nur Leuchten zu verwenden, die den wirklich strengen atmosphärischen Beanspruchungen gewachsen sind, den Anforderungen in Bezug auf Unterhalt, Wartung, Montage usw. genügen und zudem auch den licht- und beleuchtungstechnischen Richtlinien entsprechen. Wenn schon die Konstruktion von Strassenleuchten für punktförmige Lichtquellen grösste Sorgfalt und Erfahrung erfordert, so ist dies noch weit mehr der Fall beim Bau von Strassenleuchten für Fluoreszenzlampen. Nirgends so wie hier dürfte das von Prof. Halbertsma zitierte Wort von Strahlinger angebracht sein:

«Wirtschaftlich überlegen sein heisst nicht unbedingt billiger sein.»

Hinsichtlich der Lichtfarbe dürften wohl die warmweissen (etwa 3000 °K) oder weissen (etwa 4200 °K) Fluoreszenzlampen die besten Resultate ergeben.

7. Die Anwendung der verschiedenen Lampen

Wenn man über die verschiedenen Lampenarten, über ihre betriebs- und lichttechnischen Eigenschaften Bescheid weiss, ist es einfacher, sich ein Urteil über ihre Eignung für den einen oder andern Zweck zu bilden.

Für Strassen innerorts können heute sowohl Glühlampen, Mischlicht-, Quecksilberdampfleuchtstofflampen als auch Fluoreszenzlampen angewendet werden, wobei man die verschiedenen Lichtfarben gerne für die Markierung besonderer Strassenzüge benützt. In mehreren Städten des Auslandes, wo man nun bald auf jahrzehntelange Erfahrung zurückblicken kann, hat es sich z. B. eingebürgert, dass das Natriumdampflicht der Überlandstrassen bis weit in die Städte hinein- oder auf den typischen Durchgangsstrassen sogar hindurchgeführt ist, oder dass dort, wo sogenannte Ringstrassen angelegt sind, diese ebenfalls mit Natriumdampflicht beleuchtet werden, währenddem man für die Strassen zum Zentrum Quecksilberdampfleuchtstofflampen oder Mischlicht vorsieht und die

Hauptgeschäftsstrassen im Zentrum selbst mit Fluoreszenzlampen beleuchtet. Zur Erleichterung des Autoverkehrs sollen jeweils möglichst lange Strecken in einem einheitlichen System beleuchtet werden.

Es ist selbstverständlich, dass die gemachten Angaben nur als Richtlinien dienen, denn es wird immer wieder besondere Fälle, spezielle Gründe, ge-

wisse Umstände und natürlich auch andere Ansichten geben, die für andere Lösungen sprechen.

Auch hierüber wird die Versuchsstrecke Hegnau—Dübendorf mehr Klarheit verschaffen können.

Adresse des Autors:

H. Kessler, Ingenieur, Philips A.-G., Manessestrasse 192, Zürich.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Neuere Messverfahren für Verluste in hochlegierten Transformatorblechen

[Nach A. Richard: Les tôles à cristaux orientés et la rénovation des procédés de mesure des pertes dans le fer. Rev. gén. Electr. Bd. 63(1954), Nr. 12, S. 713...721]

Zweifellos gewinnen hochlegierte Transformatorbleche, u. a. solche mit gerichteter Struktur, im Bau elektrischer Apparate immer mehr an Bedeutung. Die Festlegung einer wirtschaftlichen und genauen Methode zur Messung der magnetischen Eigenschaften dieser Materialien ist deshalb ein Problem grösster Aktualität.

Eine allgemeine Verwendung des bisherigen klassischen Epstein-Apparates stösst auf Schwierigkeiten technischer und wirtschaftlicher Natur, weil die in Frage kommenden hohen Sättigungen und die kleinen Verlustziffern neue Anforderungen an die Messapparatur stellen und weil die Beschaffung der Prüflinge von je 10 kg erhebliche Kosten verursacht.

Die Verkleinerung des Prüflings auf ca. 1 kg ist eine Massnahme, die bereits für das in Amerika verwendete reduzierte Epstein-Gerät und ebenfalls für die neue AEG-Eisenprüfpule nach Koppelman durchgeführt wurde. Im zweiten Gerät kann zudem der gleiche Prüfling für Quer- und Längsmagnetisierung angewendet werden, bei weitgehender Ausschaltung des Einflusses von Blechkanten und von Stoßstellen. Einige Messreihen mit verschiedenen Blechqualitäten zeigen, dass die Resultate für 1-kg- und 10-kg-Prüflinge nicht über $\pm 2\%$ streuen. Dies gilt offenbar nur für hochlegierte Bleche, denn bei gewöhnlichen Qualitäten muss man sich auf ungünstigere Verhältnisse gefasst machen, die die Wahl des grösseren Prüflinges nach wie vor rechtfertigen.

Die zweite Aufgabe besteht in der Wahl der geeigneten Messeinrichtung, um eindeutige Resultate mit dem reduzierten Epstein-Apparat für 1-kg-Prüflinge zu erhalten. Hier gelang es, eine Apparatur zu schaffen, die den Anforderungen entspricht. Ein Drehspul-Voltmeter mit Gleichrichter und Verstärker dient zur Messung der Induktion und elektrodynamische Instrumente zur Messung der effektiven Spannung und der Leistung. Durch verschiedene Umschaltungen wird der störende Einfluss des Eigenverbrauchs der Instrumente eliminiert.

Vergleichsmessungen mit dem klassischen Epstein-Gerät, mit dem reduzierten Epstein-Gerät nach ASTM und der AEG-Prüfpule ergaben, dass die Differenzen bei 10 und 14 kGs (Kilogauss) höchstens 2% betragen, was einer sehr guten Übereinstimmung entspricht, wenn man bedenkt, dass die Messgenauigkeit der einzelnen Verfahren um 1% liegt.

R. Haldimann

Raumwirkungsgrade von Beleuchtungsanlagen

535.365 : 628.972

[Nach R. G. Weigel: Zur Frage der Beleuchtungs- und Raumwirkungsgrade. Lichttechnik Bd. 7(1955), Nr. 1, S. 13...17]

Die Berechnung der mittleren Beleuchtungsstärke für Innenräume basiert auf dem Wirkungsgradverfahren, das empirisch ermittelte Raumwirkungsgrade benützt. Diese sind von den Reflexionseigenschaften von Decke und Wänden sowie von der Raumausstattung abhängig, ferner von den relativen Abmessungen des Raumes, von der Raum- bzw. Leuchtenhöhe über Boden, von der Lichtverteilung der Leuchten, ihrer Zahl und ihrer Anordnung im Raum.

Die Raumwirkungsgrade in den verschiedenen bekannten Tafeln sind unter vereinfachenden Bedingungen aufgestellt

worden, die aber von den wirklichen Räumen mehr oder weniger erfüllt werden. Die Abweichungen sind u. a. durch Fenster, Türen, Einbauten und Möbel bedingt, weil sie die einheitliche Reflexion der Wände beeinträchtigen. Untersuchungen aus den zwanziger Jahren der Technischen Hochschule in Karlsruhe an einem Raummodell haben die starke Beeinflussung des Raumwirkungsgrades durch Veränderung des Reflexionsvermögens der Wände ergeben, wogegen die rechnerische Erfassung einer solchen Änderung zu einer wesentlich geringeren Beeinflussung des Wirkungsgrades führt.

Weitere Unstimmigkeiten treten bei Erfassung der relativen Dimensionsverhältnisse der Räume auf, weil die Tabellen nicht nach einheitlichen Grundsätzen aufgestellt sind. Beim ursprünglichen Harrisonschen Verfahren wird z. B. von quadratischen Grundrissen ausgegangen und mit einer besonderen Formel auf rechteckige Flächen geschlossen. Bei neueren Methoden werden Länge und Breite von Anfang an in die Rechnung einbezogen. Vergleiche beider Berechnungsarten ergeben für gleiche Flächen Differenzen bis zu 20%. Dazu kommt die in den verschiedenen Methoden nicht gleichartig einbezogene Höhe der Leuchten über Boden bzw. der Räume.

Weiter sind die Leuchten nach ihrer Lichtverteilung in verschiedenen Wirkungsgradtabellen recht summarisch berücksichtigt, was eigentlich zur Feinstufigkeit anderer Einflussfaktoren im Widerspruch steht, und schliesslich hat die Anzahl der Leuchten und ihre Verteilung im Raum auch einen Einfluss auf die Wirkungsgrade, was aber in den bekannten Tabellen nicht zum Ausdruck gebracht ist. Über diesen Punkt bestehen nicht publizierte Versuchsergebnisse, die am schon erwähnten Raummodell gewonnen wurden und die Abhängigkeit des Raumwirkungsgrades von der Leuchtenzahl und -Anordnung bezeugen.

Bedenkt man alle diese Unsicherheitsfaktoren, die in den heutigen Wirkungsgradtabellen liegen, dann könnte man zum Schlusse kommen, dass die schon komplizierten Tabellen noch nicht ausführlich genug sind. Andererseits kann man verschiedene Einflussfaktoren, z. B. die Reflexionsgrade, immer nur mit einer gewissen Unsicherheit einschätzen, so dass die Folgerung richtiger scheint, die Tabellen nicht zu verfeinern, sondern sie zu vereinfachen und sich bewusst auf Mittel- oder Grenzwerte zu beschränken.

Beleuchtungswirkungsgrade (η_R in %) Tabelle I

Leuchtenart (Hauptgruppe)	Heller Raum	Mittel- heller Raum	Dunkler Raum
	$\varrho_D \approx 70\%$ $\varrho_W \approx 50\%$	$\varrho_D \approx 50\%$ $\varrho_W \approx 30\%$	$\varrho_D \approx 30\%$ $\varrho_W \approx 10\%$
Direkt	50...85	45...80	45...75
Vorwiegend direkt	40...65	30...55	25...50
Gleichförmig	35...65	25...55	20...45
Vorwiegend indirekt	30...50	20...40	—
Indirekt	20...45	15...30	—

Erklärungen:
 Grenzwerte für die Raumverhältnisse 1...5 und quadratischen Grundriss
 Raumverhältnis = $b : h$ für direkt und vorwiegend direkt;
 $b : H$ für gleichförmig, vorwiegend indirekt und indirekt.
 b Raumbreite
 h Leuchtenhöhe über Boden
 H Raumhöhe
 ϱ_D Reflexionsgrad der Decke
 ϱ_W Reflexionsgrad der Wände