Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 24 (1933)
Heft: 14

Artikel: Strassenbeleuchtung
Autor: Erb, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057243

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: 07.01.2026

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

EDITEUR ET ADMINISTRATION:
Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A., Zurich 4
Stauffacherquai 36/38

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXIVe Année | N° 14 | Vendredi, 7 juillet 1933

Strassenbeleuchtung.

Von *E. Erb*, Zürich.

628.971.6

Der Autor, Sektionschef für öffentliche Beleuchtung des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich (EWZ), hielt am Vortragszyklus der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachmänner über «Strassenbau und Strassenverkehr», der im März d. J. in der Eidg. Techn. Hochschule abgehalten wurde, den nachstehend im Auszug wiedergegebenen Vortrag über Fragen der Strassenbeleuchtung vom Standpunkt des Lichttechnikers aus. Er berücksichtigt darin besonders die Erfahrungen und Studien des EWZ. Die starke Zunahme des Verkehrs einerseits, die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit anderseits stellen bei Dunkelheit immer grössere Anforderungen an die künstliche Beleuchtung. Die Mittel, die dem EWZ, wie auch den anderen Elektrizitätswerken für Neuerstellung und Verbesserung von Strassenbeleuchtungen zur Verfügung stehen, sind beschränkt, wachsen jedenfalls nicht mit den vom Verkehr gestellten Forderungen. Das EWZ verfolgt deshalb die mit der Strassenbeleuchtung zusammenhängenden Fragen eingehend.

Es werden zunächst vergleichende Angaben über die zur Verfügung stehenden Lichtquellen und die gebräuchlichsten Leuchten für Strassenbeleuchtungen gemacht. Hierauf werden die modernen Möglichkeiten der Strassenbeleuchtung unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit untersucht und einige Ausführungsbeispiele beschrieben und zum Schluss wird die Frage der Autostrassenbeleuchtung an Hand von zwei Beispielen erörtert.

L'auteur, chef de la section de l'éclairage public au Service de l'Electricité de la Ville de Zurich (EWZ), a donné, lors de la série de conférences sur la construction des routes et la circulation routière organisées par l'Union suisse des professionnels de la route en mars dernier dans les locaux de l'EPF à Zurich, l'étude que nous reproduisons ci-dessous en résumé sur l'éclairage des voies publiques au point de vue du technicien éclairagiste. Cet exposé se base sur les recherches exécutées et sur les expériences faites par l'EWZ. L'augmentation considérable du trafic et de sa rapidité exigent toujours plus d'un éclairage artificiel. Les moyens dont dispose l'EWZ ainsi que la plupart des autres centrales d'électricité pour l'amélioration et l'établissement de nouvelles installations d'éclairage des voies publiques sont restreints et n'augmentent certes pas en proportion avec les exigences de la circulation nocturne. C'est pourquoi l'EWZ poursuit avec intérêt l'étude des questions touchant à l'éclairage public.

L'auteur produit tout d'abord quelques données comparatives sur les sources de lumière dont on dispose actuellement, ainsi que sur les types de lampes les plus courants pour l'éclairage des routes. Il étudie ensuite les possibilités qu'offre l'éclairage moderne des voies publiques, en tenant compte du côté économique du problème, décrit quelques exemples de réalisation et termine par un aperçu du problème de l'éclairage des autostrades étayé de deux exemples pratiques.

Schon der primitive steinzeitliche Mensch hatte das Bedürfnis, Licht zu erzeugen (Kienspahn). Entsprechend dem Fortschritt der Technik wurden zur Verbesserung der Lichterzeugung immer neue Lichtquellen geschaffen, wobei aber die Lichterzeugung der Endzweck blieb und man sich mit der Messung der Lichtstärke begnügte. Später verlegte sich das Interesse von der Lichtquelle auf die durch diese beleuchtete Fläche. Die Untersuchungen befassten sich mit der Bestimmung und Berechnung der Beleuchtungsstärke dieser Fläche, und zwar wurde von Anfang an der Horizontalbeleuchtung eine grössere Bedeutung beigemessen als der Vertikalbeleuchtung. Als Wertmesser diente vor allem der Mittelwert der Horizontalbeleuchtung.

Erst in die neueste Zeit (ca. 1925) fällt die Erkenntnis, dass es auch mit der Beleuchtung der Fläche noch nicht getan ist, sondern dass das Licht von den Körperflächen wieder abgestrahlt und ins Auge gelangen muss. Dort muss sich das Beleuchtete auf der Netzhaut abbilden, ins Gehirn geleitet werden und uns dort zum Bewusstsein kommen. Es soll dadurch nicht gesagt sein, dass diese Zusammenhänge erst jetzt erkannt worden wären, aber sie wurden erst jetzt Gegenstand eingehender wissenschaftlicher Untersuchungen. Wir berühren hier das Physiologische und Psychologische der Lichttechnik und kommen zum Begriffe der *Beleuchtungsgüte*, der von Teichmüller wie folgt definiert wird:

Die Beleuchtung eines geschlossenen oder freien Raumes nennen wir gut, wenn durch sie die Gegenstände der Umwelt dem Auge deutlich und gefällig in Erscheinung treten. Dazu gehört erstens, dass die Beleuchtungsstärke auf allen Stellen des Raumes und in allen oder vielen Ebenen einen angemessenen Wert habe, dabei zweitens eine gewisse Gleichmässigkeit aufweise, drittens, dass Licht und Schatten, und zwar sowohl Eigenschatten wie Schlagschatten, wirkungsvoll verteilt sind, viertens, dass das Auge durch die Beleuchtung und die Mittel dazu nicht gestört, vor allen Dingen nicht geblendet wird, und zwar weder durch die Lampen

selbst, noch durch Reflexe von beleuchteten Gegenständen, und schliesslich fünftens, dass die Farben deutlich unterschieden werden können, wenn auch nicht so wie bei Tageslicht, so doch in einer das Auge befriedigenden Weise. Zuletzt ist als selbstverständlich vorauszusetzen, dass Leuchtung und Beleuchtung zeitlich gleichmässig, also ruhig seien. Je nach der Art des beleuchteten oder des zu beleuchtenden Raumes wird man den verschiedenen Komponenten der Beleuchtungsgüte verschiedenes Gewicht beilegen.

Eine gute Beleuchtung muss auch *wirtschaftlich* sein.

Von grundlegendem Einfluss auf die Beleuchtung ist die *Lichtquelle*. Der Kampf zwischen dem Gaslicht und dem elektrischen Licht um die höchste Wirtschaftlichkeit hat beide Lichtarten auf einen verhältnismässig hohen Stand gebracht. Bei uns in der Schweiz dürfte dieser Kampf zu Gunsten des elektrischen Lichtes entschieden sein, was vom nationalökonomischen Standpunkt aus unbedingt zu begrüssen ist. Als Lichtquellen für moderne Strassenbeleuchtung kommen heute die Dauerbrand-Effektbogenlampe, die gasgefüllte Glühlampe und die Entladelampen mit Metalldampffüllung in Frage.

Die *Dauerbrand-Effektbogenlampe* wurde ca. 1926 als letzte Vervollkommnung [1]) der schon früher bekannten Bogenlampen in der Schweiz eingeführt. Die Lichterzeugung geschieht im elektrischen Lichtbogen zwischen zwei speziell präparierten Kohlen bei ca. 3000° C. Die Lampen werden in Grössen von 440 bis 1650 W gebaut. Die Brenndauer pro Besteckung beträgt ca. 120 h.

In der *gasgefüllten Glühlampe* wird ein Wolframdraht durch den elektrischen Strom auf eine Temperatur von ca. 2300° C erhitzt. Dieser glühende Draht gibt das Licht ab. Die Glühlampen werden für Leistungen von 25 bis 5000 W und eine Brenndauer von ca. 1000 h hergestellt.

Die *Entladelampen* entsprechen ihrem Wesen nach gasgefüllten Gleichrichterröhren. Die Lichtfarbe wird bedingt durch die Wahl des Edelgases und der Metallbeigaben (Natrium, Cadmium, Quecksilber etc.). Diese Lampen wurden hier ausführlich beschrieben, worauf verwiesen sei [2]). Es sei nur an folgende Daten der in einer schweizerischen Versuchsanlage verwendeten «Philoralampe» erinnert: Die Leistungsaufnahme (Heizung, Lichtbogen, Verluste im Gleichrichter und Transformator) beträgt pro Lampe ca. 100 W, der erzeugte Lichtstrom rund 6000 Hefnerlumen. Die Lebensdauer beträgt gegenwärtig ca. 700 h.

Wir wollen diese drei Lichtquellen bei ungefähr gleichem Lichtstrom (*Lichtleistung*) vergleichen [3]):

Dauerbrand-Effektbogenlampe:
500 W, 13 800 Hefnerlumen ~ 25,1 Hefnerlumen pro W.
Glühlampe:
500 W, 9 100 Hefnerlumen ~ 18,2 Hefnerlumen pro W.
Entladelampe Philora:
100 W, 6 000 Hefnerlumen ~ 60 Hefnerlumen pro W.

Die Kosten für 1000 Lumenstunden betragen ohne Berücksichtigung von Verzinsung und Amortisation der Anlagen bei einem Energiepreis von 10 Rp./kWh, Kohlenpaarpreis Fr. 3.65, Glühlampenpreis Fr. 11.75, Arbeitskosten pro Kohlen- oder Glühlampenauswechslung Fr. 5.—:

Dauerbrand-Effektbogenlampe	= 1,01 Rp.
Glühlampe	= 0,74 Rp.

Da die Philoralampe noch nicht serienmässig hergestellt werden kann und die Philipslampen A.-G. den Käufer nicht mit einem unbekannten Risiko belasten will, ist die Lampe heute noch nicht käuflich. Es ist deshalb nicht möglich, die vergleichende Kostenberechnung auch für diese Lampe aufzustellen. Jedenfalls zeigen die spezifischen Kosten für Bogen- und Glühlampe, dass die Lichtquelle mit der grösseren Lichtausbeute (Bogenlampe) nicht unbedingt die wirtschaftlichere ist.

Da die Philoralampe zufolge ihres monochromen Lichtes für *städtische* Strassenbeleuchtung nicht in Frage kommt, bleibt als wirtschaftliche

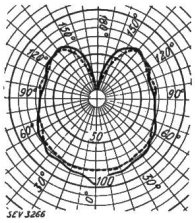


Fig. 1.
Lichtverteilungskurven, gemessen in internationalen Kerzen, bezogen auf 1000 int. Lumen, von Aarauer Glühlampen von 500 W Nennleistung und 110 V Nennspannung. Leuchtkörperanordnung: Wendelwellenförmig.
——— Klarglaslampe 110 V; 473 W; 18,35 Lumen/W,
------- aussenmattierte Lampe 110 V; 513 W; 15,85 Lumen/W.

Lichtquelle vorderhand nur die Glühlampe. Die nackte Glühlampe eignet sich einerseits wegen der grossen Leuchtdichte und anderseits wegen der ungünstigen Lichtverteilung nicht unmittelbar zur Beleuchtung. Fig. 1 zeigt die *Lichtverteilungskurve* einer Aarauer Glühlampe, Klarglaslampe ausgezogene Kurve, aussenmattierte Glühlampe punktierte Kurve. Die Lichtverteilungskurve ist eine Polarkurve, welche die Aenderung der *Lichtstärke* in einer Vertikalebene durch die Lichtquelle in Funktion der Richtung darstellt. Die Lichtquelle ist punktförmig und im Zentrum sitzend anzunehmen mit einem Lichtstrom von 1000 Lumen [4]). Die Klarglaslampe hat eine Lichtausbeute von 18,35 Lumen/W, die aussen mattierte Lampe 15,85 Lumen/W, d. h. die Mattierung bedingt einen Verlust von ca. 13 %. Das Licht, das unter einem Ausstrahlungswinkel > ca. 80° ausgestrahlt wird, ist für die Strassenbeleuchtung verloren. Wir benötigen daher eine *Leuchte*, welche die Aufgabe hat, den Lichtstrom in die von uns gewünschte Richtung zu lenken; gleichzeitig muss sie die leuchtende Oberfläche vergrössern, d. h. die *Leuchtdichte* herab-

[1]) Bull. SEV 1932, Nr. 3, S. 77.
[2]) Bull. SEV 1932, Nr. 23, S. 629.
[3]) Die photometrischen Grössen sind erläutert im Bull. SEV 1926, Nr. 1; siehe auch die bei Anlass der Lichtwoche 1932 vom Comité Suisse de l'Eclairage herausgegebene Broschüre «Die bisherigen Arbeiten der internationalen Beleuchtungskommission». (Zu beziehen beim Generalsekretariat des SEV und VSE.)

[4]) Sämtliche in diesem Artikel enthaltenen Lichtverteilungskurven sind in internationalen Kerzen gegeben und umgerechnet auf einen ausgestrahlten Lichtstrom von 1000 internationalen Lumen.

setzen. Diese Aufgabe lässt sich je nach Wahl des *lichttechnischen Baustoffes* auf ganz verschiedene Arten lösen.

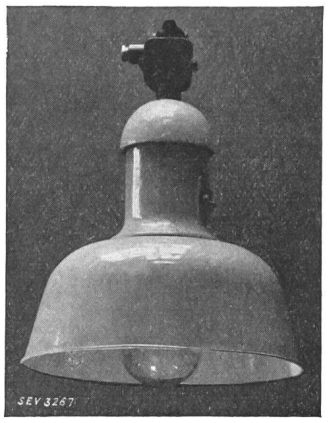
Wir unterscheiden lichtdurchlässige und lichtundurchlässige Baustoffe. Von den ersten wird ein Teil des auffallenden Lichtstromes durchgelassen, ein Teil absorbiert und ein Teil reflektiert. Die *Durchlässigkeit* (τ) eines Körpers ist das Verhältnis des von dem Körper hindurchgelassenen Lichtstromes zu dem aufgestrahlten Lichtstrom. Der *Absorptionsgrad* (α) eines Körpers ist das Verhältnis des von dem Körper absorbierten Lichtstromes zum aufgestrahlten Lichtstrom. Der *Reflexionsgrad* (ϱ) eines Körpers ist das Verhältnis des von dem Körper reflektierten Lichtstromes zum aufgestrahlten Lichtstrom. Bei den lichtundurchlässigen Baustoffen wird kein Licht durchgelassen; es gibt nur Reflexion und Absorption. Tabelle I gibt für zwei durchlässige Gläser, rückseitig verspiegeltes Glas, und für Email, weiss, Zahlenwerte für diese Grössen. Bezogen auf den einzelnen Lichtstrahl, unterscheiden wir gerichtete, diffuse und gemischte Reflexion oder Durchlässigkeit.

Tabelle I.

Baustoff	Durchlässigkeit τ %	Absorption α %	Reflexion σ %
Lichtdurchlässig:			
Klarglas	92	2	6
Opalglas, massiv . .	20	10	70
Lichtundurchlässig:			
Rückseitig verspiegeltes Glas	0	15 bis 30	70 bis 85
Email, weiss	0	25 bis 34	66 bis 75

Aus diesen Angaben geht hervor, dass in den Leuchten Verluste auftreten. Der Wirkungsgrad einer Leuchte ist der Quotient aus dem ausgestrahlten Lichtstrom und dem erzeugten Lichtstrom. Der Wirkungsgrad schwankt zwischen 40 und 95 %. Die meisten Leuchten sind axialsymmetrisch, d. h. die Lichtverteilung auf allen Ebenen durch diese Axe ist gleich. Damit wird auch die Beleuchtung für alle Punkte mit gleicher Distanz vom Lampenfusspunkt gleich stark. Da bei der Strassenbeleuchtung der Lampenabstand meist grösser ist als die Strassenbreite, werden verschiedene Spezialarmaturen hergestellt, welche ein Maximum an Lichtstärke in Richtung der Strassenaxe und ein Minimum senkrecht zur Strassenaxe ergeben.

Fig. 2 zeigt einen Breitstrahler SBI 45 der Lichtarmaturen A.-G., Zürich. Der Oberteil besteht aus einer korrosionsfreien Aluminiumlegierung. Der Reflektor aus starkem Eisenblech ist aussen grau und innen rein weiss emailliert. Die Fassung ist von aussen durch Drehen der Flügelmutter axial verstellbar. Bei richtiger Einstellung der Glühlampe ist diese Leuchte blendungsfrei. Die Leuchte ist axialsymmetrisch. Die ausgezogene Lichtverteilungskurve gilt für Besteckung mit einer Klarglaslampe, die punktierte für Besteckung mit einer aussenmattierten Lampe. Beide Kurven sind umgerechnet auf einen erzeugten Lichtstrom von 1000 Lumen. Ein Vergleich mit Fig. 1 zeigt die Wirkung dieser Leuchte. Der Wirkungsgrad beträgt bei Verwendung einer Klarglaslampe 82 %, bei Verwendung einer mattierten Lampe 70 %.



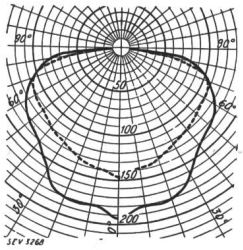
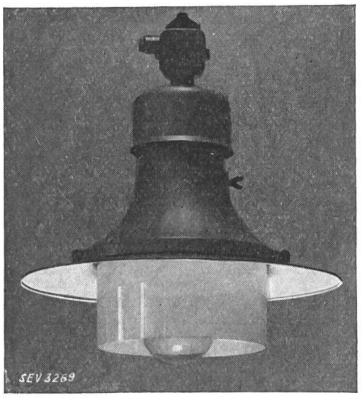


Fig. 2.
LAG-Breitstrahler SBI 45 und seine Lichtverteilungskurve mit Aarauer Glühlampen 500 W, 110 V.
—— Klarglaslampe,
------ aussenmatt. Lampe.

Ausstrahlungswinkel 165°.
Messwerte bei 110 V:

	V	W	Int. Lumen	Lumen/W	Wirkungsgrad %
Glühlampe klar, nackt	110	473	8680	18,35	—
Leuchte mit Glühlampe, klar	110	473	7100	15.0	81,8
Glühlampe matt, nackt	110	513,1	8120	15,85	—
Leuchte mit Glühlampe matt	110	513,1	5710	11,12	70,4

Die Firma Belmag, Zürich, ist Fabrikantin des in Fig. 3 dargestellten Freistrahlers 9001, der nach Entwurf des Autors ausgeführt ist. Der Oberteil ist ein korrosionsfreier Aluminiumguss. Die Glühlampe wird durch ein opalüberfangenes, zylindrisches Schutzglas abgedeckt. Dadurch wird die leuchtende Fläche vergrössert und damit die Blendung aufgehoben. Das Schutzglas hängt im Aussenreflektor, der mit Scharnierverschluss abklappbar ist. Aussen- und Innenreflektor sind auf



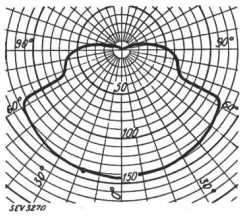


Fig. 3.
Belmag Freistrahler 9001 und seine Lichtverteilungskurve mit Aarauer Klarglas-Glühlampe 500 W, 110 V.
Ausstrahlungswinkel 210°.

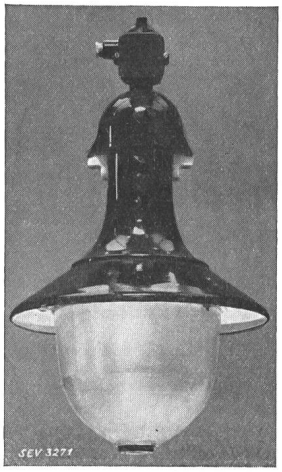
Messwerte bei 110 V:

	V	W	Int. Lumen	Lumen/W	Wirkungsgrad %
Glühlampe klar, nackt	110	473	8680	18,35	—
Leuchte mit Glühlampe matt	110	473	7180	15,20	82,8

der Lichtseite rein weiss emailliert. Durch den grossen Emailreflektor wird das Licht vorwiegend nach unten geworfen. Das Schutzglas lässt noch Licht unter einem Ausstrahlungswinkel von ca. 64° bis 100° durch. Der Wirkungsgrad dieser Leuchte beträgt 83 %.

Es sollen ferner noch einige Spezialleuchten beschrieben werden.

Bei der *Holophanleuchte* Nr. 7218/2/4433 der BAG Turgi (Fig. 4) sind Aufsatz und Reflektor aus Eisenblech hergestellt. Die Umformung des Lichtstromes geschieht durch zwei Diopterglocken, welche, die prismatische Rifflung gegeneinander gerichtet, staubdicht zusammengestellt sind. Der eine Diopter, mit vertikaler Rifflung, lenkt den Lichtstrom, der seitlich (quer zur Strasse) austreten will, in die Richtung der Strassenaxe, der andere, mit horizontaler Riffelung, lenkt den Lichtstrom, der senkrecht nach unten oder horizontal austreten will, in die Richtung des gewünschten Ausstrahlungswinkels. Diese Leuchte hat den Nachteil, dass bei einer Lampenstärke von ca. 500 W das Auge geblendet wird. Die ausgezogene Lichtverteilungskurve gilt für die Ebene durch die Strassenaxe und die punktierte für die Ebene senkrecht zur Strassenaxe. Der Wirkungsgrad beträgt 50 %.



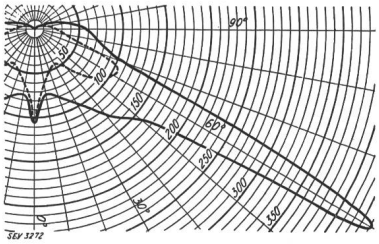
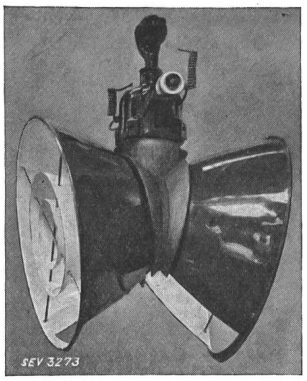


Fig. 4.
Holophan-Leuchte BAG 7218/2/4433 und ihre Lichtverteilungskurve mit Aarauer Klarglas-Glühlampe 500 W, 110 V.
—— Richtung Strassenaxe,
------- senkrecht Strassenaxe.
Ausstrahlungswinkel 202°.

Messwerte bei 110 V:

	V	W	Int. Lumen	Lumen/W	Wirkungsgrad %
Glühlampe klar, nackt	110	473	8680	18,35	—
Leuchte mit Glühlampe, klar	110	473	4345	9,2	50

Die von der General Electric Co. hergestellte Leuchte *Novalux - Highway - Units* Nr. 246 675 (Fig. 5) verfolgt den gleichen Zweck. Aufhängevorrichtung, Aufsatz und Mittelstück sind aus Gusseisen hergestellt. Die Reflektoren, drei in jeder Richtung, besitzen die Form eines Kegelstumpfmantels und bestehen aus weiss emailliertem Eisenblech. Die beiden innern Reflektoren werden mit 4 Stäben so im äussern befestigt, dass die Axen aller drei zusammenfallen. Die Reflektoren sind unten ausgeschnitten, damit ein Teil des Lichtstromes die Strasse unterhalb der Leuchte beleuchten kann. Das Maximum der Lichtstärke tritt in der



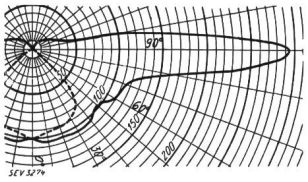


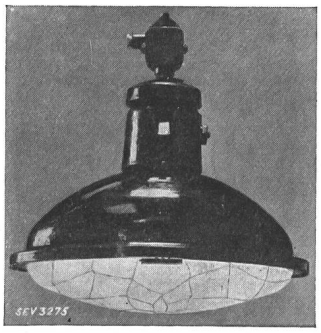
Fig. 5.
Novalux Highway Units-Leuchte 246 675 und ihre Lichtverteilungskurve mit Aarauer Klarglas-Glühlampe 500 W, 110 V.
—— Richtung Strassenaxe,
----- senkrecht Strassenaxe.
Ausstrahlungswinkel 194°.

Messwerte bei 110 V:

	V	W	Int. Lumen	Lumen/W	Wirkungsgrad %
Glühlampe klar, nackt	110	473	8680	18,35	—
Leuchte mit Glühlampe, klar	110	473	3600	7,61	41,5

Richtung der Reflektorenaxe auf. Diese Leuchte hat den Nachteil starker Blendung, da der Leuchtkörper der Glühlampe direkt sichtbar ist. Die ausgezogene Lichtverteilung gilt für die Ebene durch die Strassenaxe, die punktierte für die Ebene senkrecht zur Strassenaxe. Der Wirkungsgrad ist nur 42 %.

Fig. 6 zeigt die von der Zeiss, Ikon A.-G., Goerz-Werk, hergestellte *Ovalspiegelleuchte A O 2.* Der Aufsatz besteht aus Gusseisen, das Spiegelgehäuse aus feuerverzinktem Eisenblech. Der ovale Silber-



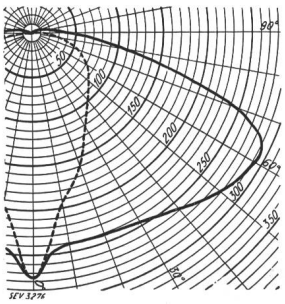


Fig. 6.
Zeiss Ovalspiegelleuchte AO 2 und ihre Lichtverteilungskurve mit Aarauer Klarglas-Glühlampe 500 W, 110 V.
—— Richtung Strassenaxe, ------- senkrecht Strassenaxe.
Ausstrahlungswinkel 131°.

Messwerte bei 110 V:

	V	W	Int. Lumen	Lumen/W	Wirkungsgrad %
Glühlampe klar, nackt	110	473	8680	18,35	—
Leuchte mit Glühlampe, klar	110	473	4810	10,19	55,5

glasspiegel wird durch Stahlfedern im Gehäuse gehalten. Der Silberspiegel reflektiert das Licht gerichtet; um die dadurch hervorgerufene Blendung

zu vermeiden, wird die Leuchte mit einer gewölbten, seidenmattierten Glasschale abgeschlossen. Die maximale Lichtstärke tritt in der Richtung der kürzeren Axe des Ovales auf. Die ausgezogene Kurve zeigt die Lichtverteilung in der Ebene durch die Strassenaxe, die punktierte Kurve in der Ebene senkrecht zur Strassenaxe. Der Wirkungsgrad beträgt 56 %.

In Zürich wird von der Verwendung der beschriebenen Spezialleuchten abgesehen, da die Praxis zeigte, dass schon ganz geringe Verschmutzungen, die bei dem starken Verkehr und bei der Mückenplage längs des Wassers nicht zu vermeiden sind, den Wirkungsgrad ganz bedeutend herabsetzen; ausserdem sind die Anschaffungskosten sehr hoch.

Bei der Wahl des Beleuchtungskörpers ist die Bebauungsart der zu beleuchtenden Strasse wichtig. Bei offener Ueberbauung, speziell in Aussenquartieren, wo grosse bepflanzte Vorgärten die Häuser von der Strasse trennen, oder in mit Baumreihen flankierten Strassen, werden in Zürich Breitstrahler mit Emailreflektoren verwendet (Fig. 2). In Quartierstrassen werden die Leuchten an Bogenmasten mit 7,5 m Brennpunkthöhe und 2 m Ausladung aufgehängt. Die mittlere Lampendistanz beträgt 50 m. Die Kandelaber werden je nach den örtlichen Verhältnissen einseitig oder wechselseitig versetzt aufgestellt. Die Erstellungskosten betragen pro km Strassenlänge bei Strassenneubauten, wenn das Beleuchtungskabel gleichzeitig mit dem Kraft- oder Lichtkabel verlegt werden kann:

		Fr.
20 Bogenkandelaber mit Leuchten	zu Fr. 250.—	= 5 000.—
20 Zuleitungen	zu Fr. 100.—	= 2 000.—
1000 m Kabelleitung	zu Fr. 5.—	= 5 000.—
	Total	12 000.—

Bei geschlossener Ueberbauung und geringem Baulinienabstand fühlt sich das EWZ aus ästhetischen Gründen verpflichtet, nicht nur die Strassenfläche zu beleuchten, sondern auch die Hausfassaden leicht aufzuhellen, da dadurch das ganze Strassenbild freundlicher wird. Zu diesem Zweck werden Freistrahler mit direktem Licht verwendet, wobei die Glühlampe durch ein zylindrisches Opalüberfangglas abgedeckt wird (Fig. 3). Hauptstrassen werden im allgemeinen mit Ueberspannlampen beleuchtet. Die Armatur wird an einem Ueberspannseil senkrecht über der Strassenaxe aufgehängt. Die Brennpunkthöhe schwankt zwischen 7 und 14 m, die Lampendistanz zwischen 30 und 70 m. Die mittleren Abmessungen betragen 50 m Lampendistanz und 9,5 m Brennpunkthöhe. Die Erstellungskosten betragen pro km Strassenlänge bei Verwendung von Stahlrohrmasten zu 12 m Länge bei Strassenneubauten:

		Fr.
20 Ueberspannungen, komplett	zu Fr. 1120.—	= 22 400.—
20 Zuleitungen	zu Fr. 50.—	= 1 000.—
1000 m Kabelleitung	zu Fr. 5.—	= 5 000.—
	Total	28 400.—

Wir wollen die mit den beiden erwähnten Anlagen erreichbaren Beleuchtungsstärken betrachten. Wir unterscheiden zwischen *Horizontal-* und *Vertikalbeleuchtung*. Die Horizontalbeleuchtung beobachten wir auf einer horizontalen Messebene mit einem Abstand von 1 m über der Fahrbahn. Die Vertikalbeleuchtung beobachten wir auf vertikalen Messebenen senkrecht zur Strassenaxe, 1 m über Boden, in der Fahrrichtung. Wir können die Grösse der Beleuchtungsstärke an fertigen Anlagen mit dem Beleuchtungsmesser bestimmen oder wir können sie, wenn die Lichtverteilungskurven und die Anordnung der Leuchten bekannt sind, berechnen. Die Zusammenhänge zwischen Lichtstärke und Beleuchtungsstärke gehen aus Fig. 7 hervor. Die Grösse der Lichtstärke I kann für jeden be-

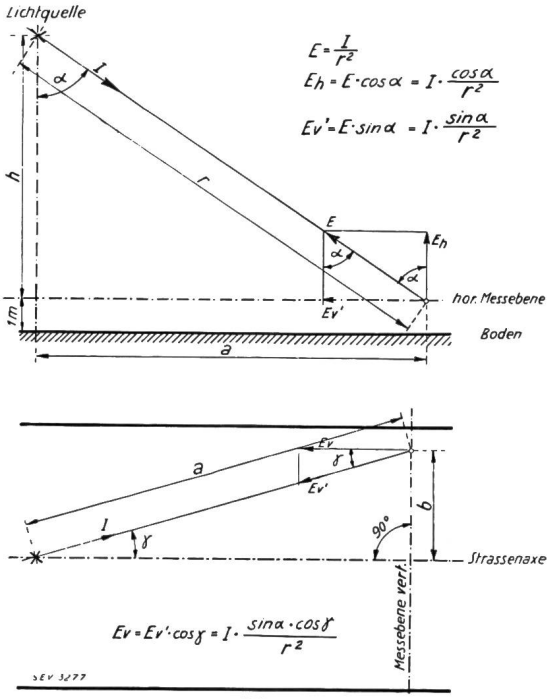


Fig. 7.
Berechnung der Horizontal- und Vertikal-Beleuchtung mit dem Punktverfahren.

I Lichtstärke in internationalen Kerzen.
E Beleuchtungsstärke in Lux.
E_h Horizontale Beleuchtungsstärke.
E_v Vertikale Beleuchtungsstärke.
a Projektion von r auf die horizontale Messebene in m.
r radialer Abstand des Messpunktes von der Lichtquelle in m.
b Abstand des Messpunktes von der Lichtquelle gemessen senkrecht zur Strassenaxe in m.
α Ausstrahlungswinkel.

liebigen Ausstrahlungswinkel α aus der Lichtverteilungskurve entnommen werden. Da dieser Wert einer Lichtquelle von 1000 Lumen entspricht, muss er noch mit dem Verhältnis

$$\frac{\text{Gesamtlichtstrom der verwendeten Lichtquelle}}{1000}$$

multipliziert werden. Die in Fig. 8, 9, 12 und 13 dargestellten Kurven sind berechnet, wurden aber durch Messungen an fertigen Anlagen kontrolliert.

Fig. 8 zeigt die Beleuchtungsstärken einer Quartierstrasse von 6 m Fahrbahnbreite und 2 m Trottoir, bei einer Lampendistanz von 48 m und Ver-

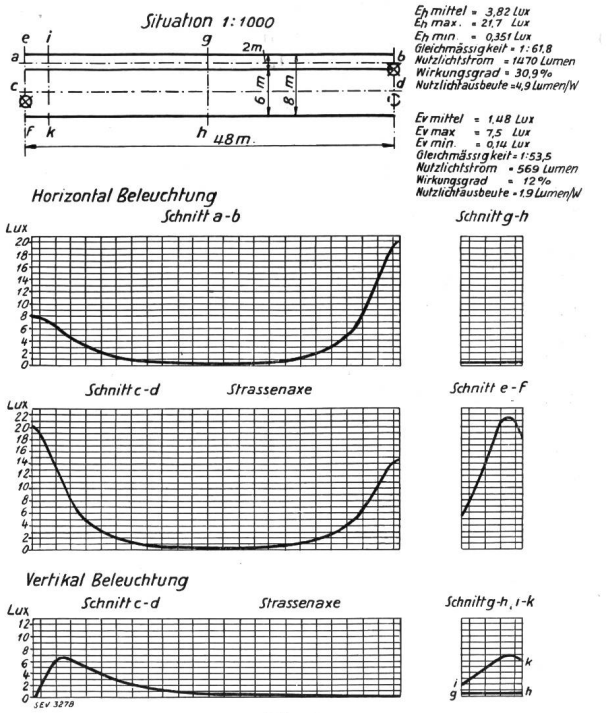


Fig. 8.
Horizontal- und Vertikal-Beleuchtung einer Quartierstrasse von 8 m Breite (6 m Fahrbahn, 1 Trottoir zu 2 m) durch Bogenkandelaber mit LAG-Breitstrahlern SBI 45, besteckt mit je einer Klarglas-Glühlampe 300 W, 4760 int. Lumen. Brennpunkthöhe = 7,5 m; beleuchtete Fläche = 384 m²; spezifische Leistung = 0,781 W/m².

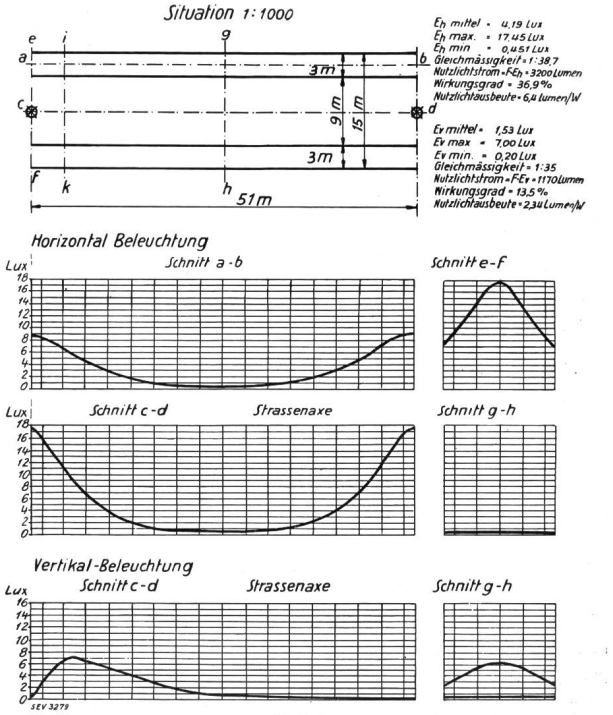


Fig. 9.
Horizontal- und Vertikal-Beleuchtung einer Hauptstrasse von 15 m Breite (9 m Fahrbahn, 2 Troittoirs zu 3 m) durch Ueberspannlampen mit Belmag-Freistrahlern 9001, besteckt mit je einer Klarglas-Glühlampe 500 W, 8680 int. Lumen. Brennpunkthöhe = 9,5 m; beleuchtete Fläche pro Lampe = 765 m²; spezifische Leistung = 0,654 W/m².

wendung der Leuchte nach Fig. 2 und Glühlampen von 300 W. Das Maximum der Horizontalbeleuchtung befindet sich senkrecht unter den Leuchten, das Minimum in der Mitte zwischen beiden Leuchten. Die Gleichmässigkeit ist das Verhältnis $\frac{\text{min. Beleuchtungsstärke}}{\text{max. Beleuchtungsstärke}}$. Der Leistungsaufwand beträgt 0,781 W/m² Bodenfläche. 30,9 % des erzeugten Lichtstromes werden für die Horizontalbeleuchtung und 12 % für die Vertikalbeleuchtung verwendet.

Fig. 9 zeigt die Beleuchtungsverhältnisse einer Hauptstrasse von 9 m Fahrbahn und 2 Trottoirs zu 3 m, bei einer Lampendistanz von 51 m und Verwendung von Leuchten nach Fig. 3 mit Glühlampen zu 500 W. Der Leistungsaufwand beträgt 0,654 W/m² Bodenfläche. Die mittlere Beleuchtungsstärke wird durch diese Anordnung nicht wesentlich verbessert, wohl aber die Gleichmässigkeit. Die Beleuchtungsgüte wurde dadurch verbessert. Die Sichtbarkeit und damit die Beleuchtungsgüte ist nicht allein abhängig von der Beleuchtungsstärke, sondern auch vom Reflexionsgrad des beleuchteten Hindernisses und vom Kontrast, d. h. dem Verhältnis der Flächenhelligkeit des Hindernisses zur Helligkeit seiner unmittelbaren Umgebung. Dies wird durch Fig. 10 a und b [5]) sehr anschaulich dargestellt: Fig. 10 a zeigt die Kontraste bei schönem Wetter und deshalb heller Fahrbahnfläche. Man sieht deutlich, wie sich der Kontrast mit dem Abstande von der Leuchte ändert. Fig. 10 b zeigt das gleiche Strassenbild, jedoch bei nasser Fahrbahn. Der nasse Asphalt erscheint vollständig schwarz, die Leuchten spiegeln sich im Wasser und geben störende Reflexe. Aus diesem Bilde geht sehr deutlich hervor, dass vom Standpunkt des Lichttechnikers aus rauhe, helle Fahrbahnoberflächen sehr erwünscht wären.

[5]) Von der Zeiss-Ikon A.-G. zur Verfügung gestellt.

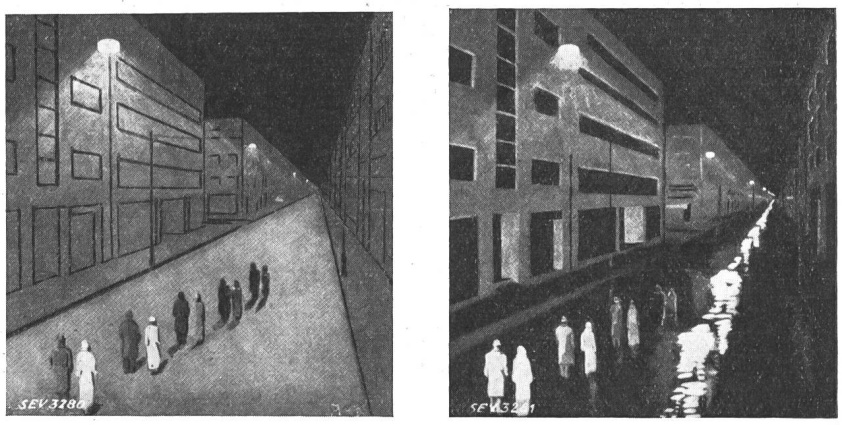
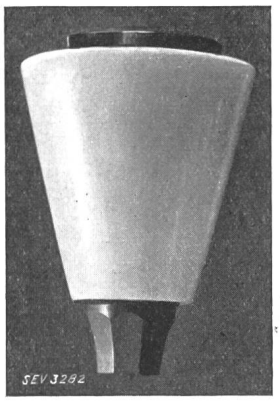


Fig. 10.
Nächtliches Strassenbild.
a bei schönem Wetter. b bei Regenwetter.

Bei diesen beiden Beleuchtungssystemen (Fig. 8 und 9) ist die vertikale Beleuchtung relativ klein. Im Strassenverkehr sieht der Beobachter bei allen Hindernissen (Fahrzeuge, Personen usw.) vertikale Flächen, also ist für das Erkennen ganz sicher die vertikale Beleuchtungsstärke wesentlicher. Deshalb wurde am Alpenquai ein neues System angewendet: Die Beleuchtungskörper sind seitlich mit einer Brennpunkthöhe von 3,8 m angeordnet. Die Lampenabstände betragen 24 m einseitig; die gegenüberliegenden Lampen sind versetzt. Die Erstellungskosten einer solchen Anlage betragen pro Kilometer bei Strassenneubauten:

		Fr.
80 Stehkandelaber, komplett .	zu Fr. 140.— =	11 200.—
80 Zuleitungen	zu Fr. 100.— =	8 000.—
1000 m Kabel	zu Fr. 5.— =	5 000.—
	Total	24 200.—

Fig. 11 zeigt die von der BAG Turgi nach unsern Vorschlägen konstruierte Stehkandelaberleuchte *Plaza* Nr. 80363/101424. Der Glas- und Fassungshalter, der in Anpassung an unsern achtkantigen Betonmast als achteckiger Kelch geformt ist, besteht aus Grauguss. Er wird direkt auf das aus dem Mast vorstehende Gasrohr aufgeschraubt. Die opalüberfangene konische Glasglocke dient als Diffusor. Oben ist ein kegelförmiger Emailreflektor eingebaut und als äusserer Abschluss dient ein Kupferhut. Die Fassung ist nicht verstellbar. Die ausgezogene Lichtverteilungskurve wurde für eine Klarglaslampe, die punktierte Kurve für eine innenmattierte Lampe bestimmt. Der Wirkungsgrad der Leuchte beträgt bei Besteckung mit einer Klarglaslampe 74 %, mit einer innenmattierten Lampe 70 %. Der Leistungsaufwand beträgt am Alpenquai 1,25 W/m² Bodenfläche.



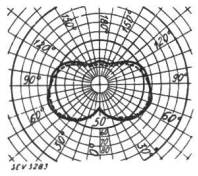


Fig. 11.

BAG-Plaza-Leuchte 80363/101424 und ihre Lichtverteilungskurve mit Osram-Glühlampe 300 W, 110 V.

—— Klarglaslampe;
------ innenmattierte Lampe.
Ausstrahlungswinkel 287°.

Messwerte bei 110 V:

	V	W	Int Lumen	Lumen/W	Wirkungsgrad %
Glühlampe klar, nackt	110	302	4760	15,75	—
Leuchte mit Glühlampe, klar	110	302	3520	11,65	74
Glühlampe matt, nackt	110	301,4	4730	15,70	—
Leuchte mit Glühlampe matt	110	301,4	3310	11,00	70

Fig. 12 zeigt die Horizontalbeleuchtung. Der Mittelwert ist gegenüber Fig. 9 nur ganz wenig grösser; dagegen ist die Gleichmässigkeit 1 : 16,5 gegen 1 : 39.

In der Strassenaxe ist die Gleichmässigkeit noch viel besser, sie beträgt ca. 1 : 1,4. Fig. 13 gibt eine Darstellung der Vertikalbeleuchtung, deren Mittel-

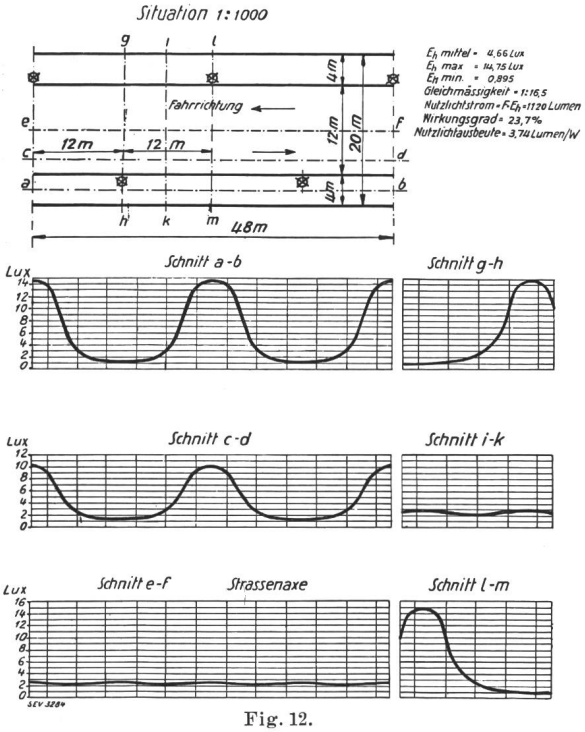


Fig. 12.
Horizontal-Beleuchtung

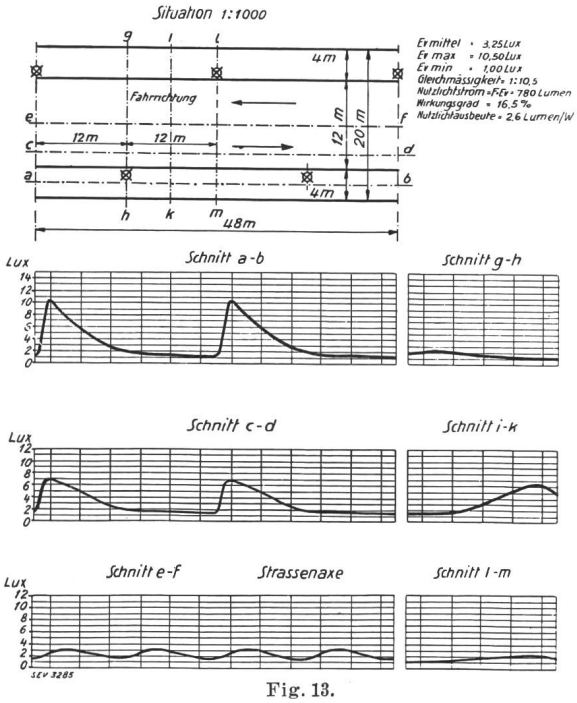
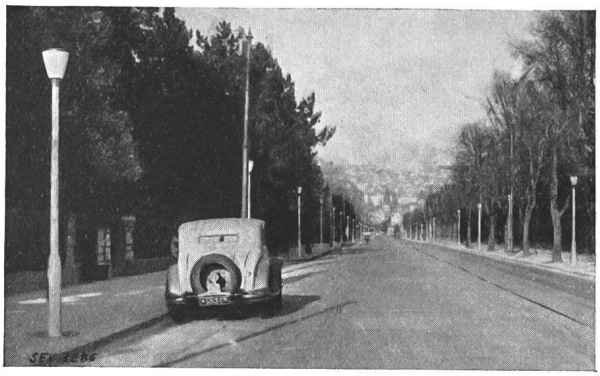


Fig. 13.
Vertikal-Beleuchtung

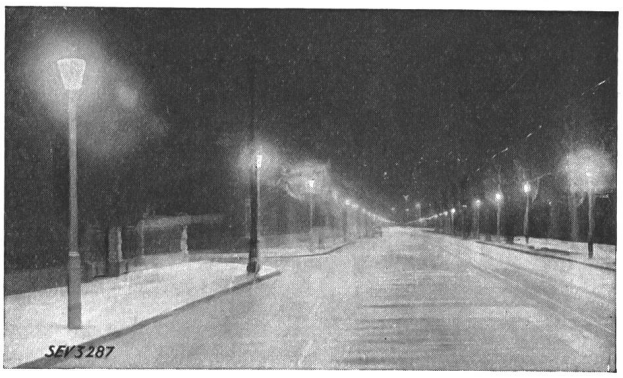
am Alpenquai in Zürich, 20 m Breite (12 m Fahrbahn, 2 Trottoirs zu 4 m) durch Stehkandelaber mit BAG-Plaza-Leuchte 80363/101424, besteckt mit je einer innenmattierten Glühlampe 300 W, 4730 int. Lumen. Brennpunkthöhe = 3,8 m; beleuchtete Fläche pro Lampe = 240 m²; spezifische Leistung 1,25 W/m².

wert mehr als doppelt so gross ist als in Fig. 9. Die Gleichmässigkeit wurde von 1 : 35 auf 1 : 10,5 verbessert. In der Strassenaxe beträgt sie ca. 1 : 2.

Fig. 14 a zeigt eine Tagaufnahme des Alpenquais. Die Betonmasten mit den Leuchten wirken recht dekorativ. Die Nachtaufnahme (Fig. 14 b) bestätigt die gerechneten Werte in bezug auf Gleichmässigkeit. Diese Leuchtenanordnung hat noch spezielle Vorteile bei Nebel und bei Regenwetter, indem die Absorption durch die Atmosphäre geringer ist als bei hoch gehängten Leuchten.



a Tagesaufnahme des Alpenquais.



b Nachtaufnahme des Alpenquais.

Fig. 14.

Der Vollständigkeit halber möchte ich noch die Frage der Beleuchtung von Dorfstrassen kurz erwähnen. Diese wird normal mit Freileitung und Auslegerlampen gelöst. Die Lampenabstände betragen ca. 70 m, die Brennpunkthöhe 6 bis 8 m. Die Kosten pro Kilometer Strassenlänge betragen: 28 Holzstangen, 14 Lampen, total ca. *Fr. 4000.—*.

Die *Ueberlandstrasse* mit starkem Nachtverkehr und die spezielle *Automobilstrasse* stellen noch viel höhere Anforderungen an die künstliche Beleuchtung. Während in der Stadt mit durchschnittlicher Geschwindigkeit von ca. 30 bis 40 km/h gefahren wird, muss auf der Autostrasse mit Geschwindigkeiten bis 80 km/h sicher gerechnet werden. Diese gesteigerte Geschwindigkeit und die damit verbundene grössere Bremsstrecke verlangen eine Verdoppelung der Sehleistung und dies bedingt die 6- bis 8fache Beleuchtungsstärke. Die bis jetzt besprochenen technischen Einrichtungen führen nicht zum Ziel, da sie bei der nötigen Beleuchtungssteigerung unwirtschaftlich werden. Das Licht der Automobilscheinwerfer genügt im allgemeinen den Anforderungen. Diese Beleuchtungsart hat jedoch den grossen Nachteil, dass das Licht der entgegenkommenden Wagen stark blendet und bei starker Frequenz die mit genügender Sicherheit mögliche Durchschnittsgeschwindigkeit stark vermindert. Um einen störungsfreien Verkehr mit voller Geschwindigkeit zu gewährleisten, muss eine vollständig blendungsfreie, also ortsfest montierte Beleuchtungsanlage geschaffen werden. Es sind nun neuerdings zwei Beleuchtungssysteme entwickelt worden, welche diese Probleme auf wirtschaftlicher Basis zu lösen versprechen: Die Philorabeleuchtung der Philips A.-G. und die Zeiss-Scheinwerferbeleuchtung.

Für Ueberlandstrassen, wo die Unterscheidungsmöglichkeit von Farben keine Bedeutung hat, ist die Verwendung der bereits erwähnten *Natriumdampflampe* am Platze. Die Philoralampe wird zu diesem Zweck in eine Leuchte mit einem asymmetrischen Emailreflektor (Fig. 15) gesetzt. Fig. 16 zeigt Anordnung und Einstellung der Leuchten. Die Einstellung mit 30° gegen die Fahrrichtung ergibt eine ganz vorzügliche Vertikalbeleuchtung. Fig. 17 zeigt die mit dieser Anordnung erzielte Horizontalbeleuchtung in Hefner-Lux. Die aufgewendete Leistung der Musteranlage an der Industriestrasse in Schlieren beträgt 0,33 W/m² Strassenfläche. Diese

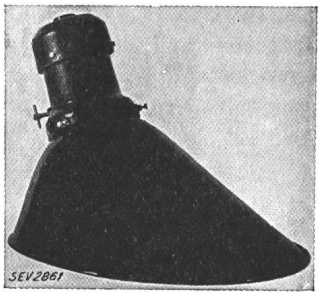


Fig. 15.
Reflektor für die Natriumdampflampe.

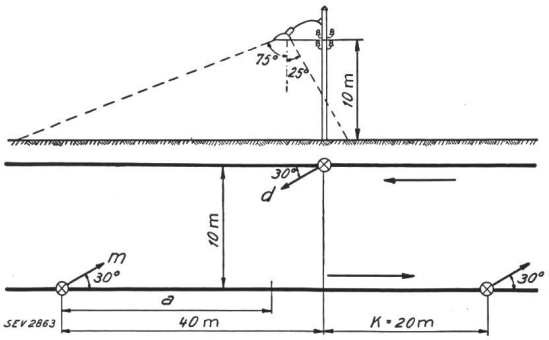


Fig. 16.
Anordnung der Leuchten der Philora-Strassenbeleuchtung.
m, d Projektionen der Reflektoraxen.

Anlage [6]) wurde bei Anlass der Zürcher Lichtwoche erstellt und wird voraussichtlich vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich definitiv übernommen. Die

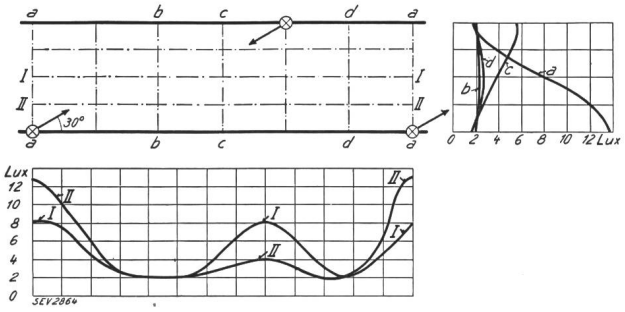


Fig. 17.
Längs- und Querdiagramme der Versuchsstrecke Schlieren.
I in Axe *I—I*
II in Axe *II—II*
a in Axe *a—a*
usw.

Länge der beleuchteten Strecke beträgt 900 m. Sämtliche 30 Philoralampen werden vom Anodenstrom in Serieschaltung durchflossen, so dass die Leerlaufspannung des Gleichrichters ca. 500 V beträgt. Bei dieser Beleuchtungsart darf man jedoch nicht die Beleuchtungsstärken allein mit andern Anlagen vergleichen. Das von der Natriumlampe erzeugte Licht ist monochromatisch, und zwar gelb, d. h. alles Licht schwingt nur mit einer Frequenz, der Frequenz der Natriumlinie. Da das Auge für das gelbe Licht die maximale Empfindlichkeit aufweist und da ausserdem zufolge der Einfärbigkeit die chromatische Aberration fehlt, ergeben sich bedeutend günstigere Wahrnehmungsverhältnisse als bei einer durch Glühlicht (Wolframdraht) mit gleicher Beleuchtungsstärke beleuchteten Strasse. Die Erstellungskosten der Philoraanlage können leider noch nicht bestimmt werden, da der Preis der Lampe noch nicht feststeht. Fig. 18 a und b zeigen eine Tag- bzw. Nachtaufnahme der Versuchsstrecke in Schlieren.

Die Firma *Zeiss, Ikon A.-G.*, hat ein Beleuchtungssystem entwickelt, das sich die Vorteile der Automobilscheinwerfer zu Nutzen macht, deren Nachteile jedoch vermeidet. Die Automobilscheinwerfer ergeben bei verhältnismässig kleiner Leistung eine vollständig genügende Ueberlandstrassenbeleuchtung. Der Scheinwerfer ist somit sehr wirtschaftlich. Die Automobilstrasse Köln—Bonn weist eine Breite von 16 m auf. Sie kann deshalb in zwei Fahrbahnen mit Einbahnverkehr aufgeteilt werden. Gelingt es nun, jede Fahrbahn in Richtung des Verkehrs so zu beleuchten, dass in die andere Fahrbahn kein Licht geworfen wird, so ist das Problem der blendungsfreien Beleuchtung gelöst. Die Zeiss, Ikon A.-G. verwendet zwei Spezial-Scheinwerfer (Fig. 19), die über der Strassenaxe

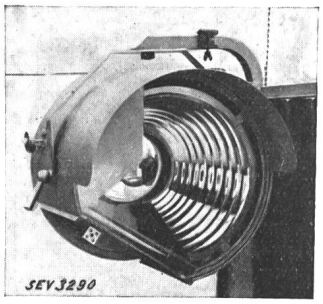
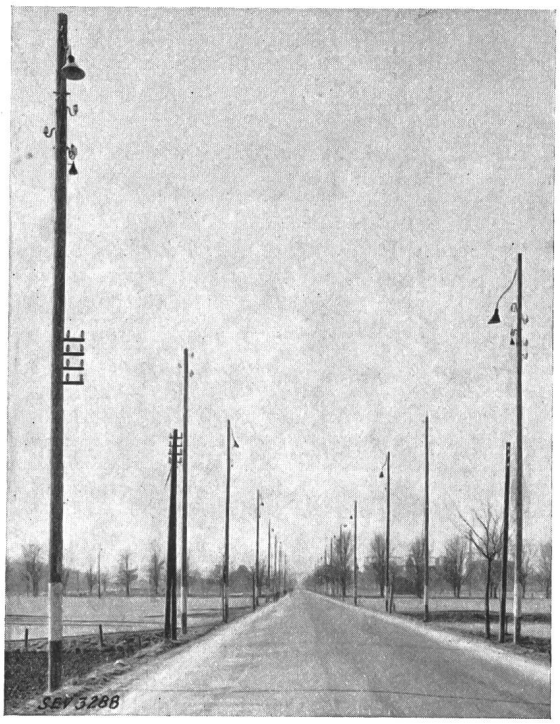


Fig. 19.
Zeiss-Ikon-Spezialscheinwerfer für Autostrassenbeleuchtung.

[6]) Bull. SEV 1932, Nr. 23, S. 630.



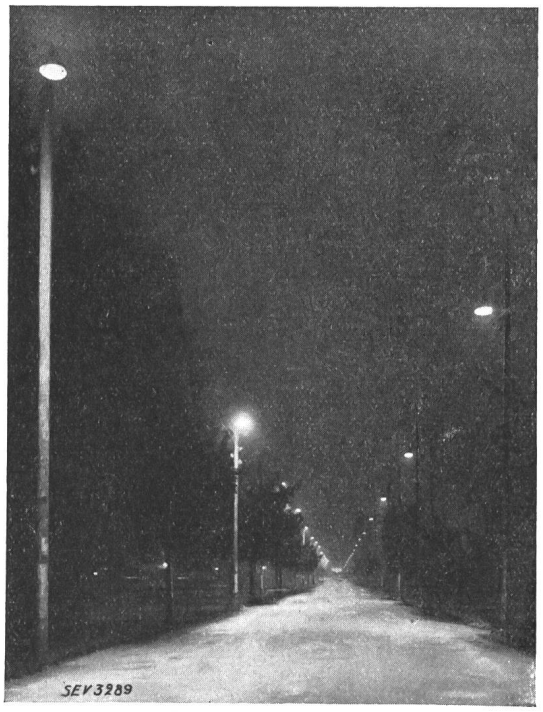


Fig. 18.
a Tagesaufnahme der Versuchsstrecke Schlieren. b Nachtaufnahme der Versuchsstrecke Schlieren.

so aufgehängt werden, dass sie den Lichtkegel in der Fahrrichtung ausstrahlen. Den Uebertritt von Licht in die andere Fahrbahn verhindert eine Blende, welche aus Fig. 20 ersichtlich ist. Auf der Autostrasse Köln—Bonn betragen die Lampenabstände 65 m, die Aufhängehöhe 6,5 m, die Strassenbreite 16 m und die Lampenstärke 250 W pro

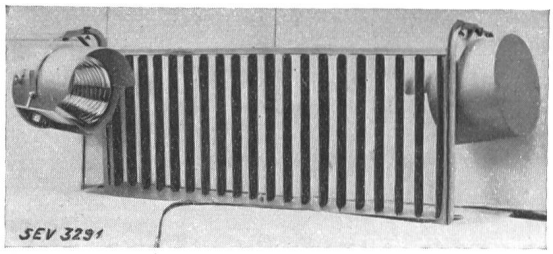


Fig. 20.
Anordnung der Zeiss-Ikon-Leuchten für Autostrassenbeleuchtung.

Scheinwerfer. Fig. 21 zeigt die Anordnung. Der Leistungsaufwand pro Quadratmeter Bodenfläche ist 0,48 W. Kurve I gibt die Vertikalbeleuchtungsstärke für eine Scheinwerferlampe von 250 W, 220 V, Kurve II die Vertikalbeleuchtungsstärke für eine Scheinwerferlampe 250 W, 24 V, und Kurve III die Horizontalbeleuchtungsstärke bei Verwendung der gleichen Lampe, gemessen in Hefner-Lux. Es zeigt sich auch hier, dass die Sehleistung besonders durch eine reichliche Vertikalbeleuchtung gesteigert und die Horizontalbeleuchtung daher kleiner gehalten werden kann. Die Strassenränder sind sehr gut beleuchtet. Auch für dieses System «Autostrassenleuchte Z-Form» können die Erstellungskosten pro Kilometer Strasse noch nicht angegeben werden. Die Firma prüft zudem eine Lösung mit seitlicher Befestigung der Scheinwerfer.

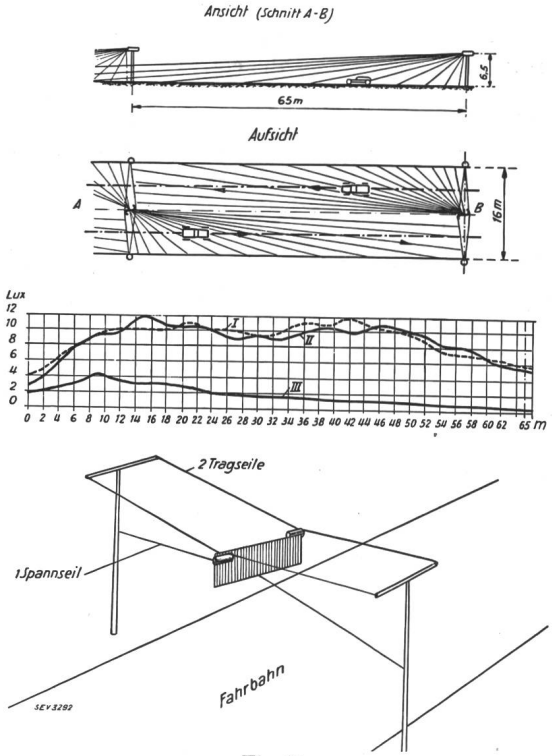


Fig. 21.
Horizontal- und Vertikal-Beleuchtung der Hauptstrasse Köln-Bonn (Fahrbahnbreite 16 m) durch Ueberspannlampen mit Zeiss-Ikon-Autostrassenleuchte Z-Form.

------- Kurve I, mit 250 W-220 V-Klarglas-Schweinwerferglühlampe: Vertikalbeleuchtung.
—— Kurve II, mit 250 W-24 V-Scheinwerferlampe, leicht geätzt: Vertikalbeleuchtung.
—— Kurve III, mit 250 W-24 V-Scheinwerferlampe, leicht geätzt: Horizontalbeleuchtung.
Brennpunkthöhe = 6,5 m; beleuchtete Fläche pro Lampe = 520 m²; spezifische Leistung = 0,48 W/m².

Zum Schluss möchte ich nicht unterlassen, den Firmen Philips Lampen A.-G., Zürich, und Zeiss, Ikon A.-G., Berlin, für die Ueberlassung von Unterlagen und Bildermaterial zu danken.

Difficultés que peut présenter la marche en série de moteurs asynchrones.

Par *P. Waldvogel*, Aix-les-Bains.

621.313.333.016

L'auteur donne une explication du phénomène suivant: Pour faire marcher deux ventilateurs entraîné chacun par un moteur asynchrone, on dispose d'une tension double de celle pour laquelle est construit chaque moteur. Les stators en étoiles des deux moteurs identiques sont branchés en série. Cependant les deux moteurs ne tournent pas à la même vitesse: l'un d'eux marche à la vitesse normale et absorbe plus de la moitié de la tension totale disponible; l'autre tourne plus lentement et absorbe moins de la moitié de la tension. La théorie montre que, dans les conditions données, il est impossible de faire tourner les deux moteurs à la même vitesse et de prévoir lequel des deux tournera plus vite.

Der Autor erläutert folgende Erscheinung: Zum Betrieb zweier Ventilatoren, die durch je einen Asynchronmotor angetrieben sind, steht die doppelte Spannung der Motoren zur Verfügung. Die in Stern geschalteten Statoren der beiden genau gleichen Motoren werden in Serie geschaltet. Die beiden Motoren drehen nun überraschenderweise nicht gleich schnell: der eine hat normale Drehzahl und nimmt die grössere Hälfte der Summenspannung auf; der andere dreht langsamer und nimmt die kleinere Hälfte der Summenspannung auf. Die Theorie zeigt, dass es unter den gegebenen Umständen unmöglich ist, von beiden Motoren die gleiche Drehzahl zu erlangen. Welcher der beiden Motoren schneller läuft, hängt von Zufälligkeiten ab.

Les considérations qui suivent nous ont été suggérées par la constatation, au cours d'un essai extrêmement simple, d'un phénomène assez surprenant. Il s'agissait de faire fonctionner deux petits ventilateurs identiques, équipés avec deux moteurs asynchrones triphasés en étoile, la tension du réseau dont on disposait étant sensiblement le double de la tension nominale des moteurs. Les deux stators furent donc couplés en série, conformément au schéma de la fig. 1. Mais, contrairement à ce que l'on croyait, il fut absolument impossible d'obtenir un fonctionnement normal des deux ventilateurs.