

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 26 (1935)  
**Heft:** 25

**Artikel:** Zwei neue Strassenbeleuchtungsanlagen mit Gasentladungslampen in Zürich  
**Autor:** Erb, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060351>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 04.04.2025

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

# SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

# BULLETIN

REDAKTION:  
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des  
Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

VERLAG UND ADMINISTRATION:  
A.-G. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei, Zürich 4  
Stauffacherquai 36/40

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXVI. Jahrgang

N<sup>o</sup> 25

Mittwoch, 4. Dezember 1935

## Zwei neue Strassenbeleuchtungsanlagen mit Gasentladungslampen in Zürich.

Von E. Erb, Zürich.

628.971.6

Der Autor, Sektionschef für öffentliche Beleuchtung des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, beschreibt zwei interessante Strassenbeleuchtungsanlagen dieses Werkes, bei denen in den letzten Jahren entwickelte neue Lichtquellen, die Natriumdampf- und die Quecksilberdampf-Lampe, die zweite in Kombination mit gewöhnlichen Glühlampen, in der Schweiz erstmals Anwendung in grösserem Maßstab fanden. Es handelt sich um die Natriumlicht-Beleuchtung eines 2,2 km langen, geraden Strassenstückes zwischen Altstetten und Schlieren und um die Beleuchtung der Bahnhofstrasse in Zürich, die mit Quecksilber- und Glüh-Licht ausgeführt ist.

L'auteur, chef de la section de l'éclairage public des Services électriques de la Ville de Zurich, décrit deux installations d'éclairage publique utilisant pour la première fois en Suisse les nouvelles sources lumineuses mises au point au cours de ces dernières années: la lampe à vapeur de sodium et la lampe à vapeur de mercure, cette dernière en combinaison avec des lampes à incandescence ordinaires. Il s'agit de l'éclairage par lumière au sodium du tronçon de route de 2,2 km entre Altstetten et Schlieren, ainsi que de l'éclairage de la Bahnhofstrasse, à Zurich, avec lampes à vapeur de mercure et lampes à incandescence.

Ende September 1935 wurden in Zürich zwei Beleuchtungsanlagen in Betrieb gesetzt, welche als Erstanlagen in der Schweiz allgemeines Interesse finden.

### I. Industriestrasse, Zürich 9 (Altstetten), Natriumdampf-Lampen.

#### 1. Einleitung.

Diese Ausfallstrasse Richtung Schlieren-Baden-Basel und -Bern weist eine sehr starke Frequenz auf und wird auch bei Nacht, speziell im Winter, viel befahren. Bereits bei Anlass der ersten Zürcher Lichtwoche (1. bis 9. Oktober 1932) wurde auf dieser Strecke eine ca. 900 m lange Versuchsanlage mit Philora-Natriumdampf-Lampen Typ 100 W Gleichstrom gebaut<sup>1)</sup>. Dieser Anlage hafteten noch verschiedene Mängel an (Serieschaltung, Verwendung von Gleich- und Wechselstrom usw.), die sich speziell im Betrieb, welcher nach der Eingemeindung vom 1. Januar 1934 durch das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ) besorgt wurde, bemerkbar machten. Erst die inzwischen erfolgte Vervollkommnung der Natriumdampf-Lampe (Parallelschaltung, Anschluss an 220 Volt Wechselstrom, Verlängerung der Lebensdauer) und die inzwischen in die Wege geleitete Mitarbeit der Schweizer Industrie ermöglichte der Direktion des EWZ den Entschluss, eine definitive Anlage auf eigene Kosten zu bauen und zu betreiben. Die Wahl fiel dabei auf die Philora-Natriumdampf-Lampe Typ SO 100 Watt.

#### 2. Bauart und Wirkungsweise der SO-Lampe.

Die Lampe besteht aus einer U-förmig gebogenen Glasröhre L (Fig. 1). In den Enden der Röhre sind zwei Elektroden, E<sub>1</sub> und E<sub>2</sub>, welche mit einer Schicht Barium-Oxyd bedeckt sind, eingeschmolzen. Die Röhre ist evakuiert und enthält eine Edelgas-

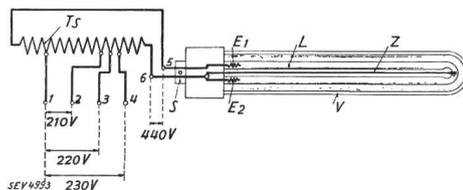


Fig. 1.

Philora-Natriumdampf-Lampe,

Typ SO, 100 W.

L Lampe, V Vakuuglas, E<sub>1</sub>—E<sub>2</sub> Hauptelektroden, Z Zündelektrode, Ts Streutransformator, S Bajonettsockel (Swan).

füllung (Neon) und eine kleine Menge metallischen Natriums. Zwischen den beiden Schenkeln der Röhre ist eine Hilfselektrode Z eingelegt; diese ist mit dem Stromzuführungsdraht der Elektrode E<sub>2</sub> verbunden. Da die Lampe keine spezielle Heizung der Kathoden mehr braucht, ist die Zahl der Stromzuführungen auf 2 beschränkt, was die Verwendung eines normalen Glühlampensockels ermöglicht. Gewählt wurde der Bajonett-Sockel S (Swan-Sockel) in Porzellanausführung, welcher eine genaue Fixierung der Brennlage der Lampe gestattet. Die Betriebstemperatur der Lampe beträgt ca. 300° C. Um diese — nötige — Temperatur möglichst bald zu erreichen, den Wärmeverlust auf ein Minimum zu reduzieren und damit die Lampe von der Aussen-

<sup>1)</sup> Bull. SEV 1932, Nr. 23, S. 630, und 1933, Nr. 14, S. 308.

temperatur möglichst unabhängig zu machen, wird die Röhre durch ein doppelwandiges, luftleer gemachtes Schutzglas, Vakuumglas V, gegen Wärmeableitung isoliert. Das Vakuumglas wird durch einen Porzellanring gehalten, der über den Lampensockel geschoben und darauf mit einem federnden Stift gesichert wird. Zufolge der negativen Charakteristik der Lampe muss der Strom durch einen Zusatzapparat begrenzt werden; da für die Zündung zudem eine Spannung von 440 Volt erforderlich ist, wird ein Streutransformator Ts in Sparschaltung vorgeschaltet. Um den Spannungsabfall auf der Leitung ausgleichen zu können, ist der Transformator primärseits mit 3 Anzapfungen versehen (210/220/230 Volt).

Beim Einschalten des Wechselstromes von 220 Volt, 50 Per./s, besteht zwischen der Elektrode  $E_1$  einerseits und der Elektrode  $E_2$  und der Zündelektrode Z andererseits die Leerlaufspannung des Streutransformators von 440 Volt. Diese Spannung genügt, um das Neongas zu ionisieren, also leitend zu machen und den Stromdurchfluss durch die Gasäule einzuleiten. Durch die Transformatorstreuung sinkt die Spannung, sobald Strom durch die Lampe fließt; sie beträgt im Betriebe etwa 165 bis 170 Volt. Nach dem Einschalten leuchtet die Lampe zunächst in der bekannten roten Neonfarbe. Nach und nach erwärmt sie sich, wie auch die beiden Elektroden  $E_1$  und  $E_2$ , durch den Entladungsstrom. Unter dem Einfluss dieser Wärme wird nun das Natrium zuerst flüssig und geht allmählich in die für die Entladung nötige Dampfform über. Mit zuneh-

die Lichtausbeute wurden berechnet. Die Lichtstromkurve  $\Phi$  bestätigt den eben geschilderten Anlaufvorgang recht deutlich. Die Anfangswerte entsprechen der Neonentladung; durch den immer reicher vorhandenen Natriumdampf wird der Lichtstrom rasch grösser, um mit zunehmender Dampfsättigung langsam einen Grenzwert zu erreichen. Die

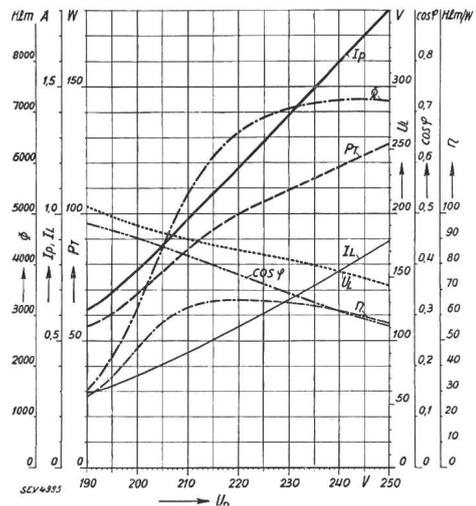


Fig. 3.  
Betriebscharakteristik der Philora-Natriumdampf-Lampe  
Typ SO 100 W.  
Lampe Nr. 4858 mit Streutransformator FKE Nr. 7673.  
(Kurvenbezeichnung wie Fig. 2.)

änderungen der Ströme  $I_p$  und  $I_L$  und der Leistungsaufnahme  $P_T$  ist während der Anlaufzeit gering. Die Lampe weist im Betriebszustand folgende Daten auf: Totleistung (inkl. Transformatorverluste) 105 W, Primärstrom 1,25 A,  $\cos \varphi$  0,38, Leistung der Lampe 90 W, Lampenspannung 165 V, Lampenstrom 0,6 A, Leistung des Streutransformators 15 W, Lichtstrom  $\Phi$  (Mittelwert) 57,6 Hlm/W.

Wichtig ist das Verhalten der Natriumdampf-Lampe bei Netzspannungsschwankungen. In Fig. 3 ist diese Betriebscharakteristik in Funktion der Primärspannung dargestellt. Aus diesen Kurven geht hervor, dass sich die Ströme  $I_p$  und  $I_L$  und die Leistungsaufnahme nahezu proportional der Netzspannung ändern. Anders verhält sich der Lichtstrom  $\Phi$ ; dieser steigt zunächst mit steigender Spannung, um von einer bestimmten Spannung an wieder abzunehmen. Die Lichtausbeute ist bei der Nennspannung am günstigsten. Der Leistungsfaktor und die Lampenspannung werden mit zunehmender Primärspannung kleiner.

### 3. Armatur.

Verschiedene schweizerische Beleuchtungskörperfabriken haben Spezialarmaturen für die SO-Lampe entwickelt. Die an der Industriestrasse verwendete

<sup>2)</sup> Alle lichttechnischen Grössen sind ausnahmsweise auf die Hefnerkerze bezogen; die Tendenz geht dahin, nur noch die Internationale Kerze zu verwenden, siehe «Die bisherigen Arbeiten der Internationalen Beleuchtungskommission» (zu beziehen beim Generalsekretariat des SEV, Preis 50 Rp.).

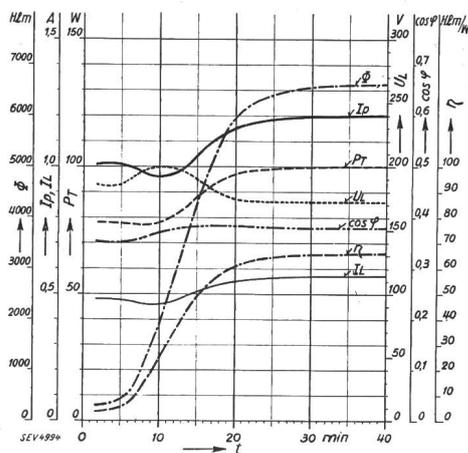


Fig. 2.  
Anlaufcharakteristik der Philora-Natriumdampf-Lampe  
Typ SO 100 W bei Nennspannung.  
Lampe Nr. 4858 mit Streutransformator FKE Nr. 7673.  
 $I_p$  Primärstrom,  $P_T$  totale Leistung,  $U_L$  Lampenspannung,  
 $I_L$  Lampenstrom,  $\Phi$  Lichtstrom,  $\cos \varphi$  Leistungsfaktor,  
 $\eta$  Lichtausbeute,  $f = 50/s$ .

mender Natriumverdampfung wechselt die Farbe des erzeugten Lichtes von rot über orange auf gelb.

Fig. 2 zeigt diese Anlaufcharakteristik in Funktion der Zeit. Gemessen wurden die Leistungsaufnahme und der Strom auf der Primärseite des Streutransformators, die Spannung und der Strom der Lampe und der erzeugte Lichtstrom. Der Leistungsfaktor, welcher sich auf die Primärseite bezieht, und

stammt aus den Werkstätten der «Belmag» in Zürich. Fig. 4a zeigt die Armatur mit ausmontiertem Schutzglas und Lampe und geöffnetem Deckel, welcher aus einer korrosionsfreien Aluminiumlegierung gegossen ist. Der Deckel wird unmittelbar auf das Mastende aufgeschraubt und mit Stellschraube ar-

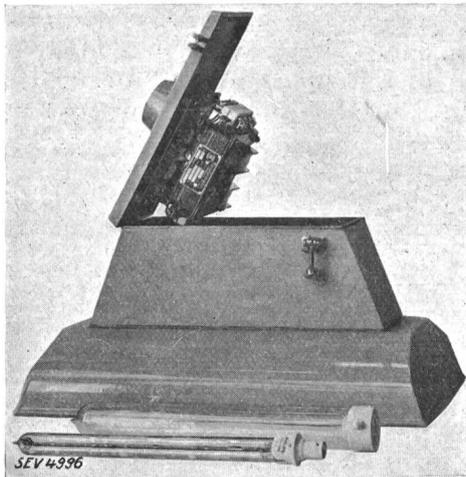


Fig. 4a.

Fig. 4.  
Belmag-Breitstrahler,  
22 150.

Links: mit ausmontiertem Schutzglas u. Lampe und geöffnetem Deckel.

Rechts: Ansicht der kompletten Armatur.

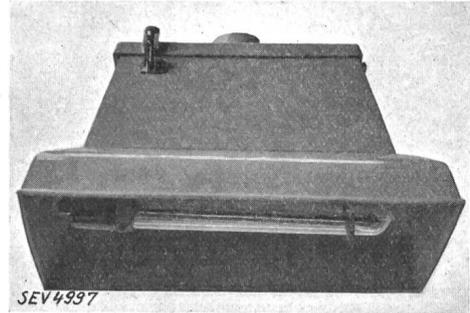


Fig. 4b.

tiert. Auf der untern Seite der Deckplatte ist der Streutransformator montiert. Der Aufsatz besteht aus Kupferblech und ist durch Scharnier und zwei Verschlußschrauben am Deckel befestigt. Der Reflektor ist aus Eisenblech hergestellt, innen reinweiss und aussen hellgrau feuer-emailliert; er ist am Aufsatz festgeschraubt. Fig. 4b gibt eine Ansicht der geschlossenen Armatur mit eingesetzter Lampe und Schutzglas. Gegenüber der Fassung ist ein Halter montiert, welcher das freie Ende des Schutzglases hält. Die Fassung ist so eingestellt, dass die beiden Schenkel der Lampe lotrecht übereinander zu liegen kommen. Lichttechnisch ist die Leuchte als Breitstrahler zu taxieren. Die maximale Lichtausstrahlung erfolgt in einer Ebene senkrecht zur Lampenaxe durch die Reflektormitte. Die Längsaxe des Reflektors muss deshalb stets senkrecht zur Strassenaxe eingestellt werden. Die Lichtverteilung in dieser Ebene ist in Fig. 5 dargestellt. Die ausgezogene Lichtverteilungskurve gilt für die Armatur, die punktierte für die nackte Lampe. Beide Kurven beziehen sich auf einen erzeugten Lichtstrom von 6050 Hlm. Der Wirkungsgrad der Armatur beträgt

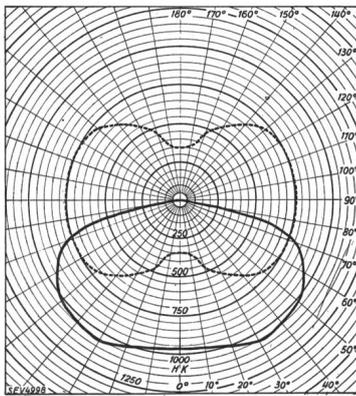


Fig. 5.

Lichtverteilungskurven des Belmag-Breitstrahlers, 22 150 mit Natriumdampf-Lampe, Typ S O, 100 W.

	Lichtstrom	Lichtausbeute	Wirkungsgrad
	Hlm	Hlm/W	%
Lampe	6050	57,6	
Armatur	4540	43,2	75

75 %. Fig. 6 zeigt die aus dieser Lichtverteilungskurve berechneten Beleuchtungswerte bei einer Brennpunkthöhe von 10,0 m; die Messebene befindet sich 1 m über Boden. Das Maximum der Horizontalbeleuchtung tritt direkt unter der Lampe, das Maximum der Vertikalbeleuchtung dagegen in einem Abstand von 6,5 m vom Lampenfußpunkt auf.

75 %. Fig. 6 zeigt die aus dieser Lichtverteilungskurve berechneten Beleuchtungswerte bei einer Brennpunkthöhe von 10,0 m; die Messebene befindet sich 1 m über Boden. Das Maximum der Horizontalbeleuchtung tritt direkt unter der Lampe, das Maximum der Vertikalbeleuchtung dagegen in einem Abstand von 6,5 m vom Lampenfußpunkt auf.

4. Beschreibung der Anlage.

Die mit Natriumdampflampen beleuchtete Strecke (Stadtgrenze unmittelbar oberhalb Gaswerk

Schlieren — Knie oberhalb der Altstetterstrasse) ist 2190 m lang und schnurgerade. Die Strassenbreite beträgt 9,75 m. Auf Empfehlung der Philips-Lampen A.-G. wurden die 73 Lampen beidseitig der Strasse

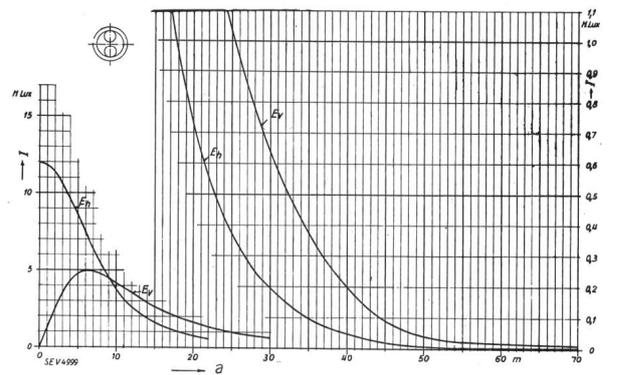


Fig. 6.

Beleuchtungskurven des Belmag-Breitstrahlers, 22 150, mit Natriumdampf-Lampe, Typ S O, 100 W, bezogen auf einen erzeugten Lichtstrom von 6050 Hlm, Brennpunkthöhe 10,0 m, Messebene 1 m über Boden; links oben: Anordnung der SO-Lampe. Eh Horizontalbeleuchtung, Ev Vertikalbeleuchtung, a Abstand vom Lampenfußpunkt.

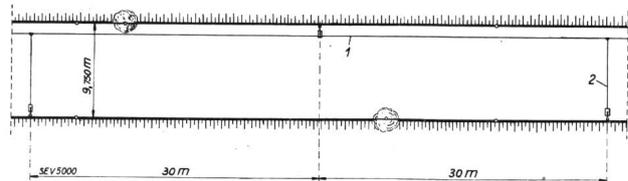


Fig. 7.

Situation der Industriestrasse.

- 1 Kabel 4 × 16 mm<sup>2</sup> in Kabelschutzeisen Nr. 4.
- 2 Kabel 4 × 1,5 mm<sup>2</sup> in 1"-Gasrohr.

in einem symmetrischen Zickzack angeordnet. Die Brennpunkthöhe wurde auf 10 m und die Lampendistanz auf 30 m versetzt oder 60 m einseitig gemessen festgelegt (Fig. 7 und 8). Der relativ kurze Ab-

stand wurde gewählt, um eine möglichst gleichmäßige Beleuchtung zu erzielen. Da es sich um eine

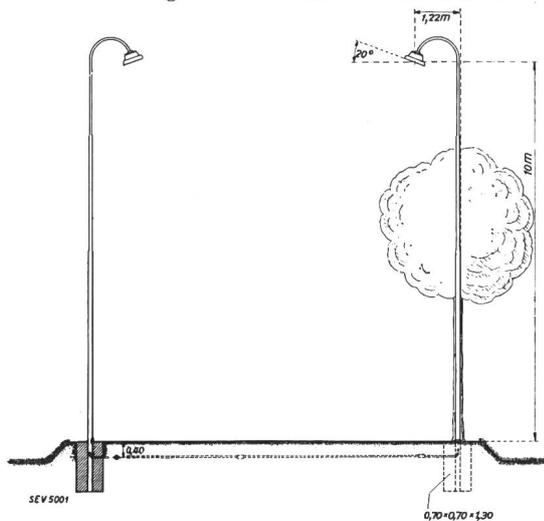


Fig. 8.  
Querschnitt der Industriestrasse.

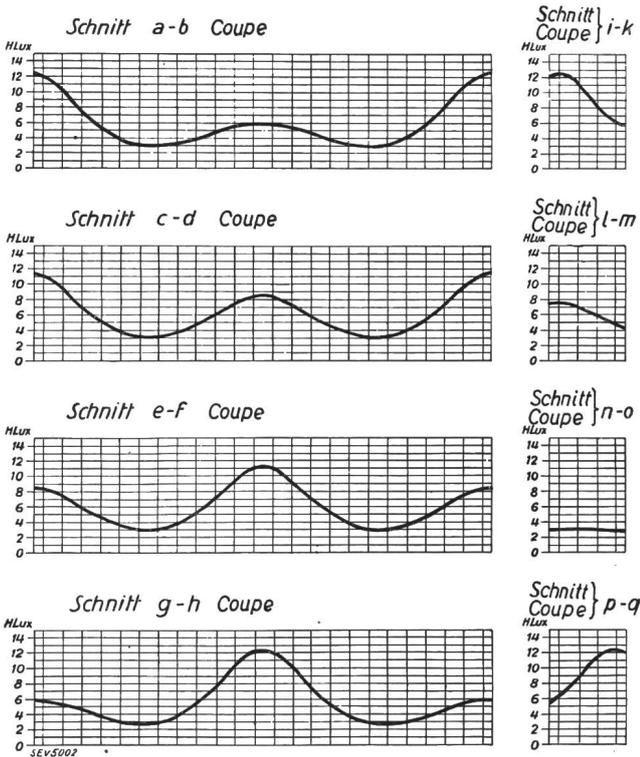
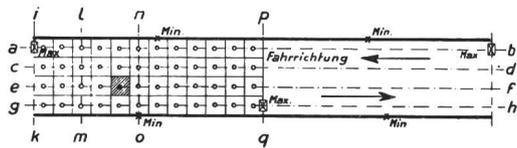


Fig. 9.  
Horizontal-Beleuchtung an der Industriestrasse.  
Messebene 1 m über Boden.  
 $E_h$  mittel = 5,9 HLux;  $E_h$  max. = 12,4 HLux;  
 $E_h$  min. = 2,8 HLux; Gleichmäßigkeit = 1 : 4,4.

definitive Anlage handelt, wurden als Lampenträger nahtlos gezogene, schussweise abgesetzte Stahlrohrmasten verwendet. Das oberste Rohrstück ist

als Kreisbogen von 160° mit einem Radius von 530 mm abgebogen. Zur Aufnahme der Armatur ist am Bogenende ein 20 mm langes 1 3/4'' Gasgewinde angeschnitten. Die Armatur erhält dadurch eine Neigung von 20° gegen die Horizontale, wodurch der Lichtverlust durch Lichtausstrahlung neben die Strasse verkleinert wird. Bei der Montage der Armaturen ist zu beachten, dass immer der Sockel den höchsten Punkt der Lampe bildet. Die Ausladung von hinterkant Mast bis Mitte Lampe beträgt 1,22 m. Im Querprofil der Industriestrasse

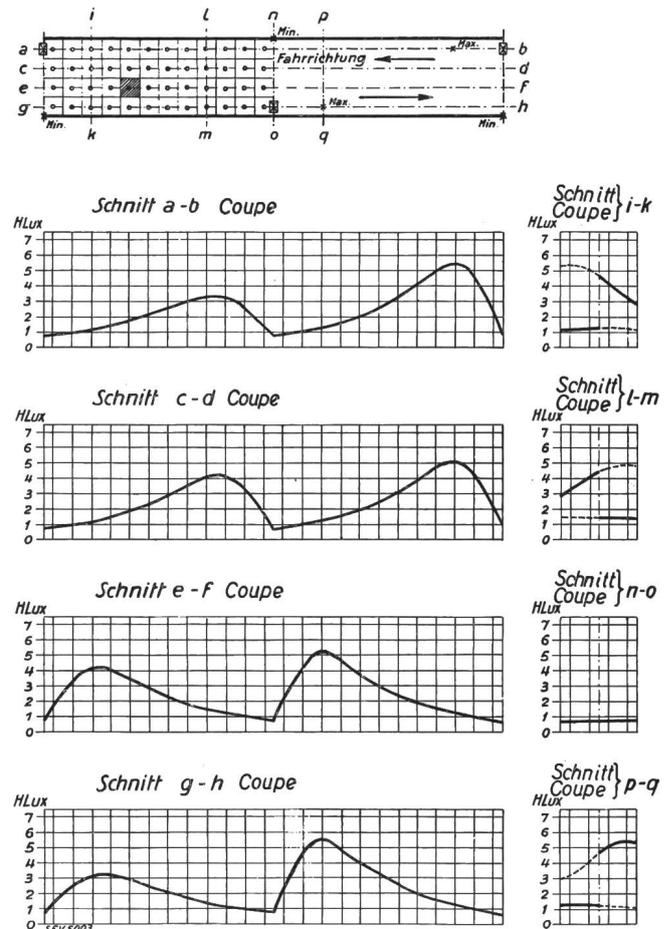


Fig. 10.  
Vertikal-Beleuchtung an der Industriestrasse.  
Messebene 1 m über Boden.  
 $E_v$  mittel = 2,5 HLux;  $E_v$  max. = 5,4 HLux;  
 $E_v$  min. = 0,7 HLux; Gleichmäßigkeit = 1 : 7,7.

(Fig. 8) ist die Anordnung deutlich sichtbar. Die Masten stehen mit ihrer Hinterkante an der Strassengrenze, so dass sie vollständig auf öffentlichem Grunde stehen.

Fig. 9 zeigt die Horizontalbeleuchtung, welche bei dieser Lampenanordnung erreicht wird. In der Situation sind die Punkte, in denen das Maximum oder das Minimum der Beleuchtungsstärke auftreten, genau eingetragen. Die Beleuchtungsstärke wurde rechnerisch nach dem Punktverfahren für 48 Messpunkte eines Feldes ermittelt. Bei jedem Punkt wurde der Einfluss von 4 Lampen berücksichtigt. Die Messebene wurde 1 m über Boden angenommen.

Fig. 10 gibt eine Darstellung der Vertikalbeleuchtung. Die Orte mit minimaler oder maximaler Beleuchtungsstärke sind aus der Situation ersichtlich. Die Berechnung erfolgte für 48 Punkte, wobei für jeden Punkt 3 Lampen berücksichtigt wurden. Die Messebene ist ebenfalls 1 m über Boden angenommen.

Die Beleuchtungsdaten sind in Tabelle I zusammengestellt.

Fig. 11a zeigt eine Tagesaufnahme der Industriestrasse. Die schlanken Bogenmasten, welche zudem

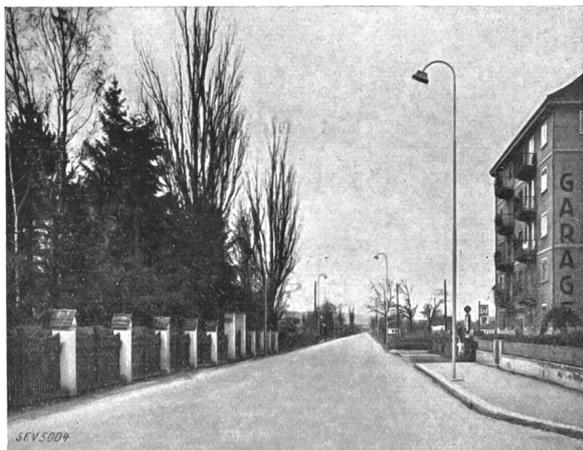


Fig. 11a.

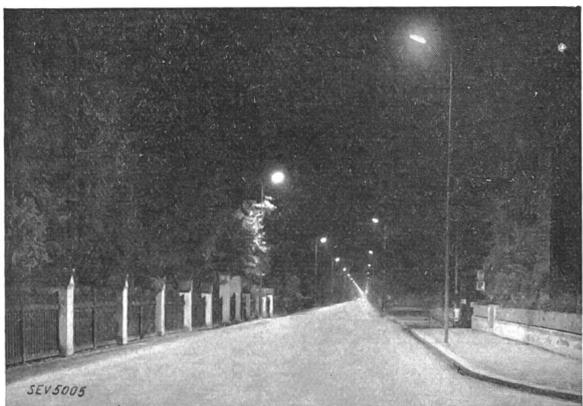


Fig. 11b.

Industriestrasse bei Tag (oben) und bei Nacht (unten).

hellgrau gestrichen sind, sind kaum sichtbar. Die Störung des Landschaftsbildes ist auf ein Minimum beschränkt. Die Nachtaufnahme Fig. 11b bestätigt die errechnete vorzügliche Gleichmässigkeit.

Auf dieser Automobilstrasse, die nur sehr geringen Fussgängerverkehr aufweist, kommen die physiologischen Vorteile<sup>3)</sup> des einfarbigen, gelben Natriumlichtes richtig zur Geltung. Das Unvermögen, Farben zu unterscheiden, spielt hier keine wesentliche Rolle. Die Anlage ist zufolge der geringen Leuchtdichte der Lampen blendungsfrei. Die Sicht ist bei trockener Fahrbahn vorzüglich; bei Regenwetter wird sie durch den schwarzen, glänzenden Asphaltbelag etwas reduziert, ist aber immer noch

<sup>3)</sup> Bull. SEV 1932, Nr. 23, S. 631.

Zusammenstellung der Beleuchtungsdaten  
der Natriumdampf-Anlage an der Industriestrasse.

Tabelle I.

Lampenanordnung . . . . .	Seitenlampen, beidseitig versetzt, zickzack	
Brennpunkthöhe . . . . .	10 m	
Armatur . . . . .	Belmag Breitstrahler 22150	
Lichtquelle . . . . .	Philora Natriumdampf- lampe Type SO 100 W	
Leistung pro Lampe . . . . .	105 W	
Lichtstrom pro Lampe . . . . .	6050 Hlm	
Lichtausbeute . . . . .	57,6 Hlm/W	
Lampendistanz . . . . .	30 m, 60 m einseitig	
Strassenbreite . . . . .	9,75 m	
Beleuchtete Fläche pro Lp. . . . .	293 m <sup>2</sup>	
Spezifische Leistung . . . . .	0,358 W/m <sup>2</sup>	
Spezifischer Lichtstrom . . . . .	20,6 Hlm/m <sup>2</sup>	
	Horizontal- Beleuchtung	Vertikal- Beleuchtung
mittlere . . . . .	5,9 HLux	2,5 HLux
maximale . . . . .	12,4 HLux	5,4 HLux
minimale . . . . .	2,8 HLux	0,7 HLux
Gleichmässigkeit . . . . .	1 : 4,4	1 : 7,7
Nutzlichtstrom . . . . .	1730 Hlm	733 Hlm
Wirkungsgrad . . . . .	28,6 %	12,1 %
Nutzlichtausbeute . . . . .	16,5 Hlm/W	7,0 Hlm/W

gut. In diesem Zustand zeigt sich auch der Vorteil der beidseitigen Lampenanordnung, durch das Inerscheintreten von 2 leuchtenden Streifen beidseits der Strasse. Versuche zeigten, dass es bei trockener Strasse möglich ist, die Strecke mit ausgeschaltetem Scheinwerferlicht im 80-km-Tempo und darüber sicher zu durchfahren.

Durch Verschmutzung der Lampen und Armaturen und zufolge allmählicher Abnahme des erzeugten Lichtstromes ist im Betrieb mit einer Reduktion der genannten Beleuchtungswerte, welche sich auf neue Lampen und Reflektoren beziehen, zu rechnen.

Die Speisung der Lampen erfolgt aus der Transformatorstation «Industrie» 11 000/380/220 Volt des EWZ, welche 60 m von der Strecke entfernt ist. Das Strassenstück von der Transformatorstation bis zur Stadtgrenze misst 1371 m, dasjenige von der Transformatorstation bis zum stadtseitigen Ende der Anlage 819 m. Von der 380/220 V-Sammelschiene führt eine Kabelleitung  $3 \times 25 + 16 \text{ mm}^2$  zur Schalt- und Verteilanlage für die Strassenbeleuchtung. In Fig. 12 ist das Schaltschema dieser Anlage dargestellt, Fig. 13 zeigt eine photographische Aufnahme. Am untern Bildrand sind die 3 Gehäuse der Kondensatorbatterie sichtbar. Die 73 Philora-Natriumdampflampen sind folgendermassen auf die 3 Phasen des Einheitsnetzes verteilt: Phase R 25 Lampen, Phase S 24 Lampen und Phase T 24 Lampen. Die Einschaltung der Lampen erfolgt automatisch durch den Zeitschalter Ghilmetti Typ Z G 2 M A 60 A. Parallel zu diesem Automat sind 3 Handschalter HS eingebaut, welche die Ueberbrückung des Zeitschalters bei Störungen und die Einschaltung bei Tage zur Kontrolle der Lampen gestatten. Der Automat führt folgende Schal-

tungen aus: Stellung 1, astronomische Einschaltung am Abend (Sonnenuntergang) der Phasen R, S und T; Stellung 2, Ausschaltung der Phasen S und T um 00.30 h; Stellung 3, Einschaltung der Phasen S und T um 05.00 h. Stellung 0 astronomische Aus-

Fig. 14 zeigt das Schaltbild der Lampen; gleichzeitig ist auch die Zickzack-Anordnung sichtbar. Da es sich bei der Industriestrasse um eine Hauptstrasse mit Vorfahrrecht handelt, wurde bei der Einteilung auf die einmündenden Strassen nicht be-

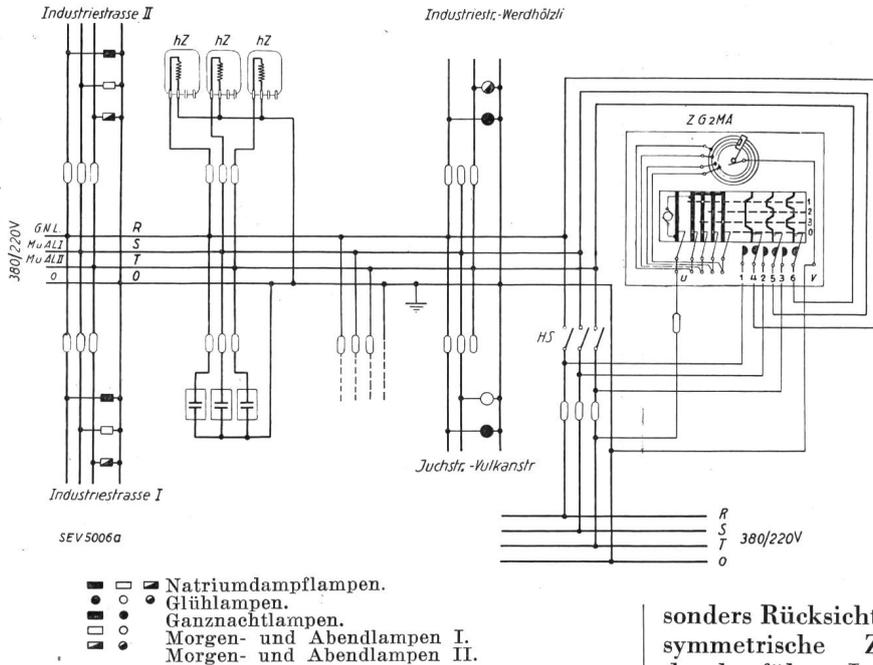


Fig. 12.

Schalt- und Verteilanlage für die öffentliche Beleuchtung in der Transf.-Station «Industrie».

ZG<sub>2</sub>MA Zeitschalter für 3 Stromkreise, 1 für Ganznacht- und 2 für Morgen- und Abendlampen mit astronomischer Einschaltung am Abend u. astronomischer Ausschaltung am Morgen.  
 hZ Betriebsstundenzähler.  
 HS Handschalter.

schaltung am Morgen (Sonnenaufgang) der Phasen R, S und T. Entsprechend diesen Brennzeiten werden Ganznachtlampen (Phase R), Morgen- und Abendlampen I (Phase S) und Morgen- und Abendlampen II (Phase T) unterschieden. Da die Philips-Lampen A.-G. für die SO-Lampen eine Lebensdauer von 3000 Brennstunden (als Mittelwert aller Lampen) garantiert, wurden an alle 3 Phasen Betriebsstundenzähler (hZ) angeschlossen. Durch Ablesen des Zählerstandes beim Einsetzen und Ausmontieren einer Lampe kann die Lebensdauer genau ermittelt werden. Zur Verbesserung des Leistungsfaktors wurde eine «Xamax»-Kondensatorbatterie eingebaut. Die Kapazität beträgt 400 Mikro-Farad pro Phase. Von der Verteilanlage wurde ein Papierbleikabel  $4 \times 16 \text{ mm}^2$  Industriestrasse abwärts und ein gleiches Industriestrasse aufwärts verlegt. Diese Speiseleitungen liegen in Kabelschutzeisen 40 cm tief im Strassenkörper und verlaufen mit 1 m Abstand parallel zur südwestlichen Strassengrenze. Für die Anschlüsse der Kandelaber wurden Papierbleikabel  $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$  verwendet, welche in 1"-Gasrohren verlegt wurden. Da diese Leitungen in der Gefrierzone liegen, wurde sorgfältig darauf geachtet, dass die Gasrohre vom Mast gegen die Hauptleitung ein Gefälle von 2 % aufweisen (siehe auch Fig. 7 und 8). Der Kabelendverschluss des Anschlusses und die Sicherung für die Lampe befinden sich im Rohrmast 1,5 m über Boden. Das Gummibleikabel von der Sicherung bis zur Lampe (im Rohrkandelaber verlegt) hat einen Querschnitt von  $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$ .

sonders Rücksicht genommen, sondern es wurde die symmetrische Zickzack-Anordnung konsequent durchgeführt. In der Zeit von 00.30 h bis 05.00 h ist die Beleuchtung auf  $\frac{1}{3}$  der Normalbeleuchtung reduziert. Diese Massnahme wird durch die geringe

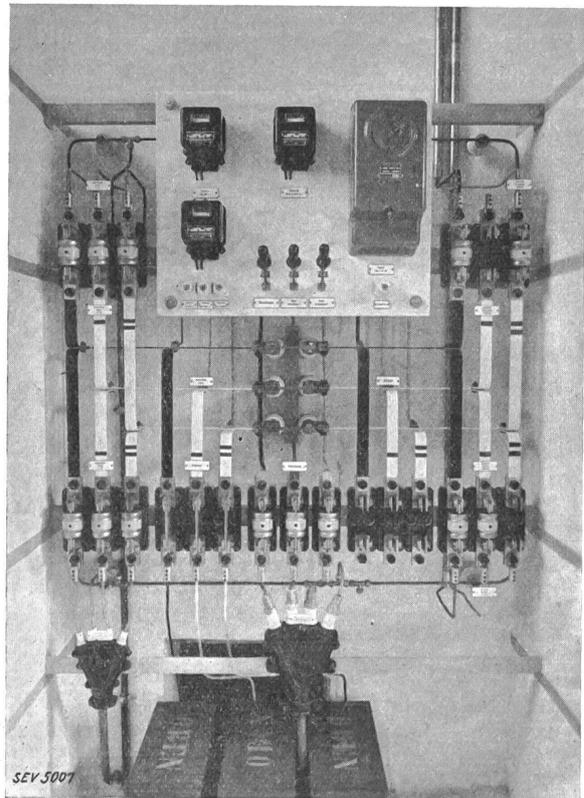


Fig. 13.

Schalt- und Verteilanlage für die öffentliche Beleuchtung in der Transf.-Station «Industrie».

Verkehrsfrequenz während dieser Zeit gerechtfertigt. Ein Augenschein überzeugt, dass auch in diesem Schaltzustand noch von einer genügenden Beleuchtung gesprochen werden kann.

Eine Belastungsmessung in der Transformatorstation gab für diese Anlage folgende Werte:

Tabelle II.

Phase	Leistung kW	Spannung V	Strom A	cos $\varphi$
Ohne Kondensatoren				
R, GNL	2,950	230	29,25	0,435 ind.
S, M u. AL I	2,830	230	28,05	0,438 "
T, M u. AL II	2,830	230	28,05	0,438 "
Mit Kondensatoren				
R, GNL	2,970	230	14,00	0,921 kapaz.
S, M u. AL I	2,850	230	13,35	0,929 "
T, M u. AL II	2,850	230	13,35	0,929 "
Total	8,670			

Die Ueberkompensation erfolgte absichtlich, damit die Kondensatorbatterie bei einer Erweiterung der Anlage nicht ausgewechselt werden muss.

Die Totalleistung von 8,670 kW setzt sich folgendermassen zusammen: 6,570 kW (= 75,8 %) Leistungsaufnahme der Lampen, 1,090 kW (= 12,6 %)

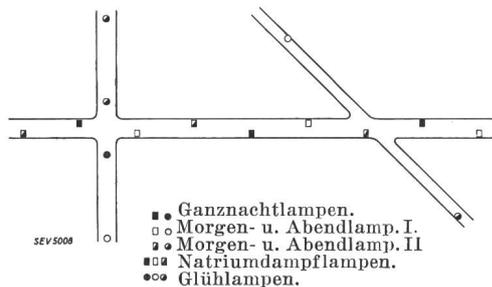


Fig. 14.

Schaltbild der Industriestrasse.

Verluste in den Streutransformatoren, 0,950 kW (= 10,9 %) Leitungsverluste und 0,060 kW (= 0,7 %) Verluste in den Kondensatoren. Die Bruttoleistung pro km Strasse beträgt 3,960 kW.

Die Anlage wurde am 30. September 1935 nach einer Bauzeit von 17 Arbeitstagen in Betrieb gesetzt. Die Grabarbeiten und das Aufstellen der Maste wurden durch die Baufirma A. Cavadini-Burger, Söhne, Zürich, im Akkord ausgeführt. Die Kabelverlegung inkl. Spleissungen, die Montage der Armaturen und die Installation der Schalt- und Verteilanlage erfolgte durch werkeigenes Personal.

## II. Bahnhofstrasse Zürich, Quecksilberdampf- und Glühlampen.

### 1. Einleitung.

Schon im Jahre 1898 wurde an der Bahnhofstrasse, der Hauptstrasse Zürichs, die Gasbeleuchtung durch 42 elektrische Kohlenbogenlampen zu ca. 600 W ersetzt. 14 Bogenlampen waren an Seilen über der Fahrbahnmitte, 26 auf den Trottoirs, zum

Teil an den Häusern, zum Teil an Gusskandelabern in den Baumreihen und 2 an Gusskandelabern auf dem Paradeplatz installiert. Der Anschluss erfolgte in Serieschaltung zu je 6 Bogenlampen. In den Jahren 1912/13 wurden die Bogenlampen auf den Trottoirs durch Glühlampen ersetzt. Erst im Jahre 1925 erfolgte die Auswechslung der letzten Bogenlampe über der Fahrbahn gegen Glühlampen und gleichzeitig die Erhöhung der Zahl der Ueberspannlampen von 14 auf 28.

Anschliessend an den Umbau Bürkliplatz wurde im Sommer 1933 die obere Bahnhofstrasse bis zum Paradeplatz und im November 1933 die Strecke vom Paradeplatz bis zur Schützengasse (ca. 70 m vom Bahnhofplatz entfernt) mit einer einheitlichen Seitenbeleuchtungsanlage ausgerüstet. Es gelangten total 102 Betonstehkandelaber in den beidseitigen Baumreihen zur Aufstellung. Bei dieser Gelegenheit erfuhren auch die Mittelaufhängungen eine Erweiterung auf 31 Lampen. Ende April 1934 wurden an der obern Bahnhofstrasse (Bürkliplatz-Paradeplatz) auf Anregung der Osram A.-G., Zürich, 12 Glühlampen der Ueberspannungen versuchsweise durch Quecksilberdampflampen Typ Hg H 1000, 275 W, ersetzt<sup>4)</sup>. Zuzufolge der hohen Lichtausbeute dieser Lampen konnte die gleiche Beleuchtungsstärke wie früher mit den Glühlampen mit einer Einsparung von 2,7 kW für 12 Lampen erzielt werden. Die mittlere Lebensdauer der ersten 12 Quecksilberdampflampen betrug 2740 Brennstunden, wobei zu berücksichtigen ist, dass einige Lampen auf Verlangen der Osram A.-G., um Lichtstrommessungen auszuführen, noch in betriebsfähigem Zustand ausgebaut wurden. Diese günstigen Betriebsergebnisse und die günstige Beurteilung, die die Wirkung der Anlage allgemein fand, veranlasste die Direktion des EWZ, alle 31 Ueberspannlampen definitiv durch Quecksilberdampflampen Typ Hg H 1000 für 220 V, 50 Per./s zu ersetzen. Die Inbetriebsetzung erfolgte am 28. September 1935.

### 2. Bauart und Wirkungsweise der Quecksilberdampflampen.

Der Hauptbestandteil der Lampe ist das Entladungsrohr L (Fig. 15), ein Glaskörper, an dessen Enden sich die beiden Elektroden  $E_1$  und  $E_2$  und die Zündelektrode Z befinden. Dieses Glasrohr enthält neben dem Grundgas Argon etwas Quecksilber. Von grösster Wichtigkeit ist auch bei dieser Entladungslampe die chemische Zusammensetzung der Elektrodenoberfläche (Bariumverbindungen). Die Zündelektrode Z ist über einen Hochohm-Widerstand R mit der Stromzuführung der gegenüberliegenden Elektrode  $E_2$  verbunden. Um das Entladungsrohr gegen mechanische Einflüsse zu schützen und um eine einseitige Sockelung zu ermöglichen, wird es in einen zweiten Glaskolben eingebaut. Die Zentrierung und transportsichere Halterung des Innenrohres im Aussenrohr erfolgt durch zwei Wendeldrahtringe, an beiden Enden des Ent-

<sup>4)</sup> Bull. SEV 1934, Nr. 11, S. 276.

ladungsrohres (Fig. 18a). Der Zwischenraum zwischen den beiden Rohren ist luftleer gemacht und wirkt dadurch als Wärmeisolator. Die Betriebstemperatur des Entladungsrohres beträgt ca. 400° C. Da die Heizung der Elektroden durch den Entladungsstrom erfolgt, benötigt die Lampe nur zwei

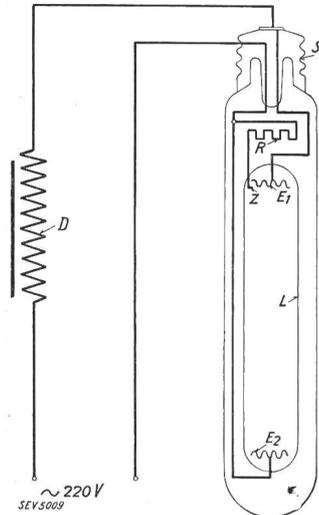


Fig. 15.

Osram-Quecksilberdampf-Lampe,  
Typ Hg H 1000.

- L Lampe.
- E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> Hauptelektroden.
- R Vorschaltwiderstand.
- Z Zündelektrode.
- D Drosselspule.
- S Goliath-Sockel.

Stromzuführungen und ist mit dem normalen Goliath-Sockel S versehen. Da die Zündspannung unter der Netzspannung 220 V liegt, kann die durch die negative Charakteristik bedingte Strombegrenzung durch eine Drosselspule D erfolgen.

Beim Einschalten der Lampe tritt zwischen der Zündelektrode Z und der Hauptelektrode E<sub>1</sub> die volle Netzspannung auf, wodurch eine schwache

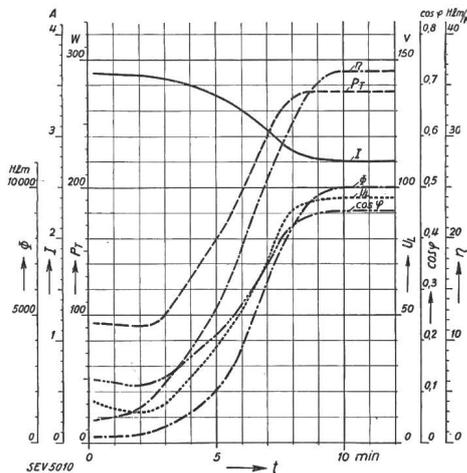


Fig. 16.

Anlaufcharakteristik der Osram-Quecksilberdampf-Lampe,  
Typ Hg H 1000, bei Nennspannung.

Lampe Nr. G 2769, Drosselspule Osram S Nr. W 4954 E.  
I Stromstärke, P<sub>T</sub> totale Leistungsaufnahme, Φ Lichtstrom,  
U<sub>L</sub> Lampenspannung, cos φ Leistungsfaktor, η Lichtausbeute,  
f = 50/s.

Glimmentladung entsteht. Dadurch wird die Argongassäule zwischen den beiden Hauptelektroden ionisiert, so dass sich auch hier eine Entladung ausbilden kann. In diesem Zustand leuchtet das Entladungrohr schwach blau (Argonfarbe). Mit zunehmender Entladung beginnt das Quecksilber zu ver-

dampfen, bis schliesslich die ganze Metallmenge in Dampf übergegangen ist und die Lampe ihre volle Lichtleistung abgibt. Es hat sich im Innern des Rohres eine ca. 6 mm starke Entladungssäule gebildet. Die Lichtfarbe ist bläulich-weiss. Das Quecksilberspektrum enthält in der Hauptsache gelbes, grünes und blaues Licht. Mit der Zunahme des Quecksilberdampfdruckes steigt die Zündspannung der Röhre; sie liegt im Betriebszustand über der Netzspannung. Dies hat zur Folge, dass bei einem Stromunterbruch die Lampe nicht sofort wieder gezündet werden kann. Mit dem Erkalten der Lampe sinkt der Dampfdruck und damit die Zündspannung. Die Wiederzündung erfolgt, wenn die Zündspannung auf den Wert der Netzspannung gesunken ist. Diese Zeit beträgt je nach Aussentemperatur 5 bis 8 Minuten.

Fig. 16 zeigt den eben geschilderten Anlaufvorgang in Funktion der Zeit. Die Lampenspannung U<sub>L</sub>, welche im ersten Moment 220 Volt beträgt, fällt sofort, um mit zunehmendem Dampfdruck wieder

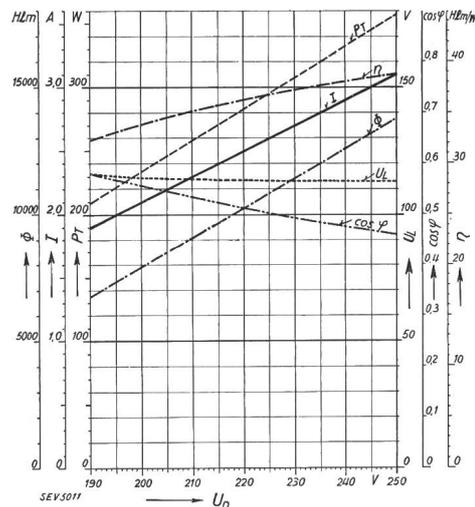


Fig. 17.

Betriebscharakteristik der Quecksilberdampf-Lampe,  
Typ Hg H 1000.  
Lampe Nr. 5635, Drosselspule ELZ Nr. 581.  
(Kurvenbezeichnung wie Fig. 16.)

anzusteigen. Die Leistungsaufnahme P<sub>T</sub>, der Lichtstrom Φ, die Lichtausbeute η und der Leistungsfaktor cos φ wachsen ebenfalls mit zunehmender Quecksilberverdampfung. Der Strom I dagegen nimmt ab. Die Osram-Quecksilberdampf-Lampe Typ Hg H 1000 weist folgende Betriebsdaten auf: Leistung total 275 W, Leistung der Lampe 250 W, Stromstärke 2,6 A, Lampenspannung 115 V, Lichtstrom 10 000 Hlm, Lichtausbeute 36,4 Hlm/W, cos φ = 0,48 (Mittelwerte).

Fig. 17 veranschaulicht das Verhalten der Quecksilberdampf-Lampe im Betriebszustand bei Spannungsänderungen. Der Strom I und damit die Leistung P<sub>T</sub>, der Lichtstrom Φ und die Lichtausbeute η nehmen mit der Primärspannung zu. Die Lampenspannung U<sub>L</sub> und der Leistungsfaktor cos φ nehmen mit zunehmender Primärspannung ab.

Die Ständerlampen sind mit innenmattierten Glühlampen 220 V, 300 W, ausgerüstet. Der Lichtstrom dieser Lampen beträgt 5250 Hlm und die Lichtausbeute 17,5 Hlm/W.

tern Schutzglasrand bündig ist. In Fig. 18a ist die Armatur ohne Schutzglas und Schutzhaube, in Fig. 18b die komplette Armatur dargestellt. Diese Armatur ist axialsymmetrisch, d. h. die Lichtverteil-



Fig. 18a.

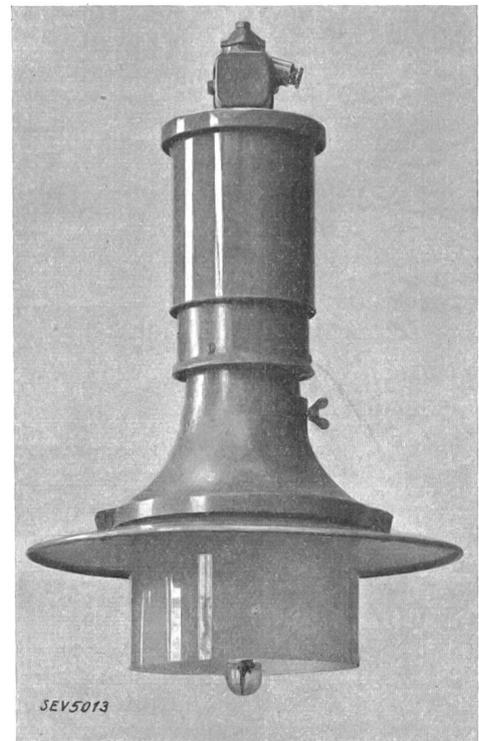


Fig. 18b.

Fig. 18.  
Belmag-Freistrahler 9001,  
mit Drosselspulen-  
Aufbau.

Links:  
Ohne Schutzglas und  
Schutzhaube,

Rechts:  
Komplette Armatur.

### 3. Armaturen.

Da die Quecksilberdampf Lampe mit dem normalen Goliathsockel ausgerüstet ist und auch ihre Totallänge ca. der Glühlampe mit gleichem Lichtstrom entspricht, können allgemein die gleichen Armaturen wie für die Glühlampen verwendet werden. Am besten eignen sich die Freistrahler. Unsere Wahl fiel auf den Belmag-Freistrahler 9001. Die Drosselspule ist in einem speziellen Aufbau untergebracht. Der Oberteil der Armatur ist ein korrosionsfreier Aluminiumguss. Die Lampe ist durch ein opalüberfangenes, zylindrisches Schutzglas abgedeckt. Dieses hängt im Aussenreflektor, der mit Scharnierverschluss abklappbar ist. Aussen- und Innenreflektor sind auf der Lichtseite rein weiss, auf der Gegenseite hellgrau emailliert. Der Aufbau besteht aus einem Flacheisenbügel, welcher die Armatur mit der Anschlussdose verbindet. In diesem Bügel ist die Drosselspule befestigt. Zwischen Bügel und Anschlussdose ist ein Kupferteller festgeklemmt. An diesem Teller wird die Schutzhaube, ebenfalls aus Kupferblech, mit drei Schrauben befestigt. Zum Anschliessen und Kontrollieren der Drosselspule kann diese Schutzhaube über den Armaturerteil gestülpt werden. Die Ventilation erfolgt durch die Luftspalte zwischen Armaturkopf und Schutzhaube einerseits und zwischen Schutzhaube und Deckel andererseits. Die verstellbare Lampenfassung wurde so eingestellt, dass die untere Elektrode der Quecksilberdampf Lampe mit dem un-

kurven in allen Ebenen durch die Vertikalaxe der Leuchte sind gleich. Diese Lichtverteilungskurve ist in Fig. 19 veranschaulicht. Die ausgezogene Lichtverteilungskurve gilt für die Armatur, die punktierte für die Lampe. Beide Lichtverteilungen beziehen sich auf einen

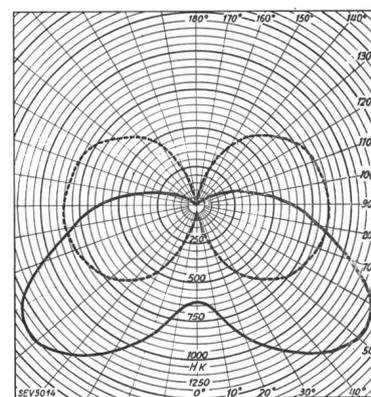


Fig. 19.  
Lichtverteilungskurven des  
Belmag-Freistrahlers 9001  
mit Quecksilberdampf-Lampe,  
Typ Hg H 1000.  
— Armatur, ..... Lampe allein.  
Lichtstrom Lichtausbeute Wirkungsgrad  
Hlm Hlm/W %

	Lichtstrom Hlm	Lichtausbeute Hlm/W	Wirkungsgrad %
Lampe	10 000	35,4	
Armatur	8 860	32,2	88,6

erzeugten Lichtstrom von 10 000 Hlm. Der Wirkungsgrad der Armatur beträgt 88,6 %. Fig. 20 zeigt die aus dieser Lichtverteilungskurve, auf einer Mescebene, welche sich 1 m über Boden befindet, bei einer Brennpunkthöhe von 10,0 m berechneten Beleuchtungskurven. Die

Horizontalbeleuchtung weist ihr Maximum in einem Abstand von 3,5 m, die Vertikalbeleuchtung in einem Abstand von 7,5 m vom Lampenfusspunkt auf.

Die Stehkandelaber sind mit der von der BAG Turgi nach unseren Vorschlägen konstruierten

Plaza-Leuchte - 7265 (Fig. 21) ausgerüstet. Der Glas- und Fassungshalter, der als achteckiger Kelch geformt ist, besteht aus Grauguss. Er wird direkt auf das aus dem Mast vorstehende Gasrohr aufge-

Durchhang von 35 cm mit feuerverzinkten Mauerhaken an den Hausfassaden befestigt. Die Speisung erfolgt ab einem speziellen Beleuchtungskabel durch ein Papierbleikabel von  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ . Der

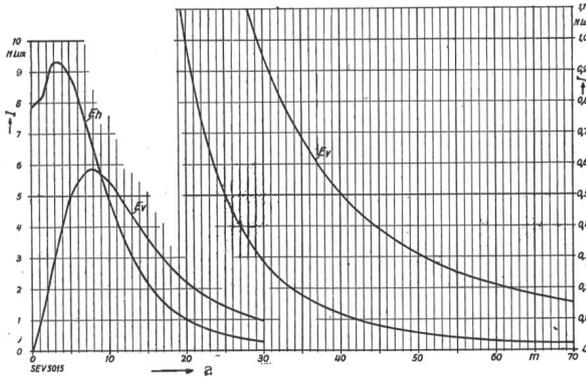


Fig. 20.

Beleuchtungskurven des Belmag-Freistrahlers 9001 mit Quecksilberdampf-Lampe, Typ Hg H 1000, bezogen auf einen erzeugten Lichtstrom von 10 000 Hlm, Brennpunkthöhe 10,0 m, Messebene 1 m über Boden.  $E_h$  Horizontalbeleuchtung,  $E_v$  Vertikalbeleuchtung,  $a$  Abstand vom Lampenfußpunkt.

schraubt. 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 Leuchte ist axialsymmetrisch. Die Lichtverteilungskurven der Plaza-Leuchte, bezogen auf einen erzeugten Lichtstrom von 5250 Hlm, sind in Fig. 22 dargestellt. Die ausgezogene Kurve gilt für die Armatur, die punktierte für die mattierte Glühlampe. Der Wirkungsgrad der Armatur beträgt 70,1 %.

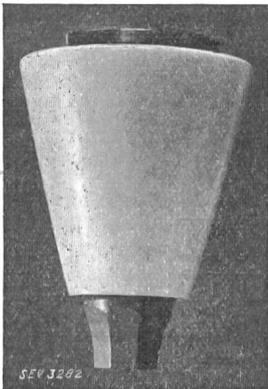


Fig. 21.

BAG-Plaza-Leuchte 7265.

Das Maximum der Horizontalbeleuchtung befindet sich 1 m, dasjenige der Vertikalbeleuchtung 2,5 m vom Lampenfußpunkt entfernt.

4. Beschreibung der Anlage.

Die Bahnhofstrasse hat vom Bahnhofplatz bis zum Bürkliplatz eine Länge von 1200 m. An die Fahrbahn von 10 m Breite schliessen sich zwei Trottoirs zu je 7 m Breite an, so dass die ganze Breite 24 m beträgt. Beide Trottoirs sind durch eine Baumreihe geschmückt, welche mit 1 m Abstand parallel zur Randsteinflucht verlaufen. Der mittlere Baumabstand beträgt ca. 7 m. Der mittlere Abstand der Ueberspannlampen beträgt 40 m, die Brennpunkthöhe 10 m. Das Abspannseil besteht aus 7 Bronzedrähten zu 2 mm Durchmesser. Es ist mit einem

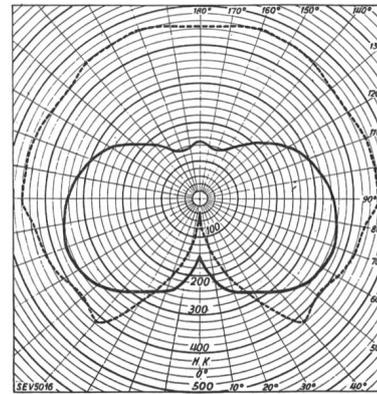


Fig. 22.

Lichtverteilungskurven der BAG-Plaza-Leuchte 7265, mit innenmattierter Glühlampe 220 V, 300 W.

	Lichtstrom Hlm	Lichtausbeute Hlm/W	Wirkungsgrad %
Lampe	5250	17,5	
Armatur	3680	12,3	70,1

Endverschluss dieser Zuleitung befindet sich mit der Lampensicherung im Sicherungskästchen, welches als Nische in den Gebäudesockel eingelassen ist. Von der Sicherung führt ein einpoliges Gummi-bleikabel von  $1,5 \text{ mm}^2$  in einem galvanisierten Panzerrohr zum Mauerhaken und von dort längs des Abspannseiles in die Anschlussdose der Armatur. Der Nulleiter besteht aus einem Gummischlauch-

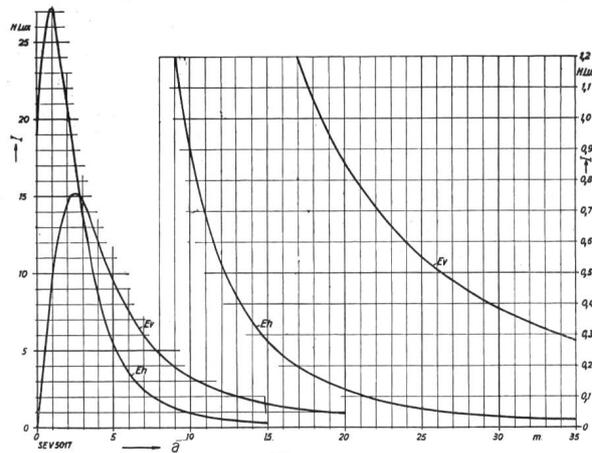


Fig. 23.

Beleuchtungskurven der BAG-Plaza-Leuchte 7265, mit innenmattierter Glühlampe 220 V, 300 W, bezogen auf einen erzeugten Lichtstrom von 5250 Hlm, Brennpunkthöhe 3,8 m, Messebene 1 m über Boden.  $E_h$  Horizontalbeleuchtung,  $E_v$  Vertikalbeleuchtung,  $a$  Abstand vom Lampenfußpunkt.

draht, welcher vom Sicherungskästchen durch das gleiche Rohr zum Abspannhaken führt und dort mit dem Bronzeseil verbunden ist. Das Abspannseil wird gleichzeitig als Nulleiter verwendet. Die Anschlussdose aus Antikorodal wird durch eine Seilklemme, welche auch als Nulleiter-Verbindung dient, senkrecht über der Strassenaxe am Abspann-

seil befestigt. Je nachdem die Sicherung mit dem rechten oder linken Aussenleiter verbunden wird, brennt die Lampe ganznchtig oder nur morgens und abends.

Als Lampentrger für die Seitenlampen dienen achteckige armierte Betonmastchen, welche restlos in der Schweiz hergestellt werden können. Für den

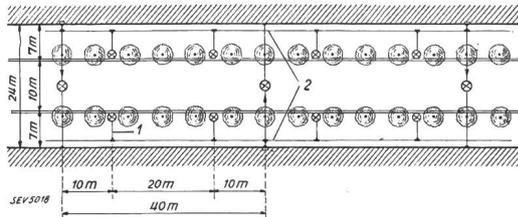


Fig. 24.  
Situation der Bahnhofstrasse.  
1 Kabel  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$  in 1"-Gasrohr.  
2 Kabelleitung  $3 \times 25 \text{ mm}^2$  in Tonkanal.

Unterhalt ist fast nichts zu rechnen, während dagegen bei Stahlrohrmasten noch bedeutende Aufwendungen für die Anstricharbeiten gemacht werden müssten. Ein Papierbleikabel von  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$  in einem Gasrohr verlegt, verbindet das Speisekabel mit dem im Mastsockel untergebrachten Sicherungskastchen. Von diesem führen zwei Gummischlauchleitungen zur Lampenfassung. Die Betonkandelaber sind in den Baumreihen aufgestellt und stehen einander senkrecht gegenüber. Der mittlere Lampenabstand in der Längsrichtung beträgt 20 m, quer

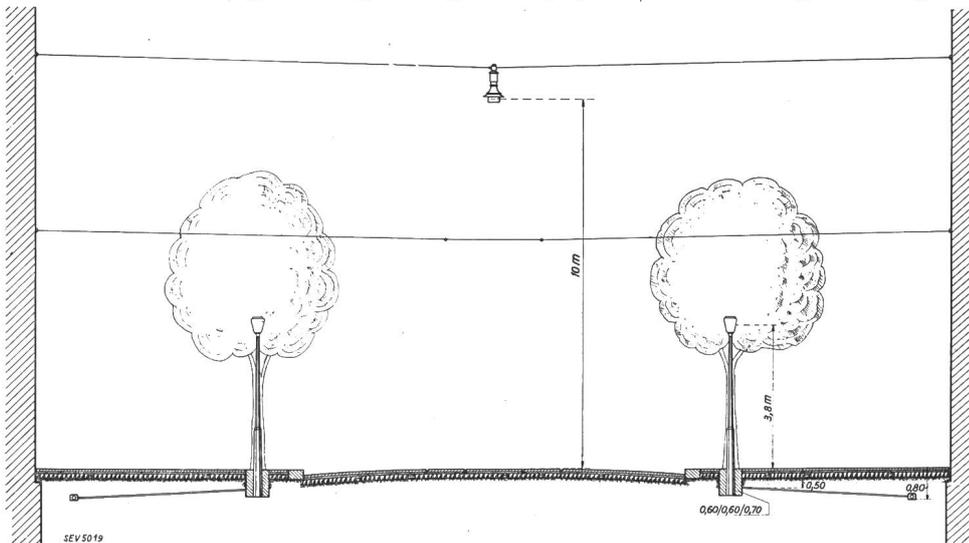


Fig. 25.  
Querprofil der Bahnhofstrasse.

zur Strasse 12 m. Die Brennpunkthöhe der Leuchte beträgt 3,8 m; sie wurde absichtlich so niedrig gewählt, um eine möglichst gute Beleuchtung der vertikalen Flächen der Hindernisse zu erzielen. Gerade die Beleuchtungsdaten dieser Anlage beweisen, dass das Verhältnis der Vertikalkomponente zur Horizontalkomponente der Beleuchtung durch die Verwendung der niedrigen Standerlampe gegenüber Anlagen mit hoher Brennpunktanordnung auf das Doppelte gesteigert werden kann. Bei Nebel und

dunstigem Wetter ist die atmospherische Absorption viel geringer als bei hochgehangten Lampen. Die Standerlampe ist keine nur formale Nachahmung der veralteten Gaslaterne; sie übernimmt aber deren Vorteile und verkorpernt einen technischen Fortschritt. Durch die streuende Eigenschaft der opaluberfangenen Glasglocke war es möglich, trotz der 4mal größeren Lichtleistung der elektrischen Lichtquelle (300 W-Lampen) die wegen der Blendung so wichtige Flachenhelle auf  $\frac{1}{10}$  derjenigen der Gaslaterne mit stehendem Auerstrumpf zu reduzieren; die für das Sehen wesentliche Beleuchtungsstärke wird bei gleicher Lampenanordnung aber viermal größer.

Tabelle III.

	Gaslaterne mit stehendem Auerstrumpf	Standerlampe mit mattenierter Glühlampe von 300 W
Erzeugter Lichtstrom Hlm/Lampe . . . .	1260	5250
Flachenhelle der Lichtquelle HK/cm <sup>2</sup> . . . .	3,2 bis 5,7	0,2 bis 0,5

Die eben geschilderte Lampenanordnung wird durch Fig. 24 (Situation der Bahnhofstrasse) und Fig. 25 (Querprofil der Bahnhofstrasse) deutlich dargestellt.

Die beiden Lichtquellen erzeugen zusammen eine in ihrer Farbenzusammensetzung tageslichtahnliche Beleuchtung. Das Quecksilberdampflicht ersetzt

das dem Glühlicht mangelnde Blau. Das Mischverhältnis Glühlicht zu Quecksilberdampflicht wechselt mit jedem Standort, es beträgt, bezogen auf den erzeugten Lichtstrom, ca. 2 : 1, bezogen auf die Horizontalbeleuchtung ca. 1,5 : 1 und bezogen auf die Vertikalbeleuchtung ca. 1,9 : 1. Auf den Trottoirs ist der Anteil des Gluhlichtes größer als auf der Fahrbahn. Es zeigte sich, dass diese unhomogene Mischung

vom menschlichen Auge nicht als störend empfunden wird.

In Fig. 26 ist der örtliche Verlauf der Horizontalbeleuchtung 1 m über Boden gemessen dargestellt. Kurve I zeigt die Beleuchtung durch die Ständerlampen, Kurve II diejenige durch die Ueberspannlampen und Kurve III die resultierende Beleuchtung. Die Berechnung erfolgte nach dem Punktverfahren für 120 Messpunkte, wobei für jeden Punkt der Einfluss von 8 Ständerlampen und 4 Ueber-

spannlampen berücksichtigt wurde. Die Messpunktanordnung und die Punkte mit maximaler oder minimaler Beleuchtungsstärke sind aus der Situation ersichtlich.

Fig. 27 zeigt die Vertikal-Beleuchtungskurven ebenfalls 1 m über Boden berechnet. Kurve I zeigt den Verlauf der Ständerlampenbeleuchtung, Kurve II denjenigen der Ueberspannlampenbeleuchtung und Kurve III den resultierenden. Die Berechnung

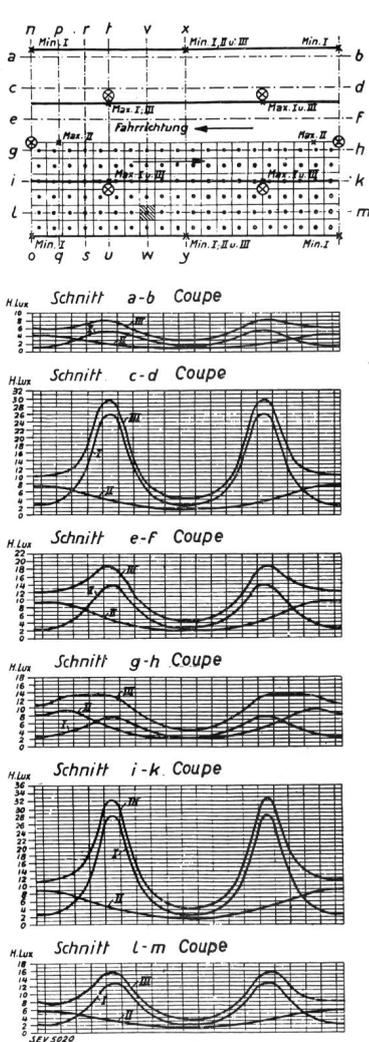


Fig. 26.  
Horizontal-Beleuchtung der Bahnhofstrasse.  
Messebene: 1 m über Boden.  
Kurve I: Ständerlampen allein.  
Kurve II: Ueberspannlampen allein.  
Kurve III: Totalbeleuchtung.

Der Beleuchtungseffekt darf bei trockener Fahrbahn auch in seiner physiologischen Wirkung als

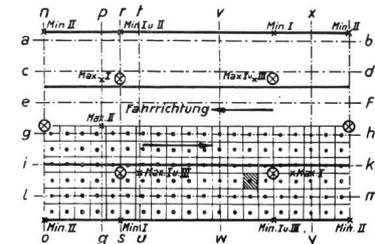
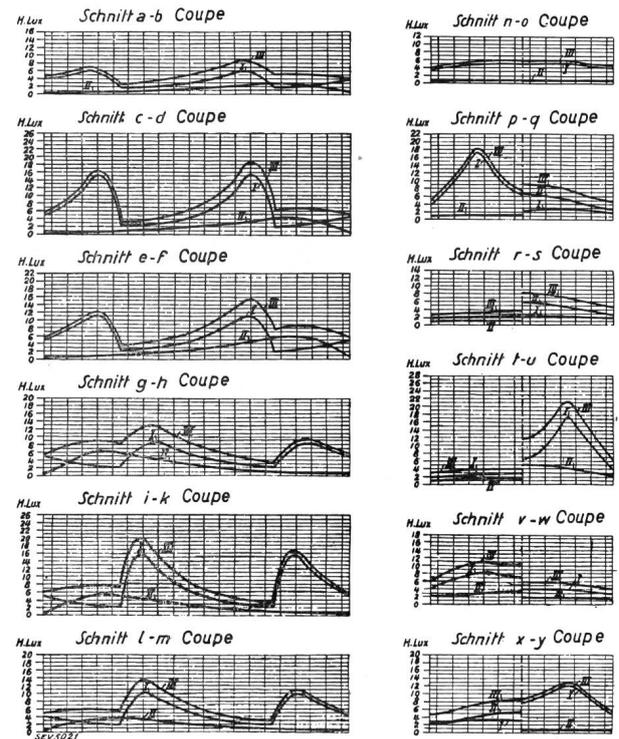


Fig. 27.  
Vertikal-Beleuchtung der Bahnhofstrasse.  
Messebene 1 m über Boden.  
(Kurvenbezeichnung wie Fig. 26.)



erfolgte gleich wie für die Horizontalbeleuchtung. In der Situation sind die Messpunkte und die Orte mit maximaler oder minimaler Beleuchtungsstärke eingetragen.

Bei beiden Beleuchtungen wurde der Einfluss der Bäume nicht berücksichtigt. Die berechneten Werte gelten somit nur dort, wo keine Bäume vorhanden sind, beispielsweise auf dem Teilstück Bärenstrasse bis Bürkliplatz.

Die Beleuchtungsdaten sind in Tabelle IV zusammengestellt. Diese Angaben beziehen sich auf neue Lampen und gereinigte Reflektoren und Schutzgläser.

Fig. 28 zeigt eine Nachtaufnahme der Bahnhofstrasse, gesehen vom Paradeplatz Richtung See.

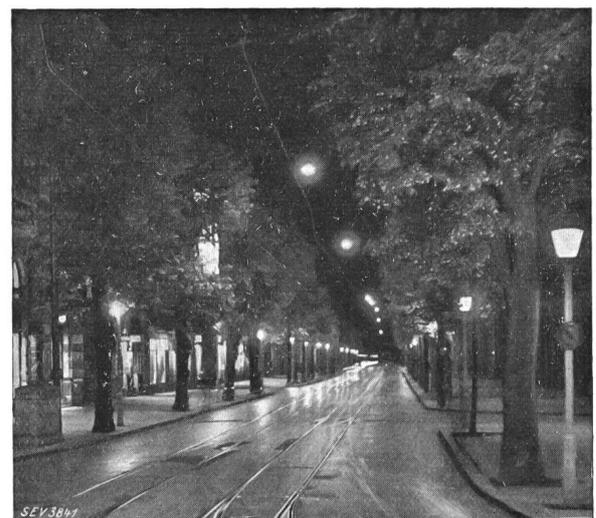


Fig. 28.  
Nachtaufnahme der Bahnhofstrasse.

vorzüglich betrachtet werden. Die Ständerlampen werden zufolge ihrer geringen Flächenhelle und der relativ grossen Beleuchtungsstärke der Strasse nicht

## Zusammenstellung der Beleuchtungsdaten der Quecksilberdampf- und Glüh-Lampen-Anlage an der Bahnhofstrasse Zürich.

Tabelle IV.

Lampenart	Ständerlampen	Ueberspannlampen	Total pro Feld
Lampenordnung . . . . .	beidseitig, gegenüber (in Baumreihen)	über der Strassenaxe	pro Feld: 4 Ständer-, 1 Ueberspann-Lampe
Brennpunkthöhe . . . . .	3,8 m	10,0 m	
Armatur . . . . .	BAG Plaza — 7265	Belmag-Freistrahler - 9001	
Lichtquelle . . . . .	Glühlampe, innenmattiert	Osram-Quecksilberdampf-lampe Typ Hg H 1000	
Leistung pro Lampe . . . . W	300	275	1475
Lichtstrom pro Lampe . . Hlm	5250	10 000	31 000
Lichtausbeute . . . . . Hlm/W	17,5	36,4	21,0
Lampendistanz . . . . . m	20,0	40,0	
Strassenbreite . . . . . m	2 × 7,0 + 10,0	2 × 7,0 + 10,0	24,0
Beleuchtete Fläche pro Lampe m <sup>2</sup>	240	960	960
Spezifische Leistung . . . W/m <sup>2</sup>	1,25	0,286	1,536
Spezifischer Lichtstrom Hlm/m <sup>2</sup>	21,9	10,4	32,3
<i>Horizontal-Beleuchtung</i>			
mittlere . . . . . H Lux	6,6	4,4	11,0
maximale . . . . . H Lux	28,3	9,5	32,9
minimale . . . . . H Lux	1,5	1,3	2,8
Gleichmässigkeit . . . . .	1 : 18,9	1 : 7,3	1 : 11,7
Nutzlichtstrom . . . . . Hlm	1584	4220	10 556
Wirkungsgrad . . . . . %	30,2	42,2	34,1
Nutzlichtausbeute . . . Hlm/W	5,3	15,3	7,2
<i>Vertikal-Beleuchtung</i>			
mittlere . . . . . H Lux	5,6	2,3	7,9
maximale . . . . . H Lux	17,3	6,3	21,3
minimale . . . . . H Lux	1,8	0,6	2,8
Gleichmässigkeit . . . . .	1 : 9,6	1 : 10,5	1 : 7,6
Nutzlichtstrom . . . . . Hlm	1344	2210	7586
Wirkungsgrad . . . . . %	25,6	22,1	24,4
Nutzlichtausbeute . . . Hlm/W	4,5	8,0	5,1

als störend empfunden. Bei Regenwetter wird auch bei dieser Anlage der Effekt durch die glänzend schwarze, spiegelnde Fahrbahnoberfläche etwas herabgemindert. Es wäre deshalb sehr erwünscht, wenn die Strassenfachleute bei der Beurteilung der Fahrbahnoberfläche diesem Moment grössere Aufmerksamkeit schenken würden.

Die Speisung der Lampen erfolgt über speziell nur diesem Zwecke dienende Kabelnetze ab Lichttransformatorstation 2000/2 × 220 Volt Einphasen-Wechselstrom, 50 Per./s. An der Energielieferung für diese Anlage sind 6 Stationen beteiligt. Die in beiden Trottoirs verlegten dreipoligen Speiseleitungen sind in jedem Strassenabschnitt so geschaltet, dass die sich gegenüberliegenden Kabel immer an zwei verschiedenen Stationen angeschlossen sind. Da der Anschluss der Ueberspannlampen abwechselungsweise an der linken und rechten Kabelleitung erfolgt, ist es unmöglich, dass bei einer Störung in einer Transformatorstation oder bei einem Kabeldefekt ein Strassenstück vollständig dunkel würde. Störungen in der Hochspannungs-Ueberlandleitung machen sich ebenfalls nicht bemerkbar, da das 2 kV-Netz eine Batteriereserve besitzt. Die Aufrechterhaltung der Strassenbeleuchtung in Zürichs Hauptstrasse ist also mit grösstmöglicher Sicherheit gewährleistet.

In Fig. 29 ist das Schaltschema einer solchen Schalt- und Transformatorstation dargestellt. Von der 2000 V-Wechselstrom-Sammelschiene führt eine

zweipolige Verbindung über Sicherungen auf einen zweipoligen Hochspannungsumschalter und von dort mit drei Leitern auf den Transformator. Dieser ist auf der Primärseite mit einer Zusatzwicklung für 350 V ausgerüstet, welche zur normalen 2000 V-Wicklung in Serie geschaltet werden kann. Dadurch sinkt die Sekundärspannung von  $2 \times 220$  V auf ca.  $2 \times 190$  V oder um ca. 13,5%. Die Sekundärwicklung hat eine betriebsmässig geerdete Mittelanzapfung. Die Spannung zwischen den Aussenleitern beträgt 440 V, diejenige zwischen Nulleiter und Aussenleiter 220 V. Der eine Aussenleiter führt direkt, der andere über einen Niederspannungsschalter zu einem zweipoligen Handumschalter. In Stellung 1 (Normalstellung) dieses Schalters gelangt der Strom über die Hauptsicherungen auf die Sammelschienen für die öffentliche Beleuchtung. Wird der Handumschalter auf Stellung 2 geschaltet, so erhalten die Lampen direkt ab dem Sekundärlichtnetz Spannung. Diese Schaltung wird tags zur Kontrolle ausgewechselter Lampen und bei Störung am Schaltapparat oder am Transformator ausgeführt. Die Ein- und Ausschaltung der Lampen erfolgt automatisch durch ein Hochspannungsaggregat der Firma Saia, Bern. Die Steuerung der eigentlichen Schaltapparate erfolgt durch einen Zeitschalter Typ DDC, welcher folgende Schaltungen ausführt: Stellung 1, astronomische Einschaltung (am Abend) des Hochspannungsschalters Typ HFOUT (und damit Einschaltung des Transformators auf Wicklung

2090 V) und des Niederspannungsschalters Typ FO; Stellung 2 (um 00.30 h), Umschaltung des Hochspannungsschalters (und damit des Transformators auf Wicklung 2350 V) und Ausschaltung des Niederspannungsschalters; Stellung 3 (um 05.00 h),

lampen Aussenleiter AL I und Morgen- und Abendlampen Aussenleiter AL II.

Von dieser Verteilanlage aus führen verschiedene dreipolige Papierbleikabel als Speiseleitungen in das von dieser Station aus versorgte Gebiet. Diese

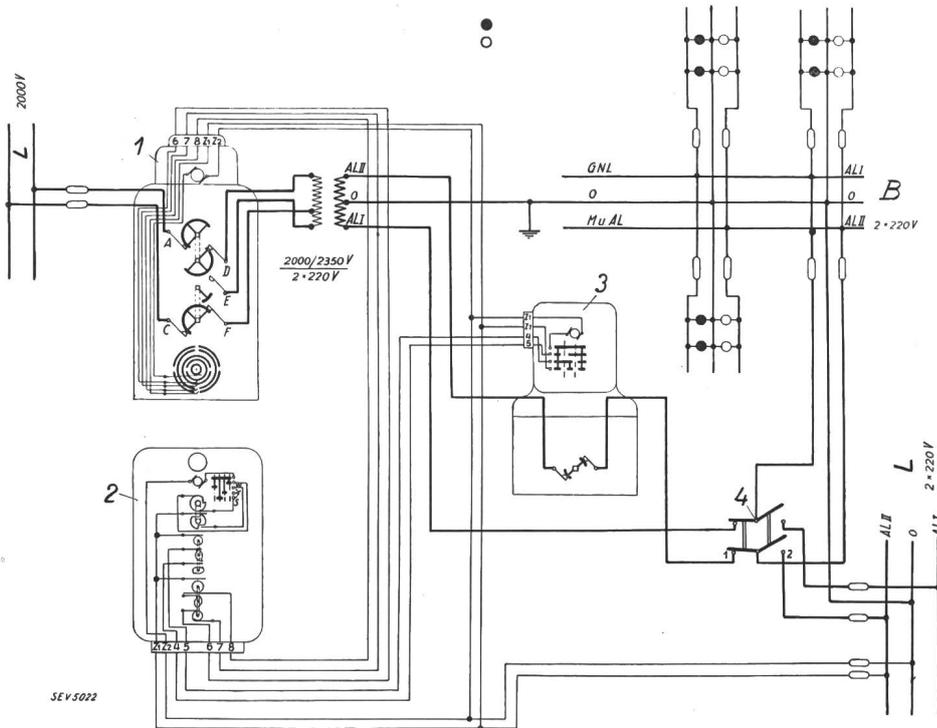


Fig. 29.

Schalt-Transformator- und Verteilstation für die öffentliche Beleuchtung in einer Lichttransformatorstation 2000/2 x 220 V.

- L Sammelschiene Lichtnetz.
- B Sammelschiene öffentliche Beleuchtung.
- 1 Hochspannungsschalter, Typ HFOU.
- 2 Steueruhr, Typ DDe.
- 3 Fernschalter, Typ FO.
- 4 Handumschalter.
- Ganznachtslampen.
- Morgen- und Abendlampen.

Umschaltung des Hochspannungsschalters (und damit des Transformators auf Wicklung 2000 V) und Einschaltung des Niederspannungsschalters; Stellung 0, astronomische Ausschaltung (am Morgen) des Hochspannungsschalters (und damit des Transformators) und des Niederspannungsschalters. Diese Schaltungen haben folgende Wirkung: Aussenleiter

Kabel werden normalerweise in 80 cm Tiefe in die bereits vorhandenen Tonkanäle des Lichtnetzes eingelegt.

Fig. 30 zeigt das Schaltbild der Lampen. Ueber Strassenkreuzungen oder Strasseneinmündungen wird immer eine Ganznachtslampe angeordnet. Die dazwischenhängenden Ueberspannlampen brennen als Morgen- und Abendlampen. Von den Ständerlampen ist jede zweite als Ganznachtslampe geschaltet, die gegenüberliegende als Morgen- und Abendlampe. In der Zeit von 00.30 bis 05.00 h wird die Zahl der Brennstellen um die Hälfte reduziert und die noch brennenden Lampen erfahren eine Spannungsreduktion von 13,5 %, was sich auf die Lebensdauer der Glühlampen günstig auswirkt. Da der Verkehr während dieser Zeit sehr gering ist, genügt diese reduzierte Beleuchtung vollauf. Tatsächlich sind in den vielen Jahren seit der Einführung dieses Schaltprinzipes noch keine Klagen über ungenügende Beleuchtung nach Mitternacht laut geworden.

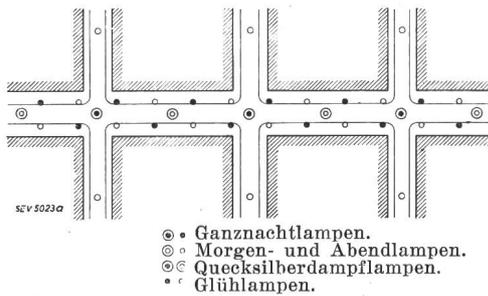


Fig. 30. Schaltbild der Bahnhofstrasse.

AL I: Abends ein, 220 V; 00.30 h Umschaltung auf 190 V; 05.00 h Umschaltung auf 220 V; morgens aus. Aussenleiter AL II: Abends ein, 220 V; 00.30 h aus; 05.00 h ein, 220 V; morgens aus. Entsprechend diesen Brennzeiten unterscheidet man Ganznachts-

Die in diesem Aufsatz veröffentlichten Anlauf- und Betriebscharakteristiken der Gasentladungslampen und die Lichtverteilungskurven (Plaza-Leuchte ausgenommen) wurden im Auftrage des EWZ von der Materialprüfanstalt des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins aufgenommen.