

| | |
|---------------------|---|
| Zeitschrift: | Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri |
| Herausgeber: | Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe |
| Band: | 27 (1949) |
| Heft: | 3 |
| Artikel: | Technische Fortschritte auf dem Gebiet der Fluoreszenzbeleuchtung = Nouveaux progrès dans le domaine de l'éclairage par tubes fluorescents |
| Autor: | Diggelmann, E. |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-876387 |

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: 24.01.2026

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

von Fernsehempfängern in vollem Anlauf, was schon daraus ersichtlich ist, dass die Herstellung bereits am laufenden Band erfolgt. Amerika arbeitet mit 525 Zeilen und 30 Bildwechseln pro Sekunde. Diese Normierung erfolgte neu nach dem Kriege und stellt das Resultat einer sorgfältigen Abwägung aller Umstände, insbesondere auch der wirtschaftlichen Gesichtspunkte, dar.

Wenn wir versuchen, die Bildqualität eines Fernsehbildes zu beurteilen, so ist es gar nicht leicht, dafür objektive Richtlinien anzugeben. Meiner Meinung nach wird allzuoft der schwere Fehler begangen, dass der Vorstellung, die Bildqualität hänge allein davon ab, ob die Zeilenstruktur im Bild sichtbar sei oder nicht, zu viel Bedeutung beigemessen wird. Ich konnte die Einseitigkeit dieser Vorstellung selber erleben am Beispiel des englischen 405-Zeilen-Bildes, das früher erwähnt wurde. Für die Beurteilung der Bildqualität kommen sehr viele individuelle Argumente zur Wirkung. Die Verhältnisse liegen in vielen Beziehungen ganz parallel mit dem Stand der Art einer Radioübertragung. Ein sehr wichtiger Punkt wurde nach meiner Meinung bis heute zu wenig berücksichtigt, nämlich die richtige Uebertragung der Helligkeitswerte. Das mag wohl davon herkommen, dass, wegen der Kompliziertheit und Schwierigkeit der Fernsehtechnik, diesem Problem bis heute zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde, da es für die Techniker wichtiger war, andere Probleme in Ordnung zu bringen. Aus eigener Erfahrung wissen wir zur Genüge, wie stark der Qualitätseindruck eines Bildes durch die γ -Kurven (Wiedergabe der

Helligkeitswerte) beeinflussbar ist. Daraus ergibt sich, dass man sich unter keinen Umständen ein Urteil über ein Fernsehsystem erlauben darf, wenn man nur die Zeilenzahl kennt.

Eines ist ganz sicher, auch meine Vorredner haben dies unterstrichen, dass wir nur über einen Kompromiss zu Fernsehnormen gelangen können. Es gibt keine ideale Normen. Der zu wählende Kompromiss muss aber für uns vor allen Dingen auch den schweizerischen Verhältnissen Rechnung tragen. Die topographische Gestaltung unseres Landes ist einerseits sehr günstig, so zum Beispiel für die Einrichtung von Höhenstationen für Relaisketten usw., andererseits auch sehr ungünstig. Wir brauchen nur an die Schwierigkeit zu denken, die mit der Versorgung unserer Städte mit Fernsehsignalen dadurch entsteht, dass wir hügeliges Gelände mit viel Schattenbildung haben. Die Lösung dieser Probleme wird uns sicher noch grosse Sorgen bereiten. Ohne weitgehende experimentelle Arbeiten und Untersuchungen wird es sicher nicht abgehen. Es scheint mir heute schon festzustehen, dass wir für unsere Verhältnisse darauf Rücksicht nehmen müssen, eine möglichst grosse Zahl von Uebertragungskanälen zu unserer Verfügung zu haben. Das bringt uns schon bedeutende Einengungen in der Wahl des pro Sender zugelassenen Frequenzbandes. Wenn wir das sehr schwierige Problem einer schweizerischen Normung einer Lösung entgegenführen wollen, so ist es unumgänglich, dass alle Beteiligten sehr bestimmt zusammenarbeiten und alle nötigen Grundlagen zusammengetragen werden, damit wir «keine Katze im Sack kaufen».

Technische Fortschritte auf dem Gebiete der Fluoreszenzbeleuchtung

Von E. Diggelmann, Bern 621.327.42

Seitdem im Jahre 1945 die lichtstärkeren Lampen auf dem schweizerischen Markte erschienen sind, hat die Fluoreszenzbeleuchtung auch in der PTT-Verwaltung in vermehrtem Masse Anwendung gefunden. Zu den damals bekannten Modellen sind im Laufe der Zeit neue Lampen und Lichtarmaturen hinzugekommen, die im nachfolgenden kurz beschrieben werden sollen. Die Mitteilungen des Verfassers beruhen zu einem schönen Teile auf eigenen Beobachtungen, während andere wiederum, wie auch zahlreiche Abbildungen, amerikanischen Veröffentlichungen entnommen sind. Ueber die benützte Literatur gibt eine Bibliographie am Ende des Aufsatzes Auskunft.

I. Lampe und Zubehör

Das Licht der Fluoreszenzlampe unterscheidet sich von demjenigen der Glühlampe vor allem dadurch, dass es von irgendeiner gewünschten Farbe sein kann. Die Energieumwandlung ist im Bereich der grünen Lichtfarbe (5000...5500 Angström) besonders intensiv,

Nouveaux progrès dans le domaine de l'éclairage par tubes fluorescents

Par E. Diggelmann, Berne 621.327.42

Depuis l'apparition sur le marché suisse des lampes à plus forte intensité lumineuse, en 1945, l'administration des PTT a fait un usage toujours plus grand de l'éclairage par tubes fluorescents. Au cours des dernières années, de nouveaux modèles de lampes et d'armatures sont venus s'ajouter à ceux qui existaient déjà. Nous les décrivons brièvement ci-dessous. Une partie notable des considérations de l'auteur reposent sur ses propres observations, tandis que les autres, ainsi qu'un certain nombre d'illustrations, sont tirées d'ouvrages d'origine américaine. La bibliographie publiée en fin d'article mentionne les ouvrages dont l'auteur s'est inspiré.

I. La lampe et ses accessoires

La lumière de la lampe à fluorescence et celle de la lampe à incandescence diffèrent l'une de l'autre en ceci surtout que la première peut être de n'importe quelle couleur. La figure 1 montre que la transformation d'énergie est particulièrement intense pour la

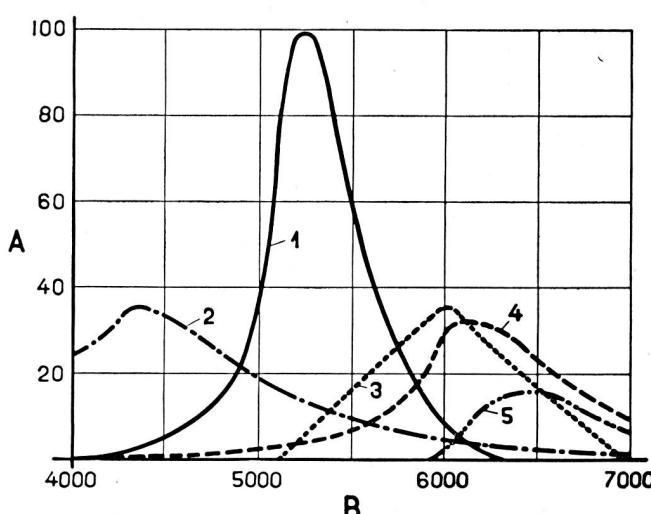


Fig. 1. Spektrale Energieanteile farbiger Fluoreszenzlampen. Lampen gleicher Wattstärke, ohne Berücksichtigung der Quecksilberdampflinien (nach Westinghouse Lighting Handbook)

Parties spectrales d'énergie de lampes fluorescentes de couleur. Lampes à puissance en watts identique. Il n'est pas tenu compte des raies de la vapeur de mercure (d'après le Westinghouse Lighting Handbook)

Legende — Légende:
 A = Strahlungsenergie in %
 Energie de rayonnement en %
 B = Wellenlängen in Angström (Å)
 Longueurs d'onde en angströms (Å)
 1 = grün — vert
 2 = blau — bleu
 3 = gold — or
 4 = rosa — rose
 5 = rot — rouge

wie Fig. 1 zeigt. Um weisses Licht zu erhalten, werden mehrere Lichtfarben, zum Beispiel Grün, Rot und Blau, additiv gemischt. Im Gegensatz zu den Hochdruck-Quecksilberdampflampen und der Natriumdampflampe, deren Lichtfarbe durch eine oder mehrere, das Metall kennzeichnende Linien des Spektrums gegeben ist, erstreckt sich das Farbenspektrum der Fluoreszenzlampe über ein kontinuierliches Band, dem die typischen Quecksilberdampflinien der Primärstrahlung überlagert sind. Gegenüber dem Licht der Mischlichtlampe weist dasjenige der Fluoreszenzlampe nicht nur im langwelligen Teile des sichtbaren Spektrums ein kontinuierliches Frequenzband auf; es verteilt sich vielmehr über den ganzen sichtbaren Bereich zwischen 4000 und 7000 Angström (Å), wobei sich die spektralen Energieanteile nach der Lichtfarbe verschieben, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist. Als Ergänzung zu Fig. 2 zeigt die Fig. 3 den auf den Sehbereich des menschlichen Auges entfallenden Ausschnitt des Sonnenspektrums und das Teilspektrum einer gewöhnlichen Glühlampe.

Im Gegensatz zur spektralen Zusammensetzung, wird die Lichtfarbe in absoluten Grad Celsius, also in Grad Kelvin angegeben und entspricht der Strahlungstemperatur des schwarzen Körpers. Die für Fluoreszenzlampen charakteristischen Farbwerte sind im Farbendreieck der Fig. 4 angegeben.

lumière verte (5000 à 5500 angströms). Pour obtenir de la lumière blanche, il faut mêler des lumières de plusieurs couleurs, par exemple verte, rouge et bleue. Tandis que dans la lampe à vapeur de mercure à haute pression et dans la lampe à vapeur de sodium

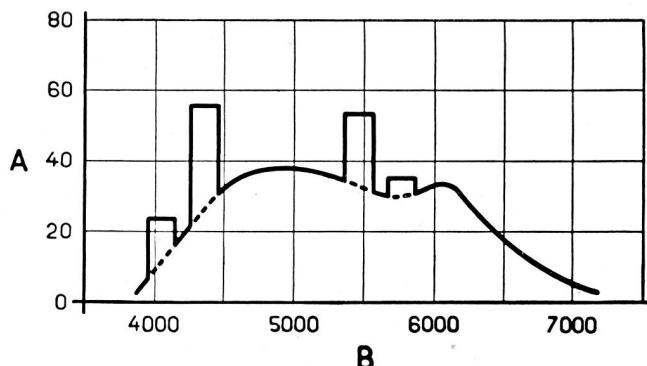


Fig. 2a. Farbtemperatur 6500° K = künstliches Tageslicht
 Température de la couleur: 6500° K = lumière du jour artificielle

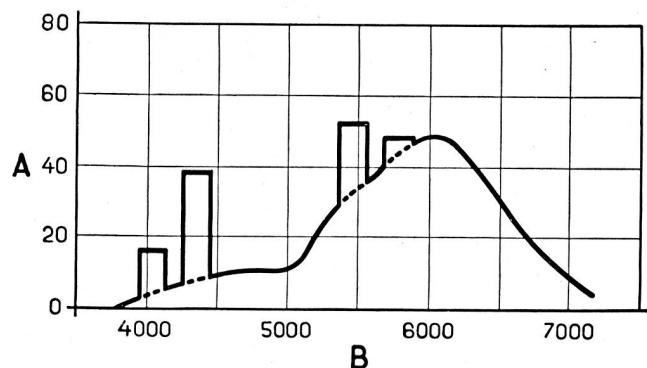


Fig. 2b. Farbtemperatur 3500° K
 Température de la couleur: 3500° K

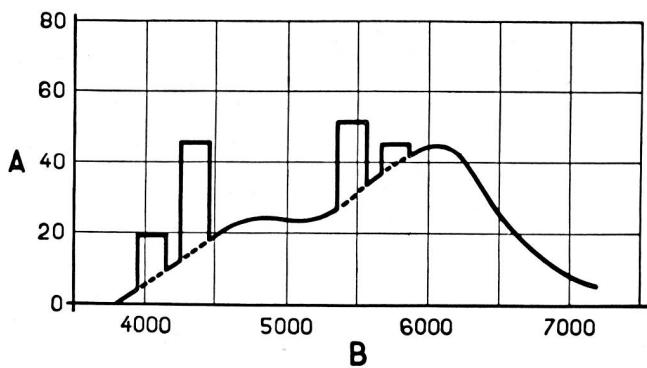


Fig. 2c. Farbtemperatur 4500° K
 Température de la couleur: 4500° K

Fig. 2a-c. Spektrale Energieanteile weisser Fluoreszenzlampen. Die Säulen entsprechen dem Energieanteil der Quecksilberdampfstrahlung der entsprechenden Spektrallinie (nach Westinghouse Lighting Handbook)

Parties spectrales d'énergie de lampes fluorescentes blanches. Les colonnes indiquent les parties d'énergie au rayonnement de la vapeur de mercure dans la raie correspondante du spectre (d'après le Westinghouse Lighting Handbook)

A = Energieanteile in % — Parties d'énergie en %
 B = Wellenlänge in Angström (Å) — Longueurs d'onde en angströms (Å)

Bei der Glühlampe werden etwa 10% der aufgenommenen Energie zur Erzeugung sichtbaren Lichtes verwertet, während mehr als 70% im langwelligen Frequenzbereich als Wärme ausgestrahlt werden. Die restliche Wärme wird durch Leitung und Konvektion an die Umgebung abgegeben. Die Glühlampe ist somit ein eigentlicher Temperaturstrahler (Fig. 5).

Ganz anders sieht die Energiebilanz einer Fluoreszenzlampe aus, wie dies Fig. 6 zeigt. Etwa 20% der

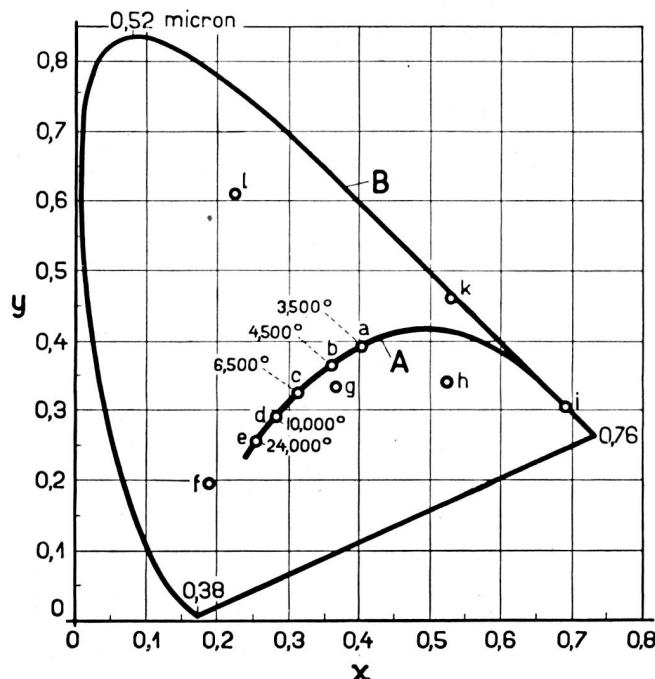


Fig. 4. Farbenkennzeichnung nach dem I.C.I. - (International Commission on Illumination-) System

Anteile $x = \frac{x}{x+y+z}$ und $y = \frac{y}{x+y+z}$ = Dreifarben - Koeffizienten einer Farbe (nach IES Lighting Handbook)

Désignation des couleurs d'après le système I.C.I. (International Commission on Illumination)

Parties $x = \frac{x}{x+y+z}$ et $y = \frac{y}{x+y+z}$ = coefficients des trois couleurs composant une couleur donnée (d'après I.E.S. Lighting Handbook)

Legende — Légende:

A = Farbtemperatur des strahlenden schwarzen Körpers
Température de la couleur d'un corps rayonnant noir

B = Spektralfarben zwischen 0,38 = ultraviolett und 0,76 = ultrarot
Couleurs spectrales entre 0,38 (ultraviolet) et 0,76 (infrarouge)

a = weiss 3500° K — blanc 3500° K

b = reinweiss 4500° K — blanc pur 4500° K

c = künstliches Tageslicht 6500° K — lumière du jour artificielle 6500° K

d = blaues Himmelslicht 10 000° K — lumière bleu ciel 10 000° K

e = extrem blaues Himmelslicht 24 000° K — lumière bleu ciel extrême 24 000° K

f = blau — bleu

g = warmweiss — blanc chaud

h = rosa — rose

i = rot — rouge

k = gold — or

l = grün — vert

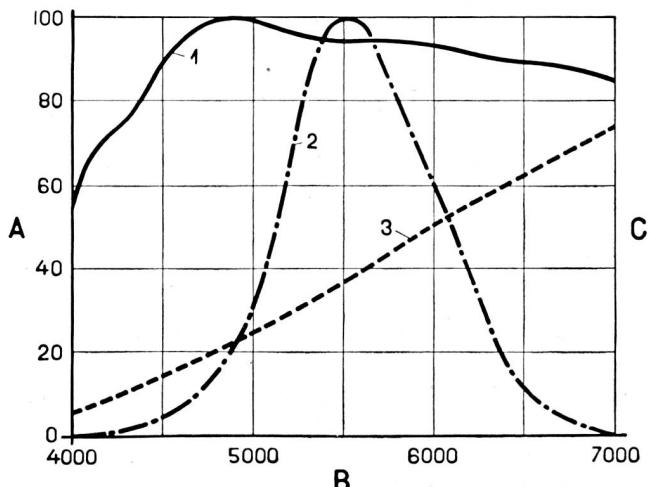


Fig. 3. Der sichtbare Bereich und die spektrale Zusammensetzung des Sonnenlichtes bzw. der Glühlampe

La bande visible et la composition spectrale de la lumière solaire et de la lumière des lampes à incandescence

Legende — Légende:

A = Strahlungsenergie in %

Energie de rayonnement en %

B = Wellenlängen in Angström (Å)

Longueurs d'ondes en angströms (Å)

C = Lichtempfindlichkeit in %

Sensibilité à la lumière en %

1 = Teilspektrum des Sonnenlichtes (nach Westinghouse Lighting Handbook)

Partie du spectre de la lumière solaire (d'après Westinghouse Lighting Handbook)

2 = Spektrale Lichtempfindlichkeit des menschlichen Auges. Mittelwert (nach Fluorescent Lighting Manual)

Sensibilité de l'œil humain à la lumière. Valeur moyenne (d'après le Fluorescent Lighting Manual)

3 = Teilspektrum einer gewöhnlichen 300-W-Glühlampe (nach Westinghouse Lighting Handbook)

Partie du spectre d'une lampe à incandescence ordinaire de 300 watts (d'après Westinghouse Lighting Handbook)

la couleur de la lumière est déterminée par une ou plusieurs lignes caractéristiques du métal dans le spectre, le spectre des couleurs de la lampe fluorescente s'étend en une bande continue superposée aux lignes caractéristiques du rayonnement primaire de la vapeur de mercure. Contrairement à celle de la lampe à lumière mélangée, la lumière de la lampe fluorescente ne présente pas seulement une bande de fréquences continue dans la partie ondes longues du spectre visible, mais elle se répartit sur toute la bande visible entre 4000 et 7000 angströms (Å); la figure 2 montre que les parties spectrales de l'énergie sont déplacées suivant la couleur de la lumière. Complétant la figure 2, la figure 3 montre la partie du spectre solaire perçue par l'œil humain et le spectre partiel d'une lampe à incandescence ordinaire.

Contrairement à la composition spectrale, la couleur de la lumière est exprimée en degrés centigrades absolus, soit en degrés Kelvin; elle correspond à la température de rayonnement d'un corps noir. Les valeurs caractéristiques des couleurs pour les lampes fluorescentes sont indiquées dans le triangle des couleurs de la figure 4.

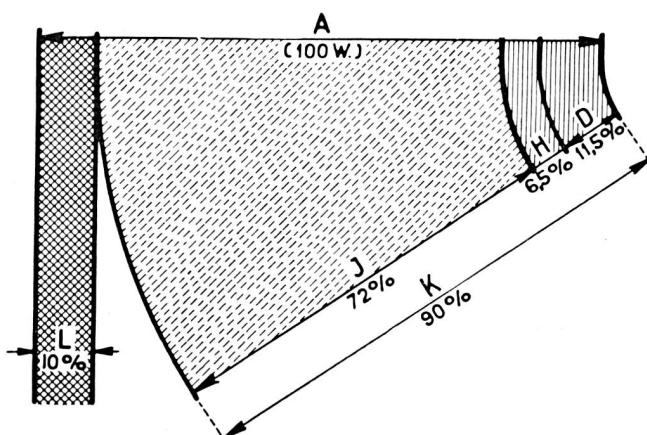


Fig. 5. Verteilung der Energie, die durch eine 100-W-Glühlampe (1500 lm) konsumiert wird

Répartition de l'énergie consommée par une lampe à incandescence de 100 watts (1500 lm)

Legende — Légende:

- A = Energieaufnahme 100 W. Umwandlung in der Glühwendel in: — Consommation d'énergie: 100 watts. Transformation dans le filament en:
- L = Sichtbares Licht — Lumière visible
- D = Konvektion — Convexion
- H = Wärmeleitung — Conduction de chaleur
- I = Wärmestrahlung — Rayonnement de chaleur
- K = Total der Verluste — Total des pertes

aufgenommenen Energie werden in sichtbares Licht umgewandelt, während 26,5% als Wärme ausgestrahlt und 53% durch Konvektion und Wärmeleitung an die Umgebung übertragen werden. Das Fluoreszenzlicht wird deshalb auch etwa das «kalte Licht» genannt.

Die Fluoreszenzlampe ist temperaturabhängig. Wie in Fig. 7 dargestellt, nimmt die Lichtemission offener, dem Luftzug ausgesetzter Lampen bei sinkender Temperatur stark ab. Das Optimum liegt bei ungefähr 20...25° C.

Wie die Charakteristik der Glühlampe, so ist auch diejenige der Fluoreszenzlampe von den Schwankungen der Netzzspannung abhängig. Immerhin sind die relativen Änderungen eher geringer, so namentlich der aufgenommene Lampenstrom und die Lichtstärke, wie aus den Figuren 8 und 9 hervorgeht. Für einen zuverlässigen Betrieb sollten die Spannungsgrenzen von $\pm 7\%$ Über- bzw. Unterspannung nicht überschritten werden.

Im Gegensatz zur Glühlampe, wird die Lebensdauer der Fluoreszenzlampe durch den Zündvorgang nachteilig beeinflusst. Die Lebensdauer wird daher in Abhängigkeit von der Brenndauer pro Start angegeben; sie beträgt:

- 2500 Stunden, bei einer Brenndauer von 3 Stunden je Start,
- 4000 Stunden, bei einer Brenndauer von 6 Stunden je Start,
- 6000 Stunden, bei einer Brenndauer von 12 Stunden je Start.

Je nach den Betriebsverhältnissen kann die Fluoreszenzlampe eine bis zu sechs Mal grössere Lebens-

Dans la lampe à incandescence, 10% de l'énergie consommée sont utilisés pour produire de la lumière et, dans la gamme des ondes longues, 70% sont rayonnés sous forme de chaleur. La chaleur restante est dispersée par conduction et convection dans l'espace ambiant. La lampe à incandescence est ainsi un véritable radiateur de température (voir fig. 5).

La répartition est tout autre s'il s'agit d'une lampe fluorescente (voir fig. 6). Environ 20% de l'énergie consommée sont transformés en lumière, 26,5% sont rayonnés sous forme de chaleur et 53% se dispersent par convection et conduction de chaleur dans l'espace ambiant. C'est pourquoi la lumière fluorescente est aussi appelée «lumière froide».

Le fonctionnement de la lampe à fluorescence dépend de la température. La figure 7 montre que l'émission lumineuse de lampes nues exposées au courant d'air diminue fortement lorsque la température baisse. Cette émission est optimum à la température de 20 à 35 degrés centigrades.

Comme celles de la lampe à incandescence, les caractéristiques de la lampe à fluorescence sont in-

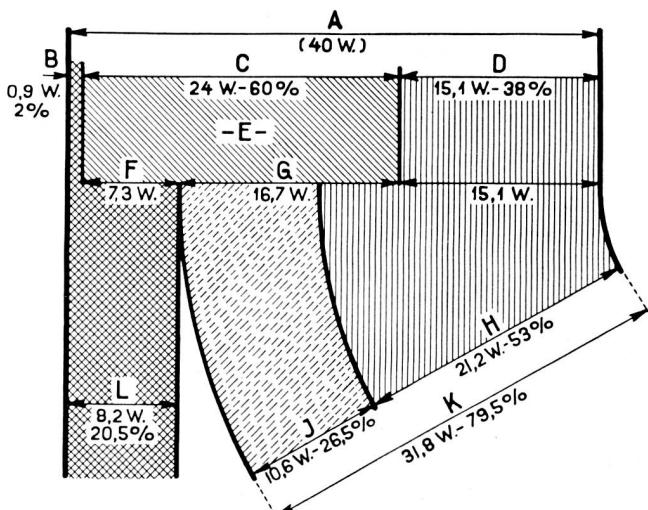


Fig. 6. Verteilung der Energie, die durch eine 40-W-Fluoreszenzlampe (2000 lm) konsumiert wird

Répartition de l'énergie consommée par une lampe fluorescente de 40 watts (2000 lm)

Legende — Légende:

- A = Energieaufnahme 40 W. Umwandlung in der Lampe in: — Consommation d'énergie: 40 watts. Transformation dans la lampe en:
- B = Sichtbare Strahlung der Hg-Entladung Rayonnement visible de la décharge de Hg
- C = Ultravioletstrahlung; Hg-Linie = 2537 Å Rayonnement ultraviolet; raie de Hg = 2537 Å
- D = Wärme; Elektrodenheizung und Rohr Chaleur; chauffage des électrodes et tube
- E = Ultraviolette Umwandlung in den Fluoreszenzstoffen: Transformation ultraviolette dans les matières fluorescentes:
- F = in Licht — en lumière
- G = in Wärme — en chaleur
- H = Konvektion und Wärmeleitung — Convexion et conduction de chaleur
- J = Strahlungswärme — Rayonnement de chaleur
- K = Total der Verluste — Total des pertes
- L = Total sichtbares Licht — Total relatif à la lumière

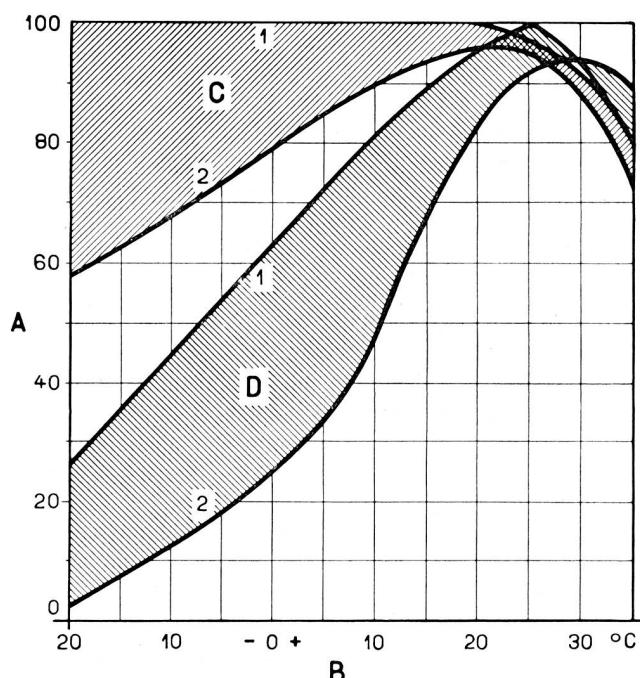


Fig. 7. Temperaturabhängigkeit der Lichtemission
Relation entre la température et l'émission lumineuse

Legende — Légende:

- A = Lichtemission in %
Emission lumineuse en %
- B = Umgebungstemperatur in °C
Température ambiante en degrés C
- C = Lampe eingeschlossen — Lampe protégée
- 1 = kein Luftzug — sans courant d'air
- 2 = mit Luftzug — avec courant d'air
- D = Lampe offen montiert
Lampe nue
- 1 = kein Luftzug — sans courant d'air
- 2 = mit Luftzug — avec courant d'air

dauer aufweisen als eine Glühlampe. Es ist dabei allerdings zu beachten, dass die Lichtemission nach 6000 Stunden etwa um 35% kleiner geworden ist, als diese nach den ersten hundert Brennstunden ermittelt wurde, was gegenüber dem wirklichen Anfangslichtstrom der Fluoreszenzlampe eine Leistungsverminderung bis zu 45% ergibt, wie dies aus Fig. 10 zu erkennen ist. Die Verstaubung und Verschmutzung der Lampe und der Armatur ist in diesen Zahlen nicht berücksichtigt. Der dadurch verursachten Leistungsverminderung ist bei der Projektierung Rechnung zu tragen.

Über die erste, in der Schweiz im Jahre 1941 auf den Markt gebrachte Niederspannungs-Niederdruck-Fluoreszenzlampe und die damit gemachten Erfahrungen ist in den Technischen Mitteilungen PTT bereits im Jahre 1945 eingehend berichtet worden*). Erst seit dem Jahre 1946 verfügt die Schweiz auch über die übrigen, im vorerwähnten Bericht nur angedeuteten amerikanischen Modelle mit den Abstufungen 4, 6, 8, 13, 14, 15, 20, 30, 40 und 100 Watt in gerader Form und 32 Watt in Kreisform. Die damals handelsüblichen Lichtfarben waren «Weiss»,

*) Siehe Bibliographie.

fluencées par les variations de la tension du secteur. Cependant les variations relatives sont plus faibles, notamment celles du courant consommé par la lampe et de l'intensité lumineuse, comme le montrent les figures 8 et 9. Pour un service satisfaisant, les variations ne devraient pas dépasser $\pm 7\%$ de la tension nominale.

La longévité des lampes fluorescentes est influencée défavorablement par l'amorçage, ce qui n'est pas le cas des lampes à incandescence. Elle est indiquée par rapport au temps de fonctionnement de la lampe pour chaque amorçage; elle est de:

2500 heures pour une durée de fonctionnement de 3 heures par amorçage,
4000 heures pour une durée de fonctionnement de 6 heures par amorçage,
6000 heures pour une durée de fonctionnement de 12 heures par amorçage.

Suivant les conditions de service, une lampe fluorescente peut avoir une longévité égale à une à six fois celle d'une lampe à incandescence. Cependant, après 6000 heures, l'émission lumineuse a baissé de 35% par rapport à ce qu'elle était après les 100 premières heures de service, ce qui représente une diminution

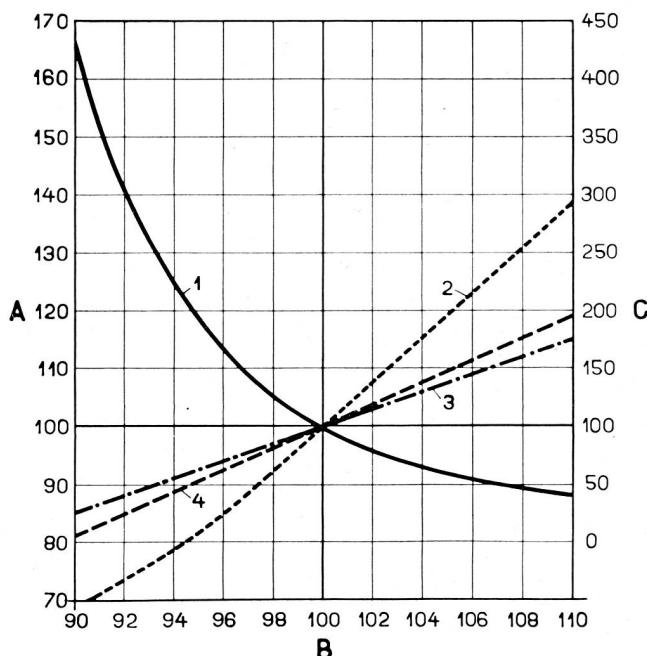


Fig. 8. Spannungsabhängigkeit der Glühlampe
Effets des variations de tension sur les lampes à incandescence

Legende — Légende:

- A = Änderung in %:
Variation en %:
- 2 = der Lichtemission (lm)
de l'émission lumineuse (lm)
- 4 = der Energieaufnahme (W)
de la consommation d'énergie (W)
- 3 = der Lichtausbeute (lm/W)
du coefficient d'efficacité (lm/W)
- B = Nennspannung in %
Tension nominale en %
- C = Änderung der Lebensdauer in % = 1
Variation de la longévité en % = 1

«Warmweiss» und «Tageslicht» (siehe Farbendreieck, Fig. 4). Die neue Farbe «Reinweiss» ist erst in der zweiten Hälfte des Jahres 1947 hinzugekommen. Im Gegensatz zum künstlichen Tageslicht, dessen Lichtfarbe bei 6500° K stets als «kalt» empfunden wurde und das deshalb fast ausschliesslich zur exakten Farberkennung in Druckereien, Färbereien, in der Textilindustrie usw. verwendet wird, lässt das reinweisse Fluoreszenzlicht bei etwa 4000 oder 4500° K die Körperfarben ebenso schön erscheinen wie bei natürlichem Tageslicht. Zum Unterschied vom bläulich-weißen Tageslicht mit 6500° K trägt dieses eine sonnige Atmosphäre in die Arbeitsräume, wo immer es in genügender Menge ausgestrahlt wird.

Ausser den bei uns für die Raumbeleuchtung bekanntgewordenen Fluoreszenzlampen mit Glühkathoden, gibt es auch solche mit *kalten Elektroden*, wie wir sie grundsätzlich von der Reklamebeleuchtung her kennen. Dieser Lampentyp weist aber gegenüber der Fluoreszenzlampe mit Glühkathoden einen bedeutend grösseren Elektroden-Spannungsabfall auf, nämlich je 100 V gegenüber nur 17 V für je eine Elektrode. Darum lohnt es sich bei diesem Lampentyp nicht, ähnlich wie bei der Glühkathodenlampe, kurze Leuchtstäbe herzustellen. Auch die Abmessungen der Kaltkathodenlampen und -fassungen sind bereits ge normt; letztere sind so konstruiert, dass die Lampen auch bei den zur Anwendung gelangenden hohen Zündspannungen von $400\ldots15000$ V gefahrlos ausge wechselt werden können. Die Zukunft wird zeigen, ob

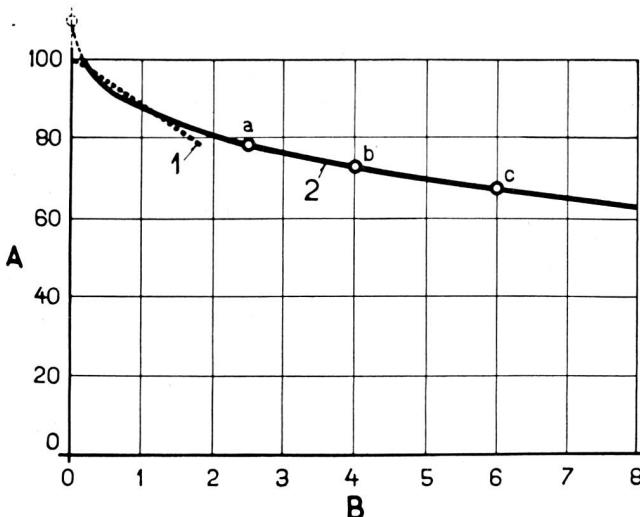


Fig. 10. Lichtemission in Abhängigkeit der Lebensdauer
Relation entre l'émission lumineuse et la longévité

Legende — Légende:

A = Lichtemission in %
Emission lumineuse en %

B = Lebensdauer in tausend Stunden
Longévité en milliers d'heures

1 = Glühlampe — Lampe à incandescence

2 = Fluoreszenzlampe — Lampe fluorescente

a = bei drei Stunden Brenndauer pro Start
pour trois heures de fonctionnement par amorçage

b = bei sechs Stunden Brenndauer pro Start
pour six heures de fonctionnement par amorçage

c = bei zwölf Stunden Brenndauer pro Start
pour douze heures de fonctionnement par amorçage

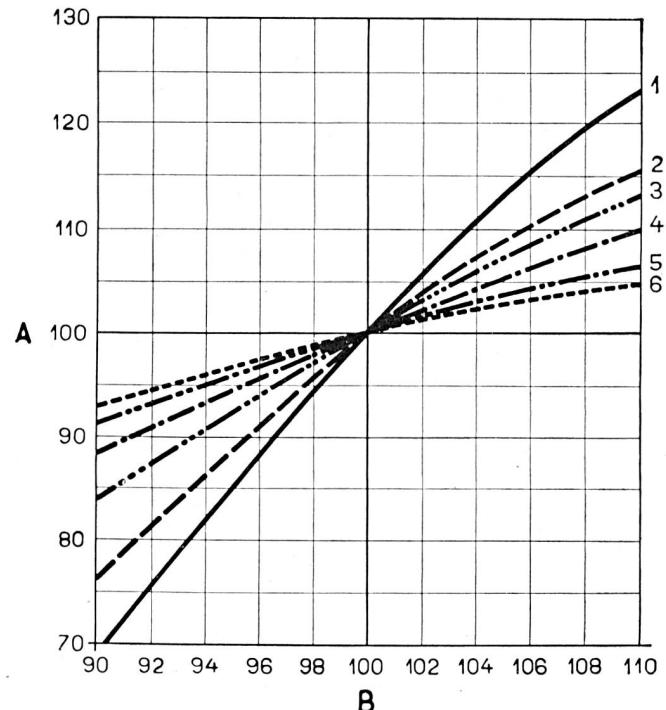


Fig. 9. Spannungsabhängigkeit der Fluoreszenzlampen
Effets des variations de tension sur les lampes fluorescentes

Legende — Légende:

A = Änderung in %:
Variation en %:

2 = der Lichtemission (lm)

6 = de l'émission lumineuse (lm)
nacheilend — suivant le vecteur de la tension
voreilend — précédent le vecteur de la tension

1 = der Stromaufnahme (A)

4 = de la consommation de courant (A)
nacheilend — suivant le vecteur de la tension
voreilend — précédent le vecteur de la tension

3 = der Energieaufnahme (W)
de la consommation d'énergie (W)

5 = Netzstrom (A)

Courant du secteur (A)

B = Netzspannung in %

Tension du secteur en %

de puissance du flux lumineux initial réel pouvant aller jusqu'à 45%, comme le montre la figure 10. Ces chiffres ne tiennent pas compte du dépôt de poussière ou de saleté à la surface de la lampe et de l'armature. En projetant des installations de lampes fluorescentes, il faut tenir compte de la diminution causée par le dépôt de poussière, en choisissant un flux lumineux initial plus fort.

Le Bulletin technique des PTT a publié en 1945 un article donnant des renseignements détaillés sur la première lampe fluorescente à faible pression et à basse tension apparue sur le marché suisse en 1941*). Les modèles américains mentionnés dans cet article, d'une puissance de 4, 6, 8, 13, 14, 15, 20, 30, 40 et 100 watts (forme droite) et 32 watts (forme circulaire) ne peuvent être obtenus en Suisse que depuis 1946. Les couleurs adoptées alors dans le commerce étaient «blanc», «blanc chaud» et «lumière du jour» (voir

* Voir bibliographie.

die Kaltkathodenlampe die heute allgemein übliche Glühkathoden-Fluoreszenzlampe zu verdrängen vermag, oder ob ihre Verwendung auf bestimmte Gebiete beschränkt bleiben wird.

Gewissermassen eine Zwischenlösung bildet die 40-W-«Instant-Start»-Lampe, die, wie die Niederspannungs-Fluoreszenzlampe, mit Glühkathoden ausgestattet ist. Indessen wird die Entladungsstrecke in diesem Falle nicht durch die Erwärmung der Elektroden ionisiert, sondern sie wird mit Hilfe einer Zündspannung von etwa 470 V, gegenüber 140 V bei vorgewärmten Elektroden, durchschlagen und so die Entladung eingeleitet.

Die in erster Linie als Stabilisator wirkende *Drosselspule* wird nunmehr auch in *kurzschlussfester Ausführung* in der Schweiz hergestellt. Leider sind für den Bau dieser verbesserten Konstruktionen die althergebrachten Blechschnitte grösstenteils wiederum übernommen worden, so dass sich in der Regel, im Gegensatz zu den importierten Drosselspulen, mehr oder weniger plumpe Formen ergeben, die namentlich bei Deckenarmaturen unerwünschte Schatten zur Folge haben. Immerhin ist die Konstruktion der Drosselspulen in mancher Hinsicht verbessert worden, und Brummgeräusche dürften in neueren Anlagen seltener geworden sein. Mit der kurzschlussfesten Ausführung hat auch die Verwendung thermischer Schutzvorrichtungen an Bedeutung verloren, vorausgesetzt, dass die Spulen selbst keine Windungsschlüsse aufweisen.

Der *Starter*, auch *Zündschalter* genannt, ist für die Qualität des Betriebes von ausschlaggebender Bedeutung. Starter, deren Kontakte beispielsweise verschweissen, oder deren Störschutzkondensatoren den Zündstromkreis dauernd kurzschliessen, können die Lebensdauer der Fluoreszenzlampen ganz beträchtlich herabsetzen. Siehe Fig. 11 und 12.

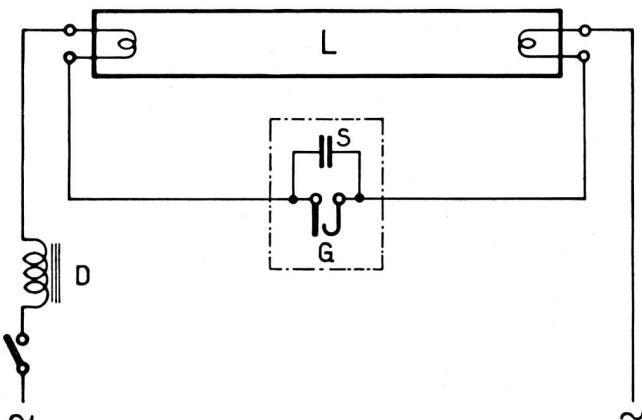


Fig. 11. Schaltung mit Glimmstarter
Montage avec cartouche d'amorçage à gaz rare

Legende — Légende:

D = Drosselspule — Bobine d'induction
G = Glimmrelais — Relais d'amorçage
S = Störschutzkondensator — Condensateur antiparasite
L = Lampe

triangle des couleurs, fig. 4). La nouvelle couleur «blanc pur» est venue s'y ajouter au cours du deuxième semestre de 1947. A 4000 ou 4500° K, la lumière «blanc pur» des lampes fluorescentes fait paraître les couleurs des corps aussi belles que sous la lumière du jour naturelle, tandis que la lumière du jour artificielle, à 6500° K, donne une sensation de «lumière froide», et, de ce fait, n'est guère employée que dans les imprimeries, teintureries, dans l'industrie textile, etc., parce qu'elle permet de reconnaître exactement les couleurs. La lumière «blanc pur», lorsqu'elle est émise en quantité suffisante, donne aux locaux un aspect ensoleillé, ce qui n'est pas le cas de la lumière du jour «blanc bleuté» à 6500° K.

Outre les lampes fluorescentes à cathodes incandescentes employées pour l'éclairage des locaux, il existe aussi des lampes à *electrodes froides* que nous connaissons du fait de leur emploi pour les réclames lumineuses. Dans les lampes de ce type, les électrodes occasionnent une chute de tension beaucoup plus grande que dans les lampes fluorescentes à cathodes incandescentes, soit 100 volts par électrode au lieu de 17 volts seulement. C'est pourquoi il est préférable, pour les lampes de ce type, de ne pas construire de luminaires aussi courts que pour les lampes à cathodes incandescentes. Les dimensions des lampes à cathodes froides et de leurs douilles sont actuellement normalisées; les douilles sont faites de manière qu'on puisse échanger les lampes sans danger malgré les tensions d'amorçage de 400 à 15 000 volts appliquées. Seul l'avenir montrera si la lampe à cathode froide peut suppléer la lampe fluorescente à cathode incandescente généralement en usage aujourd'hui, ou si son emploi restera limité à certains domaines.

La lampe «Instant-Start» de 40 watts, équipée de cathodes incandescentes comme la lampe fluorescente à basse tension, est en quelque sorte un type inter-

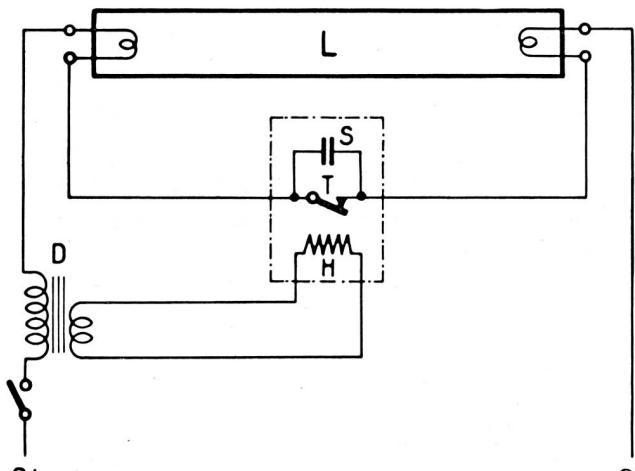


Fig. 12. Schaltung mit thermischem Starter
Montage avec cartouche d'amorçage thermique
Legende — Légende:
D = Drosselspule — Bobine d'induction
H = Heizwicklung — Enroulement de chauffage
T = Thermokontakt — Contact thermique
S = Störschutzkondensator — Condensateur antiparasite
L = Lampe

Im allgemeinen hat sich die in den Vereinigten Staaten seit mehreren Jahren übliche Bauart mit dem separaten, an leicht zugänglicher Stelle in die Armatur versenkten eingebauten *Glimmstarter* auch bei uns durchgesetzt. Die Unterhaltsarbeiten werden dadurch wesentlich erleichtert. Die Starter können mit einer Vierteldrehung gelöst und Ersatzstarter auf gleiche Weise eingesetzt werden.

Neben dem Glimmrelais ist, sowohl in den Vereinigten Staaten als auch in der Schweiz, der *thermische Starter* bekanntgeworden. Dieser weist hervorragende Zündeneigenschaften auf, erfordert aber den Anschluss an eine besonders gewickelte Drosselspule, weshalb sich der thermische Starter im Bau nicht so leicht wie der Glimmstarter von der Drosselspule trennen lässt.

Die Tatsache, dass Lampen mit stark abgebauten Elektroden nicht mehr zünden, sondern nur noch blinken, wird selbst von Fachleuten oft übersehen. Befinden sich die Armaturen in drei bis vier Meter Höhe über dem Fussboden, so ist es höchst unwahrscheinlich, dass blinkende Lampen unverzüglich ersetzt werden. Bei der Anordnung in Linien sind in der Regel mehrere, das heisst bis zu sechs und noch mehr Lampen an einem Lichtschalter angeschlossen, so dass es auch nicht möglich ist, durch die einfache Betätigung des Handschalters diese oder jene ausgebrannte Lampe abzuschalten; es muss vielmehr die ganze Schaltgruppe ausser Betrieb gesetzt werden.

Ein in den Vereinigten Staaten üblicher, mit einem *Miniaturschutzschalter kombinierter Startertyp FS-40* (für 40-Watt-Lampen) schaltet zwar die defekte Lampe nicht ab, verhindert jedoch das dauernde Blinken; er scheint unter den zur Zeit allgemein bekannten Modellen den praktischen Bedürfnissen am besten zu entsprechen. Seine Abmessungen sind nicht grösser als diejenigen des gewöhnlichen Glimmstarters; auch kann er ohne weiteres in den genormten Startersockel eingesetzt werden.

Alle Glimmstarter, desgleichen blinkende Fluoreszenzlampen und in geringem Masse auch die Fluoreszenzlampen in ihrem normalen Betrieb, stören den Radioempfang. Wohl sind Schaltungen ohne mechanische Starter, auf Resonanzstromkreisen aufgebaut, ebenfalls bekanntgeworden, haben sich aber bis jetzt nicht durchgesetzt. Eine Vereinfachung des stets umfangreicher werdenden Zubehörs zur eigentlichen Lichtquelle ist eine dringende Notwendigkeit geworden. In nächster Zeit sind neue Schaltungen zu erwarten, welche die folgenden Bedingungen erfüllen werden:

1. sofortiges und gleichzeitiges Zünden der Lampen beim Einschalten,
2. grosse Lebensdauer der Starter und Lampen,
3. ausgebrannte Lampen dürfen nicht blinken, sondern sollen erloschen.

Ein weiteres, heute noch nicht vollständig gelöstes Problem ist die Frage der *Phasenkompensation* im Zusammenhange mit den modernen Fernwirkanlagen,

médiaire. Ici, l'espace de décharge n'est cependant pas ionisé par l'échauffement des électrodes; un courant traverse le tube sous une tension d'amorçage de 470 volts (140 volts si les électrodes sont chauffées préalablement) et la décharge a lieu.

On construit maintenant aussi en Suisse, sous une forme *résistant aux courts-circuits*, la *bobine d'induction* fonctionnant en premier lieu comme stabilisateur. Malheureusement, on a en grande partie réutilisé les anciennes carcasses pour ces dispositifs améliorés; il en résulte des formes plus ou moins lourdes, que n'ont pas les bobines importées et qui sont la cause d'ombres gênantes, notamment si l'on installe des plafonniers. Cependant la fabrication des bobines d'induction a été améliorée sur plus d'un point et les bourdonnements sont certainement devenus plus rares dans les installations récentes. Depuis que les bobines sont construites de manière à résister aux courts-circuits,

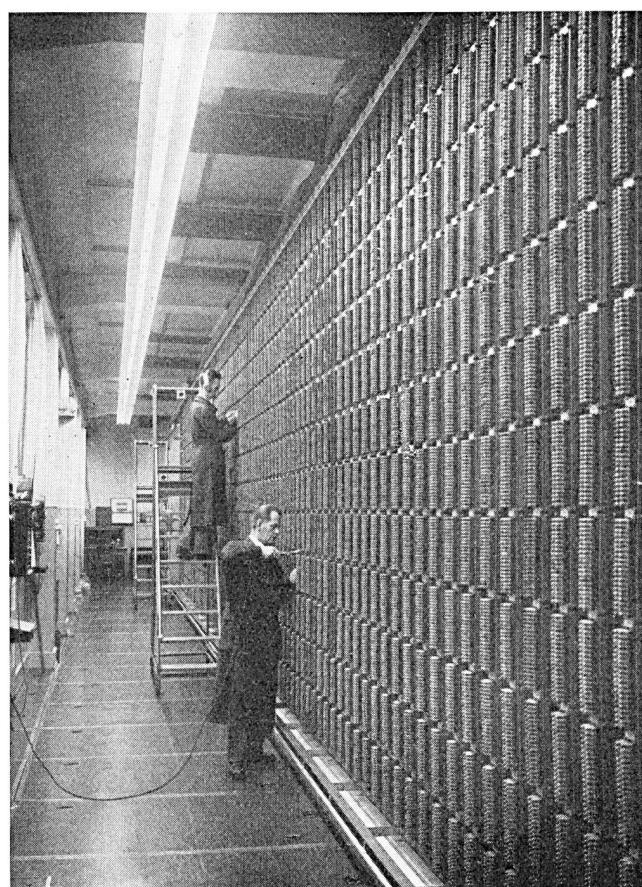


Fig. 13. Beleuchtung des Hauptverteilers einer Telephonzentrale, Vertikal- oder Sicherungsseite. Baujahr 1947. Vorteile gegenüber punktförmigen Lichtquellen: Schattenfreies Arbeiten ohne Zuhilfenahme ortsveränderlicher Lampen. Lampentyp 40 W. Farbtemperatur 4500° K. Armatur mit Cellonfenstern für teilweise Deckenaufhellung. Eclairage du distributeur principal d'un central téléphonique, côté des rangées verticales ou des coupe-circuit. Etabli en 1947. Avantages par rapport aux sources de lumière ponctuelles: Pas d'ombres sur la place de travail malgré l'absence de lampes portatives. Lampes du type 40 W. Température de la couleur 4500° K. Armature avec fenêtres en cellon pour éclairage partiel du plafond.

die bei den Elektrizitätsunternehmungen mehr und mehr Eingang finden. Zur Verbesserung des Leistungsfaktors, der bei den Fluoreszenzlampen nur etwa 0,4 bis 0,5 beträgt, verlangen die Elektrizitätswerke den Einbau von Kondensatoren, die, auf 0,9 reguliert, entweder in den Lichtarmaturen eingebaut oder bei den Tarifapparaten zentralisiert sind. Diese Kondensatoren dämpfen indessen die Schaltimpulse der Fernwirkanlagen und sind deshalb für bestimmte Frequenzbänder zu sperren. Einzelne Elektrizitätswerke sind bereits einen Schritt weiter gegangen, indem sie die Kondensatoren, statt in die Hausinstallationen der Abonnenten, in ihr eigenes Verteilungsnetz einbauen.

Eine weitere Möglichkeit der Phasenkompenstation besteht in der Anwendung der *Paarschaltung*, das heißt der sogenannten Duo-Geräte für je zwei benachbarte Lampen, wobei die erste Lampe gegenüber dem Spannungsvektor nacheilend, die zweite dagegen um so viel voreilend brennt, so dass aus beiden zusammen ein Leistungsfaktor von etwa 0,9 resultiert. Die Vorteile dieser Schaltung sind:

1. geringeres Phasenflimmern beim Anschluss aller Lampen an die gleiche Phase (besonders in Anlagen mit rotierenden Maschinen von Bedeutung),



Fig. 14. Horizontal- oder Stripseite des in Abbildung 13 wieder-gegebenen Hauptverteilers

Côté des rangées horizontales ou côté des strips du distributeur représenté à la figure 13

l'emploi de dispositifs de protection thermiques a perdu de son importance, à condition qu'il n'y ait pas de court-circuit dans les enroulements des bobines.

La cartouche d'amorçage a une extrême importance pour la qualité du service des lampes. Les cartouches dont, par exemple, les contacts commencent à «suer» ou dont les condensateurs antiparasites ferment en permanence le circuit d'amorçage, peuvent réduire considérablement la longévité des lampes fluorescentes. Voir les figures 11 et 12.

De manière générale, le genre de construction adopté depuis plusieurs années aux Etats-Unis (avec *cartouche d'amorçage à gaz rare* séparée, dissimulée dans l'armature à un endroit facilement accessible) prévaut également chez nous. Il facilite notablement l'entretien. On peut enlever les cartouches en les faisant tourner d'un quart de tour et en placer de nouvelles de la même manière.

En Suisse comme aux Etats-Unis, on connaît, outre la cartouche à gaz rare, la *cartouche d'amorçage thermique*. Elle possède d'excellentes propriétés d'amorçage, mais doit être raccordée à une bobine d'induction à enroulement spécial; il s'ensuit qu'elle ne peut être séparée de la bobine aussi facilement que la cartouche à gaz rare.

Les spécialistes eux-mêmes ne tiennent souvent pas compte du fait que les lampes dont les électrodes sont fortement usées clignotent au lieu de s'allumer. Si les armatures se trouvent à la hauteur de trois à quatre mètres au-dessus du plancher, il est presque certain que les lampes qui clignotent ne seront pas remplacées immédiatement. Si les lampes sont disposées en lignes, le même commutateur en dessert en général plusieurs — jusqu'à six ou davantage; par conséquent il n'est pas possible d'exclure la lampe défectueuse en actionnant simplement le commutateur manuel, mais tout le groupe doit être mis hors service.

On emploie beaucoup aux Etats-Unis une *cartouche d'amorçage du type FS-40* (pour lampes de 40 watts) combinée avec un commutateur miniature de protection, qui n'exclut pas du circuit la lampe défectueuse, mais l'empêche de clignoter constamment; de tous les modèles connus actuellement, c'est celui qui répond le mieux aux exigences. Il n'est pas plus grand que le modèle à gaz rare et peut être monté sans difficulté dans les socles normalisés.

Toutes les cartouches à gaz rare de même que les lampes fluorescentes clignotantes et, dans une mesure moindre, les lampes fluorescentes fonctionnant normalement, troubent la réception radio. Il existe bien certains montages dans lesquels l'amorçage se fait non par des dispositifs mécaniques, mais par des circuits résonants; leur usage ne s'est cependant pas répandu jusqu'à maintenant. Une simplification des appareils accessoires, qui deviennent toujours plus encombrants, serait extrêmement nécessaire. Les montages prévus pour le

2. die vorerwähnte Verdrosselung der Kondensatoren erübrigt sich.

Die Paarschaltung ist in den Vereinigten Staaten die am meisten verbreitete. In der Schweiz ist sie vorerst nur vereinzelt angewendet worden. Die Ursache hierfür dürfte nicht zuletzt in dem Umstande zu suchen sein, dass die Fluoreszenzlampen bei uns in der Regel in einfachen Linien angeordnet werden, während der Lichtbenützer in den Vereinigten Staaten es sich der wirtschaftlich günstigeren Verhältnisse wegen leisten kann, die Linien doppelt,

proche avenir répondront probablement aux conditions suivantes:

1. lors de l'enclenchement, les lampes doivent s'allumer immédiatement et toutes en même temps;
2. la longévité des cartouches d'amorçage et des lampes doit être plus grande;
3. les lampes usagées ne doivent pas clignoter, mais s'éteindre.

Un autre problème non encore entièrement résolu aujourd'hui est celui de la *compensation des phases* lorsque le réseau est équipé d'installations modernes



Fig. 15

Bureaubeleuchtung bei glatter Decke. Baujahr 1947. Anordnung der Fluoreszenzlampen zu 40 W in kontinuierlichen Linien. Fensterseitige Armaturen mit Schräglreflektoren, innenseitige in Dreieckform. Reine Allgemeinbeleuchtung. Lichtfarbe 4000° K. Bestückung 10 W pro m² Bodenfläche. Beleuchtungsstärke der neuen Anlage 300 bis 400 Lux

ja sogar dreifach mit Lampen von gleicher Lichtleistung auszustatten.

Erst in jüngster Zeit kommen nun auch Duo-Geräte auf den Markt, die sich für die Montage in einfachen Linien eignen. Die Aufgabe wurde so gelöst, dass das Duo-Vorschaltgerät in zwei Einzelgeräte, nennen wir sie A und B, zerlegt wurde, wobei A eine normale Drosselpule sein kann, während B eine Drosselpule mit in Serie geschaltetem Kondensator darstellt. Bei der Montage in einfachen Linien sind die Lichtarmaturen abwechselungsweise mit Vorschaltgeräten der Typen A und B auszurüsten.

Während noch vor wenigen Jahren gegen die *Phasenwelligkeit* des Fluoreszenzlichtes Sturm gelaufen wurde, ist es heute um diese Frage stiller ge-

Eclairage d'un bureau à plafond lisse. Etabli en 1947. Lampes à fluorescence de 40 W disposées en lignes continues. Près de la fenêtre armatures à réflecteur oblique, à l'intérieur armatures à réflecteur triangulaire. Seulement éclairage général. Température de la lumière 4000° K. Puissance 10 W par m² de surface du plancher. Eclairage de la nouvelle installation 300 à 400 lux

de télécommande, que les entreprises d'électricité utilisent de plus en plus. Pour améliorer le facteur de puissance, qui, pour les lampes fluorescentes, est de 0,4 à 0,5 seulement, les usines électriques exigent le montage de condensateurs placés dans les armatures elles-mêmes ou en un point central à proximité des compteurs, et destinés à porter le facteur de puissance à 0,9. Cependant, ces condensateurs affaiblissent les impulsions des installations de télécommande et leur effet doit être annulé pour certaines bandes de fréquences. Quelques usines sont allées plus loin et montent les condensateurs non chez les abonnés, mais dans leur propre réseau de distribution.

On peut également compenser les phases en recourant au *montage par couples*, c'est-à-dire en mon-

worden. Diese Feststellung dürfte unter anderem auf die Verwendung lichtstärkerer Einheiten zurückzuführen sein, denn diese gestatten:

1. grössere Abstände der Lichtquellen vom Arbeitsplatz und damit vom Auge,
2. die Verwendung geeigneter Blendschutzraster oder lichtstreuender Gläser,
3. die abwechslungsweise Verteilung der Lampen auf mindestens zwei Phasen des Drehstromverteilnetzes, und
4. die Verwendung der Duo-Geräte in einphasigen Stromkreisen.

Viele Elektrizitätswerke haben mit der Verwendung der Fluoreszenzlampe, des ihr eigenen drei- bis viermal besseren Wirkungsgrades wegen, einen Einnahmenausfall erwartet und haben deshalb, ausser der Forderung der Kompensation des Blindenergiebezuges der Lampen, *zusätzliche Gebühren* erhoben. Es zeigte sich jedoch bald, besonders seit dem Erscheinen der 40-Watt-Modelle auf dem Markte, dass die weissere Lichtfarbe und die schattenfreien, dem normalen Tageslicht besser angepassten modernen Beleuchtungsanlagen grössere Beleuchtungsstärken verlangen, als dies bei der Verwendung von Glühlampen der Fall ist. Die «Schweizerischen allgemeinen Leitsätze für elektrische Beleuchtung» sind denn

tant des dispositifs dits «duo» pour chaque groupe de deux lampes voisines. Dans la première lampe, la phase de la lumière suit le vecteur de tension, tandis qu'elle le précède d'autant dans la seconde lampe; il en résulte pour les deux lampes un facteur de puissance de 0,9 environ. Ce montage présente les avantages suivants:

1. papillotement plus faible lorsque toutes les lampes sont raccordées à la même phase (cet avantage est important dans les locaux où se trouvent des machines tournantes);
2. il n'est plus nécessaire d'empêcher l'action des condensateurs pour certaines bandes de fréquences.

Le montage par couples est le plus répandu aux Etats-Unis. Jusqu'à maintenant il n'a été que peu utilisé en Suisse. Ce fait est dû pour une bonne part à l'habitude généralement adoptée en Suisse d'installer les lampes fluorescentes en lignes simples, tandis qu'aux Etats-Unis, en raison des conditions économiques meilleures, on dispose des lignes doubles, même triples, de lampes de même puissance lumineuse.

Tout récemment sont apparus sur le marché des dispositifs «duos» permettant le montage des lampes en lignes simples. On a résolu le problème en séparant le dispositif «duo» en deux dispositifs A et B, A pouvant être une bobine d'induction ordinaire, tandis que



Fig. 16

Bureaubeleuchtung mit äusserst komplizierter Decke. Baujahr 1947/48. Anordnung der Fluoreszenzlampen zu 40 W in Linien parallel zur Blickrichtung. Fensterseitige Armaturen mit Schrägrreflektoren, innenseitige Armaturen als Freistrahler mit Blendschutzrastern. Reine Allgemeinbeleuchtung. Lichtfarbe 4000° K. Beleuchtungsstärke 250 Lux.

Eclairage d'un bureau à plafond de construction extrêmement compliquée. Installé en 1947/48. Lampes à fluorescence de 40 W montées en lignes parallèles à la direction du regard. Près de la fenêtre armatures à réflecteur oblique, à l'intérieur plafonniers éclairant en tous sens avec écrans protecteurs contre l'éblouissement. Seulement éclairage général. Couleur de la lumière 4000° K. Eclairage 250 lux.

auch den neuen Verhältnissen bereits angepasst worden*). Für Bureauräume kann mit wenigstens 10 Watt je Quadratmeter Bodenfläche gerechnet werden. Somit bleibt der Anschlusswert bei Fluoreszenzlampen kaum hinter demjenigen der Glühlichtanlagen zurück. Dazu kommt die *längere Gebrauchs dauer*, weil bei stärkerer Beleuchtung die Lampen früher ein- und später ausgeschaltet werden. Durch die Anwendung der Fluoreszenzbeleuchtung ist somit keine Senkung der Stromkosten, wohl aber sind *bessere Arbeitsbedingungen* zu erwarten, wie dies im nachfolgenden 2. Abschnitt gezeigt werden soll. Die von einzelnen Elektrizitätswerken eingeführten zusätzlichen Gebühren sind heute, jedenfalls bei phasenkompenzierten Lampen, nicht mehr gerechtfertigt und sollten, wo dies noch nicht geschehen ist, aufgehoben werden.

II. Die Armatur und ihre Verwendung

Die Fluoreszenzlampe eignet sich ihrer linearen Ausdehnung und der geringen Leuchtdichte wegen ganz besonders zur Bildung ausgedehnter *Linien*. Bei der konstruktiven Gestaltung der Armaturen ist dieser Eigenart gebührend Rechnung zu tragen.

In weiten Räumen, mit Höhen zwischen drei und vier Metern und verhältnismässig hellen Decken und Wänden, finden *Deckenarmaturen* Verwendung. In noch höheren und in verhältnismässig engen Räumen sind *Pendelarmaturen* vorteilhafter. Die Lichtpunkt-höhe variiert bei den letzteren zwischen 2,80 und 3,50 m, bei gleichen horizontalen Abständen. Die *Einzelplatzbeleuchtung* mit Fluoreszenzlampen fällt aus wirtschaftlichen Gründen kaum mehr in Betracht; sie wird auf Einzelfälle beschränkt bleiben, wo es gilt, örtlich begrenzte Flächen sehr stark aufzuhellen, wie zum Beispiel in der Uhrenfabrikation.

Bei der Projektierung von Fluoreszenzlicht-Anlagen ist stets auf die normale *Blickrichtung* zu achten. Sowohl die *direkte Blendung* als auch die *Spiegelblendung* sind zu vermeiden. Die günstigste Anordnung der Lichtquellen ist daher parallel zur *Blickrichtung*, denn so erscheinen diese dem Auge verkürzt und können nötigenfalls mit *Blendschutzrastern* dem Auge völlig entzogen werden. Um die *Spiegelblendung* zu vermeiden, sollten die Lichtlinien nicht über spiegelnde, horizontale Flächen, wie Tische, Papier oder dergleichen zu liegen kommen. Auch die *Spiegelblendung* kann, wie die direkte Blendung, mit Rastern gemildert werden, sofern die Lampen parallel zur *Blickrichtung* angeordnet sind. Ist die Anordnung dagegen quer zur *Blickrichtung*, so sind *lichtstreuende Gläser* oder beides zusammen, das heisst Raster und *lichtstreuende Gläser*, zu verwenden.

Kurz erwähnt werden soll auch die *Kontrastblendung*. Kontrastblendung liegt vor, wenn sich helle Lichtpunkte oder Linien auf verhältnismässig dunklem Hintergrunde abheben. So wie heute niemals starke Glühlampen offen, das heisst ohne Diffusoren

B est une bobine d'induction couplée en série avec un condensateur. Dans le montage en lignes simples, les armatures sont équipées alternativement de dispositifs A ou B.

Il y a quelques années encore, de nombreuses réclamations s'élevaient au sujet de *l'ondulation de phase* affectant la lumière des lampes fluorescentes. Les plaintes ont beaucoup diminué aujourd'hui, surtout en raison de l'emploi de lampes de plus grande intensité lumineuse, qui permettent:

1. d'augmenter la distance entre la source lumineuse, d'une part, et la place de travail et par conséquent l'œil, d'autre part;
2. de combattre l'éblouissement au moyen d'armatures à écrans ou de verres diffuseurs;
3. de répartir alternativement les lampes sur deux phases du secteur triphasé, et
4. d'employer des dispositifs «duos» dans les circuits monophasés.

Beaucoup d'entreprises électriques étaient d'avis que l'emploi de lampes fluorescentes leur causerait une perte de recettes, en raison de l'effet lumineux trois ou quatre fois plus fort de ces lampes. C'est pourquoi non seulement elles demanderent une compensation pour l'énergie réactive consommée, mais elles perçurent des *taxes supplémentaires*. On constata cependant bientôt, surtout lorsque les lampes de 40 watts apparurent sur le marché, que la couleur plus blanche de la lumière et les installations modernes sans ombres et mieux adaptées à la lumière du jour réclament de plus forts éclairements que ce n'est le cas avec les lampes à incandescence. Les «Recommandations générales pour l'éclairage électrique en Suisse» ont également été adaptées aux nouvelles possibilités*). Pour les bureaux, on peut compter avec une puissance d'au moins 10 watts par mètre carré de surface du plancher. Ainsi, dans les installations à fluorescence, la puissance installée n'est guère inférieure à ce qu'elle est dans les installations à incandescence. A ce facteur s'ajoute encore la *durée d'emploi plus longue*, car, l'éclairement étant plus fort, les lampes sont allumées plus tôt et éteintes plus tard. L'emploi de l'éclairage à fluorescence n'a donc pas pour conséquence une diminution des frais de courant, mais bien une *amélioration des conditions de travail*, comme nous le montrerons dans le chapitre 2. Les taxes supplémentaires perçues par quelques entreprises d'électricité ne sont plus justifiées actuellement, tout au moins s'il s'agit d'installations à compensation de phase, et devraient disparaître.

II. L'armature et son emploi

Etant données sa forme rectiligne allongée et sa faible brillance, la lampe fluorescente se prête particulièrement bien au montage en longues *lignes*, ce dont il a été tenu compte dans la construction des armatures.

*) Voir bibliographie.

*) Siehe Bibliographie.

oder Reflektoren installiert werden, so sind diese Hilfsmittel auch bei den Fluoreszenzlampen erforderlich, um die Helligkeitswerte abzustufen.

III. Betriebsstörungen und Unterhalt

Gegenüber der Glühlampe weist die Fluoreszenzlampe eine bedeutend grössere Lebensdauer auf, während der die *Lichtemission* allerdings abnimmt, wie dies in Fig. 10 dargestellt ist. Die Abnahme beträgt 30, 40 bzw. 45% des Anfangswertes, bei einer entsprechenden Lebensdauer von 2500, 4000 und 6000 Stunden, oder einer durchschnittlichen Brenndauer von 3, 6 und 12 Stunden für jeden Start. Die Abnahme der Lichtemission ist eine Folge der Schwärzung des Fluoreszenzbelages durch zerstäubtes Kathodenmaterial und der geringeren Quecksilberdampfstrahlung.



Fig. 17. Beleuchtung eines Bahnpostwagens. Durchblick vom Sackraum ins Bureau. U-förmige Kaltkathoden-Fluoreszenzlampen in Diffusoren aus Plexiglas. Installierte Leistung 700 W ab Batterie. Lichtquelle 4500° K. Stromquelle: Vibratoren zur Umformung des Gleichstroms in Wechselstrom 50 Hz. Baujahr 1947/48

Eclairage d'un wagon-poste. Vue dans le bureau depuis le compartiment des sacs. Lampes fluorescentes à cathodes froides, en forme d'U avec diffuseurs en plexiglas. Puissance installée 700 W prise à la batterie. Température de la lumière 4500° K. Source de courant: vibratours pour la transformation du courant continu en courant alternatif 50 p/s. Installé en 1947/48

Dans les grands locaux d'une hauteur de 3 à 4 mètres, à plafonds et parois relativement clairs, on fait usage de *plafonniers*. Dans les locaux plus hauts et relativement étroits, il est préférable d'utiliser des *armatures à suspension*; la hauteur de la source varie alors entre 2,80 et 3,50 mètres, les distances horizontales entre les lampes étant égales. Là où sont installées des lampes fluorescentes, l'éclairage individuel des places de travail n'entre plus guère en considération, surtout pour des motifs d'économie. Il sera limité aux cas dans lesquels il s'agit d'éclairer fortement des surfaces restreintes, par exemple dans les fabriques d'horlogerie.

Il faut toujours, dans les projets d'installations d'éclairage à fluorescence, veiller à la *direction normale du regard*. L'éblouissement direct aussi bien que l'éblouissement par réflexion doivent être évités. La disposition des sources lumineuses parallèlement à la direction du regard est ainsi la plus favorable, car elle fait paraître les tubes courts et permet même de les dissimuler complètement à l'œil au moyen d'armatures à *écrans protecteurs contre l'éblouissement*. Pour éviter l'éblouissement par réflexion, on ne doit pas placer les lignes lumineuses au-dessus de surfaces horizontales réfléchissantes, telles que tables, feuilles de papier, etc. Comme l'éblouissement direct, l'éblouissement par réflexion peut être atténué par des écrans lorsque les lampes sont disposées parallèlement à la direction du regard. Si elles sont placées perpendiculairement à cette direction, il faut recourir à des *verres diffuseurs*, ou même à des écrans et des verres diffuseurs.

Il y a lieu de faire également une brève mention de l'éblouissement par *contraste*. Il y a éblouissement par contraste lorsque des points ou des lignes lumineux se détachent sur un fond relativement sombre. Aujourd'hui, on n'installe jamais de fortes lampes à incandescence nues, c'est-à-dire sans diffuseur ou réflecteur; ces mêmes moyens sont aussi utilisés pour atténuer la clarté des lampes fluorescentes.

III. Dérangements et entretien

Comparativement à la lampe à incandescence, la lampe fluorescente a une longévité beaucoup plus grande, pendant laquelle, il est vrai, l'émission lumineuse décroît, comme le montre la figure 10. La diminution est de 30, 40 respectivement 45% de la valeur initiale pour une longévité de 2500, 4000 ou 6000 heures ou pour une durée moyenne de fonctionnement de 3, 6 ou 12 heures après chaque amorçage. Elle est due au noircissement de la couche fluorescente par des poussières provenant de la cathode et au moindre rayonnement de la vapeur de mercure.

On désigne par *puissance lumineuse nominale* la puissance émise par la lampe après 100 heures de service. La valeur initiale est d'environ 10% plus élevée que la valeur nominale garantie par le fabricant. Pour déterminer la modification en pour-cent de l'éclairage donné par une installation quelconque,

Als *Nennlichtleistung* wird jener Zustand der Lampe bezeichnet, der nach den ersten hundert Betriebsstunden erreicht ist. Der Anfangswert liegt etwa 10% höher als der von den Herstellern garantierte Nennwert. Für die Beurteilung der prozentualen Veränderung der Beleuchtungsstärke irgendeiner Anlage ist immer vom Anfangswert auszugehen, der allein den tatsächlichen Verhältnissen entspricht.

Wegen der grossen Leistungseinbusse empfehlen die Hersteller, ausser einer gründlichen periodischen Reinigung der Lichtarmaturen sowie der Decken und Wände, die Lampen durch neue zu ersetzen, bevor die Merkmale der Alterung in Erscheinung treten. In den Vereinigten Staaten gibt es denn auch bereits Unternehmen, die sich zur Aufgabe gestellt haben, die Fluoreszenz-Beleuchtungsanlagen im Abonnement zu reinigen, wobei im Unterhaltsabonnement gleich ein vollständiger Lampenersatz eingerechnet ist. Es ist anzunehmen, dass diese Reinigungsunternehmen mit den Herstellern der Fluoreszenzlampen eng zusammenarbeiten, liegt es doch ganz im Interesse der letzteren, dass die Besitzer von Fluoreszenz-Beleuchtungsanlagen zufriedene Kunden sind und bleiben und der Absatz neuer Lampen ansteigt.

Durch den allmählichen Abbau der aktiven Emissionsschicht im normalen Betrieb und während des Zündvorganges erreicht jede Lampe einmal jenen Zustand, in dem sie nicht mehr zum Zünden gebracht werden kann. Alte Lampen brennen entweder unruhig oder blinken auf und ab. Im Gegensatz zur Glühlampe hat die Fluoreszenzlampe in der Regel keinen natürlichen Tod.

Es sind besondere Schaltungen entwickelt worden, die das Auf- und Abblinken alter Lampen verhindern sollen. In den Vereinigten Staaten sind es der vorerwähnte Starter Typ FS-40 und ähnliche, die den Zündstromkreis nach 10 bis 20 erfolglosen Startversuchen unterbrechen. Eine andere Schaltung beruht auf einer einmaligen Zündung mit kräftigem Impuls und darauffolgender automatischer Unterbrechung des Zündstromkreises zur Verhinderung der fortwährenden Abgabe weiterer Zündimpulse und des Blinkens alter Lampen.

Ausser den erwähnten Alterserscheinungen gibt es bei den Fluoreszenzlampen auch Ursachen zu eigentlichen Betriebsstörungen, wie die nachstehenden drei Beispiele erhellen:

1. *Die Lampe zündet nicht.* Es ist möglich, dass die Lampe samt Zubehör keine Spannung erhält. Kontaktstörungen, namentlich solche in den Fassungen, sind nicht selten. Durch gegenseitiges Vertauschen der Lampen und Starter ist herauszufinden, welches von beiden defekt ist.
2. *Die Lampe zündet zu langsam oder erlöscht periodisch.* Es empfiehlt sich, den Starter auszuwechseln. Bei verhältnismässig tiefen Temperaturen können thermische Starter gute Dienste leisten, oder es ist das bereits erwähnte Sofortzündverfahren anzuwenden. Lampen mit Zündstreifen erleichtern

on doit toujours prendre pour base la valeur initiale, qui seule correspond aux conditions réelles.

Etant donnée l'importante perte de puissance due au vieillissement des lampes, les fabricants recommandent, non seulement de nettoyer périodiquement et à fond les armatures ainsi que les plafonds et les parois, mais de remplacer les lampes avant que les signes de vieillissement apparaissent. Aux Etats-Unis, il existe des entreprises qui assument en abonnement le nettoyage et l'entretien des installations de lampes fluorescentes, le remplacement des lampes étant compris dans l'entretien. Il est probable que ces entreprises de nettoyage travaillent en étroite collaboration avec les fabricants, ces derniers ayant tout intérêt à ce que les possesseurs d'installations de lampes fluorescentes soient satisfaits et à ce que la vente de nouvelles lampes augmente.

Du fait de la destruction lente de la couche émettrice active, en service normal et lors de l'amorçage, chaque lampe se trouve une fois ou l'autre dans un état tel qu'il est impossible de l'allumer. Les vieilles lampes brûlent irrégulièrement ou se mettent à clignoter. En règle générale, contrairement aux lampes à incandescence, les lampes fluorescentes n'ont pas une fin naturelle.

Des montages spéciaux ont été trouvés, qui doivent empêcher les lampes vieillies de clignoter. On utilise, aux Etats-Unis, la cartouche d'amorçage FS-40, déjà mentionnée, et d'autres semblables, qui interrompent le circuit d'amorçage après 10 à 20 essais infructueux. Dans un autre montage, une seule et puissante impulsion d'amorçage est envoyée, puis le circuit d'amorçage est interrompu automatiquement pour empêcher l'envoi d'autres impulsions et le clignotement des vieilles lampes.

Outre le vieillissement, d'autres causes peuvent entraîner le fonctionnement des lampes fluorescentes, comme le montrent les trois exemples suivants:

1. *La lampe ne s'allume pas.* Il est possible que la lampe et ses accessoires ne reçoivent pas de tension. Les mauvais contacts sont fréquents, surtout dans les douilles. En changeant tour à tour les lampes et les cartouches d'amorçage, on trouvera quel est l'organe défectueux.
2. *La lampe s'allume trop lentement ou s'éteint périodiquement.* Il y a lieu de changer la cartouche d'amorçage. Si les températures sont basses, des cartouches thermiques rendent de bons services. On peut aussi recourir au procédé d'allumage immédiat décrit ci-dessus. L'allumage peut être facilité par un dépôt métallique en forme de ligne à l'extérieur de la lampe, ou par des réflecteurs ou des abat-jour en métal placés à distance très faible de la lampe.

- das Zünden, desgleichen Reflektoren und Abdeckungen aus Metall, sofern sie von der Lampe einen sehr geringen Abstand haben.
3. *Es leuchten nur die Elektroden an den Lampenenden auf.* Der Starterkontakt trennt nicht oder ist kurzgeschlossen, zum Beispiel durch einen defekten Störschutzkondensator.

Ganz allgemein ist anzunehmen, dass die Entwicklung der Fluoreszenzlampe selbst, wie auch der zu ihrem Betriebe notwendigen Drosselpulsen, Zündschalter, Phasenkompensatoren, Radiostörschutzkondensatoren und Spezialfassungen, noch keineswegs abgeschlossen ist. Ausser einer geringeren Abnahme der Lichtemission über die ganze Lebensdauer, ist vor allem eine Vereinfachung des Zubehörs und damit eine Verminderung der Störanfälligkeit anzustreben. Die Fluoreszenzlampe bietet aber heute schon so grosse lichttechnische und wirtschaftliche Vorteile, dass der Lichtbenützer nicht mehr auf sie verzichten möchte.

Bibliographie

- 1) *E. Diggelmann.* Die Niederdruck-Niederspannungs-Leuchtstoffröhre vom Standpunkt des Lichtverbrauchers aus betrachtet. *Techn. Mitt.* PTT 1945, Nr. 3, S. 103.
- 2) *E. Diggelmann.* Les tubes luminescents à faible pression et à basse tension considérés du point de vue du consommateur de lumière. *Bull. techn.* PTT 1945, n° 3, p. 103.
- 3) *Charles L. Amick.* Fluorescent Lighting Manual. 2nd Ed. New York 1947.
- 4) *Lighting Handbook.* Produced and prepared by Westinghouse Electric Corporation. New York 1947.

(Eingegangen am 19. Januar 1949)

3. *Seules les électrodes aux extrémités de la lampe deviennent lumineuses.* Le contact de la cartouche d'amorçage n'interrompt pas ou il est court-circuité, par exemple par un condensateur anti-parasite défectueux.

De manière générale, tout donne à penser que le développement de la lampe fluorescente, comme aussi des accessoires qu'elle exige (bobines d'induction, cartouches d'amorçage compensateurs de phases, condensateurs antiparasites et douilles spéciales) est loin d'être terminé. Une diminution plus faible de l'émission lumineuse pendant toute la durée d'existence de la lampe, et aussi et surtout une simplification des accessoires, permettant de réduire la fréquence des dérangements, seraient hautement désirables. Maintenant déjà, la lampe fluorescente présente de tels avantages techniques et économiques que les usagers ne sauraient renoncer à l'employer.

- 5) *IES Lighting Handbook.* Published by the Illuminating Engineering Society. New York 1947.
- 6) *Leitsätze.* Schweizerische Allgemeine L' für elektrische Beleuchtung. 2. Auflage. Aufgestellt vom Schweizerischen Beleuchtungs-Komitee (SBK). Genehmigt und herausgegeben vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein (SEV). Publikation Nr. 144. Zürich 1947.
- 7) *Recommandations générales pour l'éclairage électrique en Suisse.* 2e Edition. Etablies par le Comité suisse de l'Eclairage (CSE). Approuvées et éditées par l'Association suisse des Electriciens (ASE). Publication n° 144f. Zurich 1947.
- 7) *E. Boller, D. Brinkmann und E. J. Walter.* Einführung in die Farbenlehre. Bern 1947.

(Reçu le 19 janvier 1949)

Die Automatisierung des Telephonverkehrs in der Ajoie

Von Ferdinand Füllemann, Bern

621.395.722(494.243.5)

In Pruntrut, dem alten, ehrwürdigen Hauptstädtchen der Ajoie, konnte am 24. Mai 1949 eine automatische Telephonzentrale dem Betrieb übergeben werden.

Es sind bereits mehr als 60 Jahre her, seit dem dreizehn beherzte Geschäftsmänner und Private der damaligen Telegraphenverwaltung das Gesuch stellten, sie möchte in Pruntrut eine Telephonzentrale einrichten. Trotz des damals noch bescheidenen Telephonverkehrs, der zu erwarten war, scheint die Verwaltung dem Gesuch verhältnismässig rasch entgegengestellt zu haben, denn bereits am 10. November 1885 konnte dort die erste Telephonzentrale eröffnet werden. Diese war anfänglich für zwanzig Teilnehmeranschlüsse ausgerüstet. Im Laufe der verstrichenen Dezennien wurde die Zentrale zu drei Malen durch leistungsfähigere Anlagen ausgewechselt.

Die letzte dieser drei Handzentralen diente während 23½ Jahren den stetig steigenden Anforderungen des Verkehrs. Seit ihrer Inbetriebnahme am 21. Juli 1925 hat sich die Zahl der aktiven Teilnehmeranschlüsse

L'automatisation du téléphone en Ajoie

Par Ferdinand Füllemann, Berne

621.395.722(494.243.5)

Le 24 mai 1949, un central téléphonique automatique a été mis en service à Porrentruy, l'ancienne et vénérable capitale de l'Ajoie.

Un peu plus de 60 ans se sont écoulés depuis l'époque où treize courageux commerçants et particuliers présentèrent à l'administration des télégraphes d'alors une requête dans laquelle ils lui demandaient d'installer à Porrentruy un central téléphonique. Il faut croire que l'administration fit droit assez rapidement à cette requête puisque, malgré le faible trafic auquel il fallait s'attendre, le premier central téléphonique de cette localité pouvait être mis en service le 10 novembre 1885 déjà. Il était équipé pour vingt raccordements d'abonnés et fut, au cours des temps, remplacé trois fois par des installations de plus grande capacité.

Le dernier de ces trois centraux manuels servit pendant 23½ ans à l'écoulement d'un trafic en constante augmentation. Depuis sa mise en service, le 21 juillet 1925, le nombre des raccordements d'abonnés en activité a presque triplé, c'est-à-dire qu'il a