Die Niederdruck-Niederspannungs-Leuchtstoffröhre vom Standpunkt des Lichtverbrauches aus betrachtet = Les tubel luminescents à faible pression et à basse tension considérés du point de vue du consommateur de lumière

Autor(en): **Diggelmann, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri**

Band (Jahr): **23 (1945)**

Heft 3

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-873188

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

In der *Gruppe II* zieht das Spannungsrelais ebenfalls an und unterbricht durch TM 15 den Motor II, womit B II aus- und A II einschaltet.

Wenn aus irgend einem Grunde *der Generator II keine Spannung abgibt*, so schaltet B II nicht ein und die Zeitrelais Z_1 und Z_2 laufen ab. Z_2 schliesst nach 9 Sekunden seinen Kontakt, womit das Schütz K II betätigt wird. Dadurch erhält Z_1 wieder Spannung und betätigt seine Kontakte nicht. Eine Rückwärtsspeisung auf den Generator II erfolgt nicht, weil B II ausgeschaltet ist. *Das Netz II wird in diesem Falle über das Schütz K II durch die Gruppe I gespiesen.*

Im umgekehrten Falle, d. h. *wenn die Gruppe I keine Spannung abgibt*, das Schütz B I aber umgeschaltet hat, so fällt A I ab. Z_1 wird ebenfalls stromlos und schliesst nach 10 Sekunden seinen Arbeitskontakt, wodurch K I betätigt und das *Netz I durch die Gruppe II gespiesen wird.* Gibt der Generator I nachträglich doch noch Spannung ab, so kann A I nicht mehr anziehen, da er durch K I verriegelt ist.

Es kann auch der Fall eintreten, dass *der Generator I keine Spannung abgibt, weil gleichstromseitig keine Spannung vorhanden ist.* In diesem Falle schaltet B I nicht um. Das Schütz A I kann eingeschaltet bleiben, wenn beispielsweise nur die Phase R des E.W.-Netzes ausgefallen ist, während die Phasen S und T, an denen die Spule von A I angeschlossen ist, ihre volle Spannung haben. Das Spannungsrelais des Schützes A I fällt dagegen ab, wodurch, trotz dem Wiederauftreten der Spannung vom Netz I her, die Spule des Zeitrelais Z_1 unterbrochen bleibt. Dieses betätigt nach 10 Sekunden seine Kontakte 1-2 und 3-4 und unterbricht damit das Schütz A I, während das Schütz K I einschaltet.

Wenn aus irgendeinem Grunde die Gleichspannung der Gruppe I wieder einsetzt, so schaltet das Schütz B I um. Dadurch erhält das zu A I gehörende Spannungsrelais wieder Strom und schliesst mit seinen Kontakten c-d einen Stromkreis für das Zeitrelais Z_1, das wieder anzieht und dadurch das Schütz K I ab- und das Schütz A I anschaltet, so dass das Netz I von der Gruppe I gespiesen wird.

Sind die Netze I und II, gemäss der vorstehenden Beschreibung, zusammengekoppelt, so ziehen mit dem Einsetzen der E.W.-Spannung die beiden Spannungsrelais QR der Gruppen I und II wieder an. Durch das Anziehen von QR schliesst sich ein Stromkreis für Z_1, wodurch K I unterbrochen und A I eingeschaltet wird. Ebenso wird durch QR das Gleichstrom-Schütz GS und damit B I unterbrochen, wodurch das Netz I wieder an das E.W.-Netz geschaltet wird.

Die Spannungsregulierung erfolgt für beide Netze durch zwei getrennte Simplex-Spannungsregler. Wie dies geschieht, das sei beispielsweise für die Gruppe II kurz erläutert.

Steigt die Spannung des Generators II *über* 220 Volt, so dreht sich der Schnellregler in dem Sinne, dass er in den Polrad-Erregerstromkreis Widerstand einschaltet. Die Wechselspannung wird dadurch reduziert. Sinkt die Wechselspannung *unter* 220 Volt, so dreht sich der Schnellregler in entgegengesetztem Sinne, wodurch Widerstand abgeschaltet und die Spannung auf ihren Sollwert von 220 Volt erhöht wird.

Wie aus der Beschreibung ersichtlich ist, sind bei der Konstruktion dieser Notstromanlage alle Störungsmöglichkeiten, die sowohl im E.W.-Netz, als auch in der Anlage selbst, auftreten können, berücksichtigt worden. Die periodisch durchgeführten Prüfversuche haben bisher das sichere Funktionieren der Anlage bewiesen. Wie sich die Notstromanlage im „Ernstfalle" bewähren wird, das konnte bis heute noch nicht festgestellt werden, da, seit sie im Betriebe resp. in der Bereitschaft steht, noch keine Störungen in der städtischen Stromversorgung aufgetreten sind.

Die Niederdruck-Niederspannungs-Leuchtstoffröhre vom Standpunkt des Lichtverbrauchers aus betrachtet.

Von *E. Diggelmann*, Bern. 621.327.42

Vor- und Nachteile gegenüber der Glühlampe.

In einem allgemeinen Ueberblick über den Stand der Entwicklung der Metalldampflampen bis zum Jahre 1941 konnte als letztes und wichtigstes Ergebnis der Forschungsarbeiten die *Niederdruck-Niederspannungs-Leuchtstoffröhre* nur noch kurz erwähnt werden.[1]) Ueber die heute unter der Bezeichnung „Leuchtstoffröhre" weit über die Fachkreise hinaus bekannte Lichtquelle fehlten damals in der Schweiz noch die praktischen Erfahrungen. Ihre wichtigsten Eigenschaften: grosse Lichtausbeute, grosse Lebensdauer, voller Lichtstrom beim Einschalten, sofortige Zündung auch beim Wiedereinschalten, Lichtfarbe bläulichweiss-Tageslicht, weiss, zu Glühlampenlicht passend, oder rötlichweiss für Stimmungsbeleuchtung, liessen auch bei dem damals respektablen Verkaufspreis eine rasche Verbreitung der neuen Licht-

Les tubes luminescents à faible pression et à basse tension considérés du point de vue du consommateur de lumière.

Par *E. Diggelmann*, Berne. 621.327.42

Avantages et désavantages.

Dans l'aperçu général que nous avions publié en 1941 sur le développement des lampes à vapeur métalliques [1]), nous avions juste pu citer encore les *lampes tubulaires luminescentes à faible pression et à basse tension*, le plus récent et le plus important résultat des recherches effectuées dans ce domaine. A cette époque, en Suisse, nous manquions encore d'expériences pratiques sur l'emploi de cette source lumineuse connue bien en dehors des milieux professionnels sous la dénomination abrégée de „tubes luminescents". Leurs principales propriétés: coefficient d'efficacité élevé, longévité, flux lumineux intégral dès l'enclenchement, amorçage immédiat même en cas de réenclenchement, couleur de la lumière bleu blanc — lumière du jour, blanc adapté à la lumière des lampes à incandescence ou rose blanc pour l'éclairage

quelle erwarten. Als eine weitere wichtige Eigenschaft ist die grosse lineare Ausdehnung der Entladungssäule und damit der Lampe zu nennen, dank der eine ganze Reihe lichttechnischer Aufgaben in geradezu idealer Weise gelöst werden konnten, wie dies mit einer punktförmigen Lichtquelle so einfach und zweckmässig nicht möglich gewesen wäre.

Es handelt sich dabei entweder um die Anreihung mehrerer Einheiten zu beliebig langen *Leuchtbändern* für die Verwendung in technischen Betriebsräumen (Fig. 1), oder aber einzeln, als tief- und breitstrahlende *Grossflächenleuchte*, für die schattenfreie Beleuchtung einzelner Arbeitsplätze mit einer zu beleuchtenden Fläche von einem bis mehreren Quadratmetern (Fig. 2). Die Brenntemperatur von nur etwa 30—40° macht die Leuchtstoffröhre zur Lichtquelle der idealen Grossflächenleuchte, vorausgesetzt, dass sich in ihrem Licht keine *bewegten Gegenstände*, wie Werkzeuge oder Maschinenteile, befinden. Damit kommen wir auch bereits auf die als nachteilig empfundenen Eigenschaften der Leuchtstoffröhre zu sprechen: die Welligkeit der Lichtemission, die durch das Nachleuchten der heute bekannten Leuchtstoffe nicht völlig ausgeglichen wird.[2]) Zur Verminderung des *stroboskopischen Effektes*, der durch die frequenzabhängige Lichtemission hervorgerufen wird, können Lichtquellen, da wo es sich um allgemeine Raumbeleuchtung handelt, in Gruppen zu drei Röhren an ein Dreiphasenverteilnetz angeschlossen werden. Diese Möglichkeit besteht bei der arbeitsplatzgebundenen Beleuchtung in der Regel nicht. Wesentlich ist, dass die Gegenstände, die beim Arbeitsgang speziell vom Auge fixiert werden müssen, unbeweglich sind, während, wie z. B. beim Sortieren der Poststücke, die Bewegungen der Arme ohne störende Flimmerwirkung sind (Fig. 3). Ein Vorschlag zur Verminderung des Flimmereffektes durch die Verwendung von zwei gegenseitig in der Phasenlage verschobenen Entladungsröhren ist in der Schweiz erst in neuerer Zeit bekanntgeworden. [3])

Innerhalb der schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung sind bis heute etwa 400 Leuchtstoffröhren in Betrieb, die sich auf 20 Anlagen mit 1—177 Röhren zu 100 Dlm verteilen. Die beiden gebräuchlichsten Lichtfarben, Tageslicht und weiss, werden ungefähr im Verhältnis 1 : 2 verwendet. Die Zahl der beim Leuchtstofflicht Beschäftigten beläuft sich wegen teilweisem Schichtenbetrieb auf etwa 500 Personen, vorwiegend weiblichen Geschlechts.

In *physiologischer Hinsicht* konnten da, wo mit der Einführung der neuen Lichtquelle gleichzeitig eine bedeutende Verstärkung der Beleuchtung verbunden war, vorübergehende, auf die Aenderung der Beleuchtungsstärke alleine zurückzuführende Uebergangsbeschwerden festgestellt werden, die jedoch in keinem Falle länger als drei Tage dauerten. Im allgemeinen werden das weissere Licht und die stärkere Beleuchtung sehr geschätzt. In einer einzigen Anlage sind bis jetzt zwei Fälle bekanntgeworden, wo das neue Licht regelmässig Unbehagen (Kopfschmerzen) verursacht haben soll. Es handelt sich dabei aber um ein Leiden, dem die betreffenden Personen schon vorher, wenn auch weniger regelmässig, unterworfen waren. Allem Anscheine nach dürfte es sich

décoratif ou devant réaliser certains effets, en laissent prévoir un rapide développement, même aux prix de vente respectables appliqués à cette époque. Une autre de leurs propriétés est la grande diffusion linéaire de la colonne de décharge et, par là, de la lampe grâce à laquelle on a pu donner une solution idéale à tout une série de problèmes techniques relatifs à l'éclairage qu'il n'eût pas été possible de résoudre d'une façon aussi simple et aussi rationnelle avec une source lumineuse ponctuelle.

Il s'agit soit de disposer en série plusieurs unités formant de longues *bandes en tubes luminescents* destinés à l'éclairage de locaux techniques (fig. 1) soit d'utiliser isolément des *luminaires à grandes surfaces* destinés à éclairer, sans faire d'ombres, des places de travail d'un à plusieurs mètres carrés (fig. 2). Une température de 30 à 40 degrés seulement fait des tubes luminescents la source lumineuse idéale des luminaires à grandes surfaces à condition qu'*aucun objet mobile* tels que parties de machines ou outils ne se trouve dans le champ visuel éclairé. Ceci nous amène déjà à parler d'une propriété des tubes luminescents considérée comme un désavantage: l'ondulation de l'émission lumineuse qui n'est pas compensée entièrement par la persistance lumineuse des substances luminescentes connues à ce jour.[2]) Pour réduire *l'effet stroboscopique* provoqué par la dépendance de fréquence de l'émission lumineuse, on peut, quand il s'agit de l'éclairage général d'un local, monter les tubes par groupes de trois et les raccorder à un réseau de distribution triphasé. En règle générale, cette possibilité n'existe pas pour l'éclairage localisé. L'essentiel est que, d'une part, les objets que l'œil doit spécialement fixer pendant le travail soient immobiles et que, d'autre part, comme par exemple pour les opérations de tri à la poste, on puisse mouvoir les bras sans craindre de provoquer un papillotement (fig. 3). Un montage tendant à réduire le papillotement par l'emploi de deux lampes à décharge avec décalage de phases n'est connu en Suisse que depuis peu de temps. [3]) Dans l'administration des postes, télégraphes et téléphones, on a installé, jusqu'à présent, environ 400 tubes luminescents qui se répartissent entre 20 installations avec 1 à 177 lampes à 100 Dlm et sur les deux couleurs les plus employées: lumière du jour et blanc dans la proportion approximative de 1 : 2. A cause de l'exploitation par équipes, le nombre des agents travaillant à la lumière des tubes luminescents est, pour le moment, d'environ 500, surtout du sexe féminin.

Au point de vue *physiologique*, dans les endroits où l'installation des nouvelles sources lumineuses provoqua une sensible augmentation de l'éclairement, on constata certains malaises passagers dus exclusivement au changement d'éclairement, mais qui, en aucun cas, ne durèrent plus de trois jours. D'une manière générale, on apprécie beaucoup la lumière plus blanche et le plus fort éclairement. Jusqu'à présent, on ne connaît que deux cas, rencontrés dans une seule et même installation, où la nouvelle lumière aurait, paraît-il, provoqué des maux de tête. Toutefois, les personnes en cause souffraient déjà auparavant de cette infirmité, bien que moins régulièrement. Il y a tout lieu d'admettre qu'il s'agit là d'une sensibilité toute particulière des nerfs de la

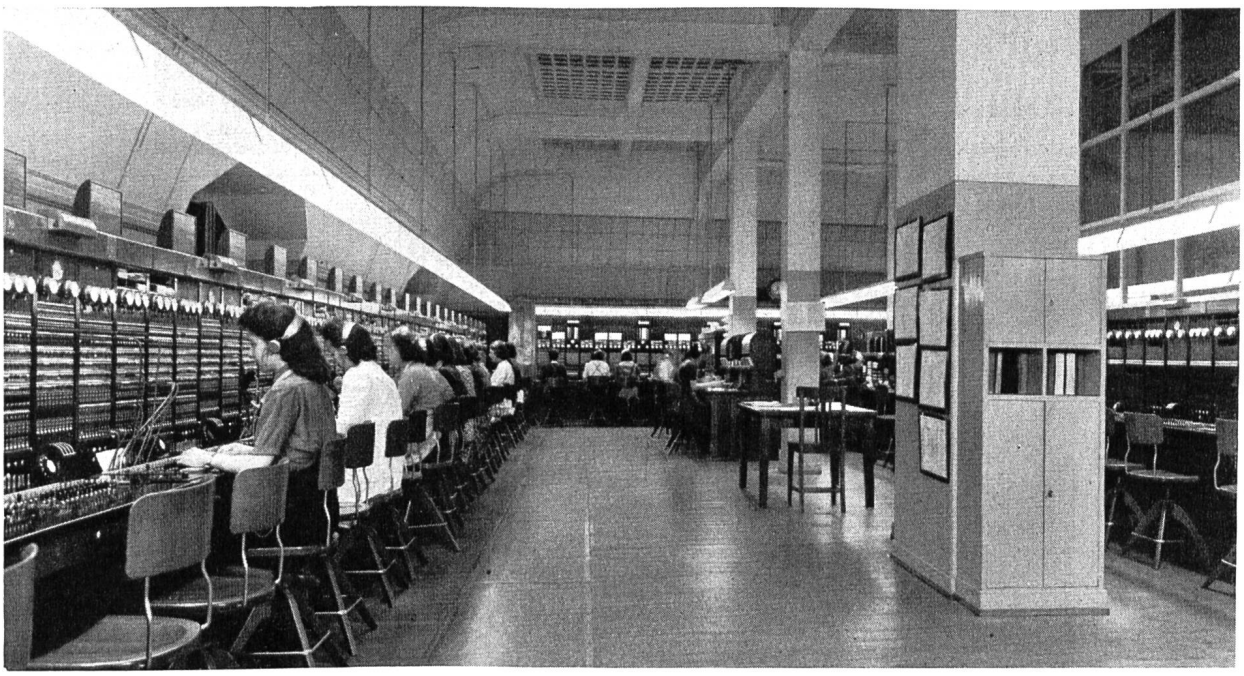

Fig. 1. Telephonzentrale. $^2/_3$ Leuchtstoffröhren zu 100 Dlm je Arbeitsplatz. Farbe Tageslicht, Diffusoren Belmag, Beleuchtungsstärke 240—280 Lux.

Central téléphonique. $^2/_3$ de lampe luminescente à 100 Dlm par place de travail, couleur de la lumière du jour, diffuseurs Belmag, éclairement: 240—280 Lux.

um eine besonders ausgeprägte Empfindlichkeit der Kopfnerven handeln, die entweder auf die Welligkeit des ausgestrahlten Lichtes oder auf die Strahlen eines bestimmten Wellenbereiches reagieren. Fachleute, vor allem die Augenärzte, dürfte es in diesem Zusammenhange interessieren, dass in den vorerwähnten Fällen auch das geringste Flackern, das gelegentlich an den Enden der Entladungssäule beobachtet werden kann, als stark störend empfunden wurde, selbst dann, wenn die Sehorgane nicht direkt gegen die Lichtquelle, sondern um 90° abseits gerichtet waren. Alles deutet darauf hin, dass es sich hier um einen jener merkwürdigen Fälle handelt, die Prof. Dr. Birkhäuser [4]) in der augenärztlichen Sprechstunde angetroffen hat, wo sich die Patienten über „ein quälendes Ermüdungsgefühl, verbunden mit allgemeinem Unbehagen" beklagten. Die Frage, ob es sich um eine auf die Welligkeit, oder aber um eine auf einen kritischen Strahlungsbereich zurückzuführende Reizung handelt, wird in erster Linie vom Physiologen zu beantworten sein. Erst dann wird man von den Herstellern der Leuchtstoffröhren eine weitere Verbesserung ihrer Fabrikate in dieser Richtung erwarten dürfen.

Die positiven Qualitäten der Leuchtstoffröhre, wie stärkere, gleichmässigere Beleuchtung, Schatten- und Blendungsfreiheit, scheinen ganz allgemein die vorerwähnten Nachteile bei weitem zu überwiegen. Dabei muss allerdings vorausgesetzt werden, dass die von den Glühlichtanlagen her bekannten Richtlinien — besonders diejenigen zur Vermeidung der Reflexblendung — bei der Einrichtung der Leuchtstofflampen ebenfalls beachtet werden. Nach den vom Verfasser gesammelten Erfahrungen sollten Leuchtstoffröhren mit einer auch so geringen Leuchtdichte wie 0,3 Stilb in einer Höhe von weniger als drei Meter über dem Boden nicht frei, sondern in

tête qui paraissent réagir soit sur l'ondulation de la lumière diffusée soit sur les rayons d'une bande de fréquences déterminée. Les gens du métier, mais avant tout les oculistes, apprendront avec intérêt que dans le cas particulier, même le moindre scintillement, qui occasionnellement se produit aux extrémités de la colonne de décharge, provoquait chez les personnes en cause un trouble considérable, même lorsque leur regard n'était pas dirigé directement sur la source lumineuse mais 90° à côté. Tout indique qu'il s'agit là d'un de ces cas extraordinaires que signale le Dr Birkhäuser [4]) dans lesquels le malade éprouve une sensation douloureuse de fatigue accompagnée d'un malaise général. La question de savoir si l'excitation constatée est provoquée par l'ondulation ou par un rayonnement critique doit être résolue en tout premier lieu par les physiologistes. Ce n'est qu'après que les fabricants de tubes luminescents pourront améliorer leurs produits suivant les directives données.

Les qualités positives des tubes luminescents: éclairement plus fort et plus régulier, abscence d'ombre et d'éblouissement, semblent, d'une manière générale, compenser largement les inconvénients signalés, à la condition, il est vrai, qu'on applique aussi aux installations de tubes luminescents les directives établies pour les installations de lampes à incandescence, en particulier celles tendant à empêcher l'éblouissement par réflexion. D'après les expériences que nous avons faites, les tubes luminescents, même ceux ayant la faible brillance de 0,3 stilb, placés à moins de 3 m de haut devraient toujours être montés dans des réflecteurs ou des diffuseurs n'ayant que des verres de dispersion latéraux, car les tubes nus placés dans le champ visuel des travailleurs les gênent considérablement par suite de *l'éblouissement ambiant*. Celui-ci est d'autant plus fort qu'est grand le con-

Fig. 2. Checkrevisorat. 1 Leuchtstoffröhre zu 100 Dlm je Arbeitsplatz. Farbe weiss, 3500° K, Diffusoren BAG, Beleuchtungsstärke 180—280 Lux am Arbeitsplatz, Gangmitte 60 Lux.

Bureau de révision des chèques. 1 lampe luminescente par place de travail, lumière blanche correspondant à 3500° K, diffuseurs BAG, éclairement: 180—280 Lux sur la place de travail et 60 Lux au milieu du passage.

Reflektoren- oder Diffusorenarmaturen mit nur seitlichen Streugläsern montiert werden, da im Blickfelde der Arbeitenden frei montierte Leuchtstoffröhren infolge der *Umfeldbeleuchtung* als störend empfunden werden. Diese ist um so stärker, je grösser der Kontrast zwischen Lichtquelle und ihrem Hintergrund ist, vom Standort des Arbeitenden aus gesehen.

Bei der *Bemessung der erforderlichen Beleuchtungsstärke* ist immer auch die Lichtfarbe in die Rechnung einzubeziehen. Soll z. B. das bläulichweisse, künstliche Tageslicht mit einer Farbtemperatur von 6000° K*) nicht als dämmerig oder „kalt" empfunden werden, so ist mit einer zwei- bis fünfmal grösseren Intensität als bei Glühlicht zu rechnen. Diese Feststellung dürfte vor allem die Elektrizitätswerke interessieren, die wegen des bessern Wirkungsgrades der neuen Lichtquelle einen Rückgang der Stromeinnahmen befürchten. Bei den vom Verfasser im Auftrage der Generaldirektion PTT projektierten Anlagen waren ausschliesslich lichttechnische Ueberlegungen massgebend. In den meisten Fällen wurde die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz, wie auch die Allgemeinbeleuchtung im Raume, ganz bedeutend, d. h. auf den drei- bis vierfachen Wert, erhöht. Auf eine grosse Benützungsdauer wurde mehr Wert gelegt als auf eine Senkung der Stromkosten schlechthin, denn gerade vom Nachtdienstpersonal wird die neue Beleuchtungsart am meisten geschätzt. Von verschiedenen Seiten wurde erklärt, dass die Ermüdungserscheinungen, die z. B. beim Postdienst unter den früheren Verhältnissen gelegentlich zu Fehlsortierungen geführt haben sollen, seltener geworden sind.

*) °K = Grad Kelvin, absolute Farbtemperatur des schwarzen Körpers. Farbtemperatur der gasgefüllten Glühlampen = etwa 2850° K, direktes Sonnenlicht = 5000° K, Tageslicht bei bedecktem Himmel = 6000° K, blaues Himmelslicht = 8000° K.

traste entre la source lumineuse et son fond considéré de l'endroit où se trouve l'observateur.

En déterminant l'éclairement nécessaire, on doit toujours tenir compte de la couleur de la lumière. Si l'on ne veut pas, par exemple, que la lumière du jour artificielle bleue-blanche à une température de couleur de 6000° K*) n'ait pas l'air crépusculaire ou „froide", il faut compter avec une intensité de 2 à 5 fois plus forte que pour les lampes à incandescence. Cette constatation intéresse avant tout les usines électriques qui craignaient que le meilleur rendement de la nouvelle source lumineuse n'entraîne une diminution de leurs recettes. Pour les installations dont nous avons dû établir les projets sur ordre de la direction générale de PTT, nous n'avons tenu compte exclusivement que de considérations photométriques. Dans la plupart des cas, l'éclairement tant localisé que général a été considérablement augmenté (3 à 4 fois). On ajouta plus de valeur à une longue durée d'utilisation qu'à une réduction des frais de courant, car c'est précisement le personnel du service de nuit qui utilise le plus et qui apprécie le plus le nouveau mode d'éclairage. De divers côtés on nous déclara, par exemple, que les signes de fatigue qui, dans les anciennes conditions, provoquaient à la poste des erreurs d'acheminement, étaient maintenant beaucoup moins fréquents.

En choisissant la couleur de la lumière, il faut en outre tenir compte du fait que l'œil voit encore plus ou moins „blanc" les petites variations aussi longtemps qu'il n'y a pas de point de repère permettant

*) °K = degrés Kelvin, température de couleur du noir absolu. Température de couleur des lampes à atmosphère gazeuse = 2850° K environ; lumière solaire directe = 5000° K; lumière du jour par ciel couvert = 6000° K; lumière par ciel bleu = 8000° K.

Bei der Wahl der Lichtfarbe ist sodann zu beachten, dass zwar das Auge kleinere Abweichungen noch als mehr oder weniger „weiss" empfindet, solange keine Anhaltspunkte da sind, die einen Vergleich ermöglichen. Sobald aber Lichtquellen verschiedener Farbtönung gleichzeitig oder auch nur nacheinander wahrgenommen werden, so treten die Unterschiede deutlich hervor. Es dauert jeweilen etwa 5 Minuten, bis sich das auf eine bestimmte Lichtfarbe eingestellte Auge an die neue Farbe gewöhnt hat.

Zubehör.

Ein nicht zu unterschätzender Nachteil ist ferner der, dass jede Niederdruck-Niederspannungs-Leuchtstoffröhre einen *Stabilisator* und ein *Zündgerät* notwendig macht. Aus Betriebskreisen wird gelegentlich die Frage gestellt, warum diese für jede einzelne Lampe nötig seien. Diese Frage ist seinerzeit von H. Kessler [5]) in einer ausführlichen Arbeit beantwortet worden. Wir wollen uns hier damit begnügen, im nachfolgenden die hauptsächlichsten Merkmale zusammenzufassen.

Bei der Herstellung der Leuchtstoffröhren ist immer mit gewissen Abweichungen zu rechnen, was zur Folge hat, dass die Fertigfabrikate voneinander verschiedene Kennlinien aufweisen. Ferner ist die Zündspannung bei den Gasentladungsröhren ganz allgemein höher als die Brennspannung, gemessen an den Klemmen des Entladungsrohrs. Von mehreren parallel geschalteten Lampen zündet als erste diejenige, die die geringste Zündspannung aufweist. Unmittelbar nach dem Zünden beginnt ein Strom zu fliessen, der ein sofortiges Absinken der Röhrenspannung zur Folge hat. Für die übrigen parallel geschalteten Lampen werden daher die Verhältnisse für die Zündung noch ungünstiger als für die erste, so dass mit der Zündung weiterer Lampen nicht zu rechnen ist. Dieses Verhalten der Gasentladungsröhre deutet bei une comparaison. Mais dès qu'il voit en même temps ou l'une après l'autre des sources lumineuses de diverses couleurs, il perçoit très bien les différences et il faut chaque fois environ 5 minutes pour que l'œil adapté à une certaine couleur de lumière s'habitue à la nouvelle couleur.

Accessoires.

Un autre désavantage, qui n'est pas à négliger, est le fait que chaque tube luminescent à faible pression et à basse tension exige un *stabilisateur* ainsi qu'un dispositif d'amorçage. Souvent les agents du service d'exploitation nous ont posé la question de savoir pourquoi chacune des lampes devait avoir ces accessoires. Dans un exposé détaillé, publié en son temps, H. Kessler [5]) répond à cette question. Nous nous contenterons d'en résumer l'essentiel. Lorsqu'on installe des tubes luminescents, il faut toujours compter avec certaines différences qui ont pour conséquence que les caractéristiques des produits fabriqués varient de l'un à l'autre. En outre, la tension d'amorçage des lampes à décharge est, d'une manière générale, plus élevée que la tension d'arc mesurée aux bornes du tube à décharge. Si plusieurs lampes sont raccordées en parallèle, la première qui s'allume est celle qui a la plus faible tension d'amorçage. Immédiatement après l'amorçage un courant commence à circuler et provoque une baisse immédiate de la tension du tube. En conséquence, les conditions requises pour l'amorçage des autres lampes raccordées en parallèle deviennent encore moins favorables qu'avant, de sorte qu'on ne peut pas compter sur l'allumage d'autres lampes. La manière de se comporter du tube à décharge attire déjà l'attention sur la caractéristique *négative* de sa résistance. Si le courant qui circule dans la lampe augmente, la force électromotrice opposée à la tension du réseau diminue, ce qui provoque une nouvelle augmentation de l'intensité du cou-

Fig. 3. Paketversand. 2 Leuchtstoffröhren zu 100 Dlm je Sortierstelle. Farbe Tageslicht, Reflektoren Esta, Beleuchtungsstärke 110—170 Lux.

Expédition des paquets. 2 lampes luminescentes de 100 Dlm par place de triage, couleur de la lumière du jour, réflecteurs Esta, éclairement: 100—170 Lux.

reits auf die bekannte *negative* Widerstandscharakteristik hin. Steigt der die Lampe durchfliessende Strom an, so sinkt die der Netzspannung entgegenwirkende elektromotorische Kraft ab, was ein weiteres Ansteigen der Stromstärke zur Folge hat. Daraus geht hervor, dass zur Begrenzung des Betriebsstromes auf einen für das Entladungsrohr erträglichen Wert, ein Stabilisator nötig ist.

Als solcher hat sich der *induktive* Widerstand (Drosselspule) am besten bewährt, und zwar weil er die Wiederzündung begünstigt. Dank der Phasenverschiebung zwischen Lampenstrom und Netzspannung wird die Zeit der Wiederzündung verkürzt und das Erlöschen verzögert, was zusammen eine Verminderung des stroboskopischen Effektes, hervorgerufen durch die frequenzabhängige Entladung, zur Folge hat.

Anderseits hat die Drosselspule naturgemäss eine Verschlechterung des Leistungsfaktors cos φ zur Folge, die sich zwar auf die Hausinstallation praktisch nicht auswirkt, weil der Betriebsstrom, dank der gegenüber normalen Glühlampen zweieinhalb mal günstigeren Lichtausbeute, unter der bisher gewohnten Stromstärke bleibt und Leitungsüberlastungen aus solcher Ursache nicht zu befürchten sind.

Es gibt aber Elektrizitätswerke, die die Phasenkompensation am einzelnen Verbraucher von 0,5 auf 0,8 oder noch mehr verlangen, während andere sich damit begnügen, den Leistungsfaktor der ganzen Anlage, genauer des ganzen Zählerstromkreises, vorzuschreiben. Vom Standpunkte des Elektrizitätswerkes aus betrachtet wäre also, statt mit einem induktiven, mit einem *kapazitiven* Stabilisator besser gedient. Allein, es hat sich in der Praxis gezeigt, dass die durch die Kondensatorentladung hervorgerufenen Stromstösse die Lebensdauer der Lampe nachteilig beeinflussen. [6])

Zündvorgang.

Eine weitere, aus Betriebskreisen oft gestellte Frage betrifft den Zündvorgang. Bei der etwa 95 cm langen Entladungssäule und einer Netzspannung von 220 V, 50 Hz muss die Entladung durch ein besonderes Zündgerät eingeleitet werden. Dieses Zündgerät besteht in der Regel aus einem Glimmrelais, bei dem eine Elektrode als Bimetallschalter ausgebildet ist. Beim Einschalten wickelt sich nun folgender Vorgang ab: Zunächst leuchtet das neongefüllte Röhrchen des Glimmrelais auf. Dabei erwärmt sich die Bimetallelektrode und schliesst durch Krümmung die Glimmentladung kurz. Nun fliesst ein verhältnismässig starker Strom durch die Elektroden der Leuchtstoffröhre, wodurch diese aufgeheizt und zur Elektronenemission angeregt werden. Das Kurzschliessen der Glimmentladung hat ein Erkalten des vorerwähnten Bimetallstreifens zur Folge, der in seine Ausgangslage zurückgeht. Dabei öffnet er den soeben geschlossenen Stromkreis wieder, so dass die in der Drosselspule zufolge plötzlicher Feldänderung entstehende Spannungswelle die Leuchtstoffröhre zum Entzünden bringt. Dieser Vorgang spielt sich innerhalb einer Sekunde ab. Fällt die Unterbrechung hinsichtlich der Phase ungünstig aus, so wiederholt das Glimmrelais das Schliessen und Oeffnen, bis die Zündung erfolgt. Bei verhältnismässig tiefer

rant. On constate donc que pour limiter le courant d'exploitation à une valeur supportable pour le tube à décharge, un stabilisateur est indispensable.

Comme tel, c'est la résistance *inductive* (bobine de self) qui rend les meilleurs services du fait qu'elle favorise le réamorçage. Grâce au décalage de phases entre le courant de la lampe et la tension du réseau, le temps qui s'écoule jusqu'au réamorçage se trouve réduit et l'extinction différée, phénomènes qui, ensemble, entraînent une diminution de l'effet stroboscopique provoqué par la décharge dépendant de la fréquence.

D'autre part, par sa nature même, la bobine de self diminue le facteur de puissance cos φ qui, à vrai dire, n'a pratiquement aucune influence dans les installations intérieures, du fait que le courant d'exploitation, grâce au coefficient d'efficacité 2,5 fois plus élevé que celui des lampes à incandescence normale, reste au-dessous de l'intensité habituelle et qu'ainsi aucune surcharge de ligne n'est à craindre.

Cependant, certaines usines électriques exigent pour chaque consommateur une compensation de phase de 0,5 à 0,8 ou davantage encore, tandis que d'autres se contentent de prescrire le facteur de puissance de toute l'installation ou plus précisément de tout le circuit du compteur. Du point de vue de l'usine électrique, un stabilisateur à résistance de *capacité* vaudrait mieux qu'un stabilisateur à résistance inductive. Mais on a constaté dans la pratique que les impulsions de courant engendrées par la décharge du condensateur avaient une influence défavorable sur la longévité des lampes. [6])

Amorçage des décharges.

Une autre question intéressant le personnel d'exploitation est celle de l'amorçage des décharges. Avec une colonne de décharge de 95 cm environ et une tension de réseau de 220 V, 50 Hz, la décharge doit être provoquée par un dispositif d'amorçage spécial. Ce dispositif se compose en règle générale d'une cartouche d'amorçage dont une des électrodes est un interrupteur bimétallique. A l'enclenchement, le petit tube, rempli de néon, de la cartouche d'amorçage s'allume, échauffant l'électrode bimétallique qui, en se courbant, court-circuite la décharge luminescente. Un courant relativement fort passe alors par les électrodes des tubes luminescents qui s'échauffent et commencent à émettre des électrons. Le court-circuitage de la décharge luminescente provoque un refroidissement de l'électrode bimétallique qui revient à sa position de repos en rouvrant le circuit qui venait de se fermer de sorte que la tension engendrée dans la bobine de self par la subite modification de champ allume le tube luminescent. Tout ce processus se déroule en une seconde. Si l'interruption tombe sur une phase défavorable, la cartouche d'amorçage répète l'opération de fermeture et d'ouverture du circuit jusqu'à ce que l'amorçage se fasse. Quand la température ambiante est relativement basse, l'amorçage dure un peu plus longtemps parce que le chauffage des électrodes à la température d'exploitation exige plus de temps. Les fabricants indiquent comme limite de température ambiante une température de $+ 5^0$ C.

Umgebungstemperatur dauert der Zündvorgang etwas länger, weil die Erwärmung der Elektroden auf die Betriebstemperatur mehr Zeit erfordert. Als tiefste zulässige Umgebungstemperatur wird von den Herstellern +5° C angegeben.

An Stelle des Glimmzünders kann grundsätzlich auch eine Resonanzschaltung für die Einleitung der Entladung dienen. Praktisch hat sie sich jedoch beim Betrieb mit der Netzfrequenz von 50 Hz nicht bewährt, weil die Einzelgeräte aufeinander abgestimmt sein müssen. Die minimale Betriebsspannung, an den Klemmen der Stromquelle gemessen, beträgt 140 Volt. Bei einer tieferen Spannung setzt die Entladung aus und kann nicht wieder zünden. Einer 5%igen Abweichung der Netzspannung vom Sollwert entspricht eine gleichsinnige Aenderung des Lichtstromes um rund 9%, gegenüber 20% bei der gasgefüllten Glühlampe. [7])

Lichtemission. [8])

Es würde zu weit führen, in dieser Arbeit, die ja vor allem dem Lichtverbraucher einen Ueberblick über die bisherige Entwicklung und die Zukunftsaussichten vermitteln will, auf die atomphysikalischen Vorgänge, die sich bei der Strahlungsumwandlung durch lumineszierende Stoffe abspielen, näher einzutreten. Allfällige Interessenten finden viel Wissenswertes in der unter [8]) zitierten Literatur.

Bei der Leuchtstoffröhre wirken zweierlei Lichtquellen: eine primäre und eine sekundäre. Die primäre Lichtquelle besteht in der elektrischen Entladung, wobei als übliche Gasfüllung Quecksilber und Argon verwendet werden. Der Betriebsdruck wird zu rund 100 mm Quecksilbersäule angegeben. Der ultrakurzwellige Strahlenanteil, der bei der Quecksilberdampfentladung besonders ausgeprägt ist, dient dazu, fluoreszierende, nachleuchtende Stoffe (Phosphore genannt) zum Leuchten anzuregen. Ihre Qualitäten sind gegeben durch die Intensität und den Wellenbereich von Erregung und Emission, dem energiemässigen Wirkungsgrad der Strahlungsumwandlung, der Intensität und der Dauer des Nachleuchtens. Die weissleuchtenden Phosphore sind temperaturempfindlich und können deshalb bei den Hochdruckentladungsröhren nicht Verwendung finden. Die in Niederdruck-Leuchtstoffröhren meistverwendeten Leuchtstoffe haben einen Wirkungsgrad von 0,6—0,9, vorausgesetzt, dass die Betriebstemperatur möglichst nahe bei 20 und bestimmt nicht über 50° C liegt. Für den Bau der Leuchtstoffröhren haben die Phosphore:

Cadmiumborat = rotleuchtend,
Willemit = grünleuchtend,
Magnesium-Wolframat = blauleuchtend,

eine besondere Bedeutung erlangt. [9]) Durch Mischung ist es möglich, innerhalb des durch die drei Farbwerte gebildeten Farbendreiecks [10]) jeden beliebigen Farbton zu erzielen. Die Lichtausbeute beträgt bei grün etwa 70, bei rot und blau etwa 35 lm/W, während sie bei der normalen Glühlampe nur etwa 10—15 lm/W erreicht. Sie ist temperaturabhängig. Bei einer Umgebungstemperatur von + 5° C ist der Lichtstrom 30%, die aufgenommene Leistung in Watt dagegen nur um 4% geringer als bei 18° C.

Pour provoquer la décharge, on peut aussi, en principe, utiliser à la place d'une cartouche d'amorçage un montage de résonance qui, cependant, n'a pas donné satisfaction dans la pratique avec une fréquence de réseau de 50 Hz du fait que les divers appareils doivent être accordés les uns sur les autres. La tension de service minimum mesurée aux bornes de la source de courant est de 140 V. Si la tension est plus basse, la décharge s'arrête et ne peut plus être réamorcée. Une variation de tension de réseau de 5% de sa valeur théorique correspond à une modification du courant de lumière d'environ 9%, dans le même sens, contre 20% pour les lampes à incandescence. [7])

Emission lumineuse. [8])

Cet article ayant plus spécialement pour but de donner au consommateur de lumière un aperçu du développement actuel des tubes luminescents et des perspectives d'avenir, cela nous conduirait trop loin d'entrer dans les détails des phénomènes physico-atomiques qui se déroulent lors de la transformation du rayonnement par les substances luminescentes. Les intéressés peuvent consulter avec profit les travaux indiqués sous [8]) dans la bibliographie.

Dans les tubes luminescents, deux sortes de sources lumineuses entrent en action: une primaire et une secondaire. La primaire est constituée par la décharge électrique, le gaz employé étant habituellement la vapeur de mercure et l'argon. La pression de service est indiquée par une colonne de mercure d'environ 100 mm. La partie des rayons à fréquences ultra-courtes, particulièrement prononcée avec la décharge dans la vapeur de mercure, sert à exciter les substances fluorescentes à persistance lumineuse (phosphores). Leurs qualités sont données par l'intensité et par la bande de fréquences utilisées pour l'excitation et l'émission, par l'efficacité lumineuse, dépendant de l'énergie, par la transformation du rayonnement, et par l'intensité et la durée de la persistance lumineuse. Les phosphores à luminescence blanche sont très sensibles à la température et ne peuvent pas, par conséquent, être utilisés pour les tubes à décharge sous forte pression. Les substances luminescentes employées pour les tubes à basse pression ont une efficacité lumineuse de 0,6—0,9 à condition que la température de service se maintienne aussi près que possible de 20° C et ne dépasse en aucun cas 50° C. Les phosphores les plus utilisés pour la construction des tubes luminescents sont:

le borate de cadmium = lumière rouge,
la millémite = lumière verte, et
le tungstate de magnésium = lumière bleue. [9])

Le mélange de ces trois substances permet de réaliser toutes les teintes comprises dans le triangle des couleurs formé par ces trois couleurs. [10]) Avec le vert, le coefficient d'efficacité est d'environ 70 lm/W, avec le rouge et le bleu d'environ 35 lm/W, tandis qu'il n'est que de 10—15 lm/W avec les lampes à incandescence ordinaires. Avec une température ambiante de + 5° C, le flux lumineux est de 30% plus faible qu'avec une température de 18° tandis que la puissance en watts ne diminue que de 4%.

Tafel I.

Die physikalischen Eigenschaften der Leuchtstoffröhre.

Farben	Tageslicht	Weiss	Warmweiss
Lichtstrom, Anfangswert nach 200 Brennstunden	1000	1150	ca. 1000 lm
Lichtausbeute, Stabilisatorverluste inbegriffen	36	41	36 lm/W
Mittlere Leuchtdichte	0,3 sb		
Netzspannung	210—230 V, 50 Hz.		
Kühlung	natürliche in Luft		
Aufgenommene Leistung, einschliesslich Stabilisator	28 W		
Dampfdruck im Beharrungszustand etwa	100 mm Hg		
Betriebsstrom	0,25 A		
Anheizstrom der Glühkathoden	0,50 A		
Brennspannung am Entladungsrohr	105 V		
Abreiss-Spannung (Netz)	140 V		
Garantierte Lebensdauer bei Spannungsschwankungen ± 3%	2000 Std.		
Länge der Entladungssäule	ca. 950 mm		
Durchmesser des Entladungsrohres, aussen	35 mm		
Grösste Länge, einschliesslich Steckvorrichtung	998 ± 2 mm		
Tiefste zulässige Umgebungstemperatur	+ 5° C		
Sockelart	speziell		
Kondensator zur Kompensation auf cos φ 0,8	2 μ F		
idem, auf cos φ 0,9	2,5 μ F		
Brennlage	beliebig		

Tafel II.

Korrekturfaktoren für Sperrschichtzellen-Luxmeter zur Messung von Fluoreszenzbeleuchtungen (ohne Filter), nach Heinz Haussner, New York.)*

Lichtquelle:		Korrekturfaktor:
Glühlampe 2700° K		1,00
Neonlampe		0,60
Hg-Dampf-Hochdrucklampe		1,15
Hg-Dampf-Niederdrucklampe		0,84
Natrium-Dampflampe		1,60
Fluoreszenzlampen:	Tageslicht 6500° K	0,90
	weiss 3500° K	1,00
	grün	1,20
	blau	0,53
	rosa	0,93
	gold	1,20
	rot	0,66

Entwicklungsaussichten der Leuchtstoffröhre in Europa.

In bezug auf die Leuchtstoffröhren hat das Jahr 1944 zwei Ueberraschungen gebracht. Die Lieferungen haben allmählich aufgehört und, als sozusagen keine mehr erhältlich waren, wurde der Einzelpreis von 40 auf 28.50 SFr. herabgesetzt. Der gegenwärtige Stillstand ist aber bestimmt nur kriegsbedingt, denn alles deutet auf eine grosse, nach Kriegsende zu erwartende Entwicklung hin.

Betrachten wir einmal die Verbreitung, die die Leuchtstoffröhre in den *Vereinigten Staaten von Amerika* gefunden hat. Nach einem im Juni 1941 in der Zeitschrift „Electrical Engineering“ [11]) veröffentlichten Berichte über eine zu Beginn des genannten Jahres veranstaltete Tagung über Fluoreszenz-Beleuchtung sind in den USA im Jahre 1940, d. h. im dritten Jahre nach der Freigabe für die

*) Bulletin SEV Nr. 15, 1941, S. 355.

Tableau I.

Propriétés physiques des tubes luminescents.

Couleurs	lumière du jour	blanc	blanc-chaud
Flux lumineux, valeur initiale après 200 heures d'emploi	1000	1150	environ 1000 lm
Coefficient d'efficacité, compte tenu des pertes dans le stabilisateur	36	41	36 lm/W
Brillance moyenne	0,3 sb		
Tension du réseau	210—230 V, 50 Hz		
Refroidissement	naturel dans l'air		
Puissance fournie, compte tenu du stabilisateur	28 W		
Tension de vapeur à l'état stationnaire	100 mm Hg		
Courant d'exploitation	0,25 A		
Courant de chauffage des cathodes luminescentes	0,50 A		
Tension d'arc au tube à décharge	105 V		
Tension de rupture (réseau)	140 V		
Longévité garantie avec des fluctuations de tension de ± 3%	2000 heures		
Colonne de décharge	950 mm		
Diamètre extérieur du tube à décharge	35 mm		
Longueur maximum y compris les prises de courant	998 ± 2 mm		
Température ambiante minimum tolérée	+ 5 °C		
Genre de socle	spécial		
Condensateur de compensation sur cos φ 0,8	2 μ F		
idem sur cos φ 0,9	2,5 μ F		
Position	à volonté		

Tableau II.

Coefficient de correction pour luxmètre à cellules isolantes servant aux mesures d'éclairage luminescent (sans filtre) selon Heinz Haussner, New York.)*

Source lumineuse:		Coefficient de correction
Lampe à incandescence 2700 °K		1,00
Lampe au néon		0,60
Lampe à vapeur de mercure à forte pression		1,15
Lampe à vapeur de mercure à faible pression		0,84
Lampe à vapeur de sodium		1,60
Lampe luminescente:	lumière du jour 6500 °K	0,90
	blanc 3500 °K	1,00
	vert	1,20
	bleu	0,53
	rose	0,93
	or	1,20
	rouge	0,66

Quelles sont les perspectives de développement des tubes luminescents en Europe?

Dans le domaine des tubes luminescents, l'année 1944 nous a apporté deux surprises. Tandis que les livraisons furent peu à peu suspendues et qu'il n'est pratiquement plus possible de rien obtenir, les prix ont baissé de 40 à 28 fr. 50 suisses. La stagnation actuelle est indubitablement due à la guerre et tout laisse prévoir qu'à la fin des hostilités, les tubes luminescents bénéficieront d'une faveur accrue.

Considérons la grande popularité dont jouissent les tubes luminescents aux *Etats-Unis d'Amérique*, pays également très développé au point de vue technique et qui a eu le privilège de vivre en paix plus longtemps que l'Europe. Selon un rapport publié

*) Bulletin SEV N° 15, 1941, page 355.

praktische Verwendung, ungefähr 9 Millionen Leuchtstoffröhren verkauft worden. Für das Jahr 1941 rechneten die Sachverständigen bereits mit einem Verkauf von 20—25 Millionen Stück. Das Fabrikationsprogramm umfasste am 1. März acht verschiedene Leistungsstufen, nämlich 6, 8, 15, 20, 30, 40, 65 und 100 Watt. Die Rohrdurchmesser sind wie folgt abgestuft: $^5/_8$, 1, $1\frac{1}{2}$ und 2″; die Längen, einschliesslich die beidseitige Steckvorrichtung: 9, 12, 15, 18, 24, 36, 48 und 60″.*) Die kleinsten Modelle zu 6 und 8 W und einer Länge von 9 bzw. 12″, sowie das grösste mit 100 W und 60″ Länge, werden nur in den Farben weiss und Tageslicht hergestellt. Im Jahre 1940 entfielen von 100 verkauften Röhren deren

49	auf	Modelle	zu	40 W	mit	einer	Länge	von 48″
23	„	„	„	20 W	„	„	„	„ 24″
17	„	„	„	15 W	„	„	„	„ 18″
10	„	„	„	30 W	„	„	„	„ 36″
1	„	„	„	100 W	„	„	„	„ 60″

Das letztgenannte Rohr kam erst im Herbst 1940 auf den Markt; ein Vergleich seiner Verbreitung mit den übrigen ist daher nicht ohne weiteres möglich. Die gangbarsten Modelle werden, ausser in den Hauptfarben weiss und Tageslicht, auch in den Farben rot, blau, rosa, gold und grün hergestellt. Das Verlangen nach farbigem Licht ist aber auch in den USA nicht sehr gross. Von 100 verkauften Röhren entfielen im Jahre 1940 deren:

52 auf die Lichtfarbe weiss,
43 auf die Lichtfarbe Tageslicht, und nur
5 auf andere Farben (rot, blau, rosa, gold, grün).

Auch die Vorschaltgeräte haben in den USA im Laufe der ersten Jahre eine beachtenswerte Entwicklung durchgemacht. So wurde schon im Jahre 1939 *das Zündgerät vom Stabilisator* getrennt. Diese Tatsache ist besonders deshalb interessant, weil in Europa ähnliche Bestrebungen bestehen. Die Trennung von Stabilisator und Zündgerät bietet dem Konstrukteur grössere Freiheit in der Unterbringung der Drosselspule. Es ist z. B. denkbar, dass die verhältnismässig schwere Drosselspule in vielen Fällen mit der Aufhängevorrichtung vereinigt werden kann, während das Zündgerät, als ein der Abnützung unterworfener Bestandteil, wie das Entladungsrohr, leicht zugänglich sein muss. Beachtenswert ist ferner, dass im Jahre 1941 in den USA etwa 80% der verkauften Stabilisatoren sogenannte Zweiröhren-Stabilisatoren waren.**) Einrohr-Stabilisatoren wurden sozusagen nur noch verkauft, wo einzelne Lampen installiert wurden, oder wenn die Zahl der Lampen eine ungerade war. Neben dem bei uns ausschliesslich angewendeten Glimmrelais scheint in den USA seit dem Jahre 1940 noch eine weitere Art Zündgerät in Form eines rein thermischen Schalters, ohne Glimmröhrchen, entwickelt worden zu sein. Als Radiostörschutz wird ein an den Netzanschlussklemmen angeschlossener Kondensator angegeben, während die in Europa meistverbreitete Schaltung den Kondensator an den Klemmen des Glimmrelais vorsieht (Fig. 4).

*) 1″ = 1 inch = 25,4 mm.

**) Es scheint sich hier um das von Jacques Loeb, Genf, neulich vorgeschlagene Prinzip zur Verminderung des Flimmereffektes zu handeln. Siehe Literaturnachweis 3).

en juin 1941, dans la revue „Electrical Engineering“ [11]) sur la réunion des intéressés à l'éclairage luminescent qui eut lieu au début de la même année, on a vendu en USA, pendant l'année 1940, c'est-à-dire trois ans après que leur utilisation pratique soit entrée dans le domaine public, environ 9 millions de tubes luminescents. Les connaisseurs estimaient qu'en 1941 il s'en vendrait 20—25 millions. Le programme de fabrication comprenait, le 1er mars 1941, huit puissances diverses soit 6, 8, 15, 20, 30, 40, 65 et 100 W. Les diamètres des lampes sont les suivants: $^5/_8$, 1, $1\frac{1}{2}$, et 2″ et les longueurs, y compris les deux prises de courant: 9, 12, 15, 18, 24, 36, 48 et 60″.*) Les plus petits modèles de 6 et 8 W et de 9 et 12″ de long, ainsi que les plus gros de 100 W et de 60″ de longueur ne sont fabriqués qu'en couleur blanche et lumière du jour. En 1940, sur 100 tubes vendus, il y avait:

49	modèles	de	40 W	et	de	48″	de	long,
23	„	„	20 W	„	„	24″	„	„
17	„	„	15 W	„	„	18″	„	„
10	„	„	30 W	„	„	36″	„	„
1	„	„	100 W	„	„	60″	„	„

Le dernier modèle ne fit son apparition sur le marché qu'en automne 1940; on ne peut donc pas comparer sans autre son développement avec celui des autres tubes. Les modèles les plus courants sont fabriqués non seulement dans les principales couleurs: le blanc et la lumière du jour, mais aussi en rouge, bleu, rose, or et vert. Cependant, en USA non plus, la lumière de couleur n'est pas beaucoup demandée. Sur 100 tubes vendus en 1940 il y en avait

52 pour la lumière de couleur blanche,
43 pour la lumière de couleur lumière du jour, et seulement
5 pour la lumière d'autres couleurs (rouge, bleu, rose, or, vert).

Les appareillages auxiliaires, eux aussi, ont pris en USA, au cours de la première année, un remarquable développement. C'est ainsi qu'en 1939 déjà, on sépara le *dispositif d'amorçage du stabilisateur*, fait intéressant puisqu'on s'efforce d'en faire autant en Europe. La séparation du stabilisateur et du dispositif d'amorçage donne au constructeur une plus grande latitude pour le montage de la bobine de self. On sait, par exemple, que dans beaucoup de cas la bobine de self, qui est relativement lourde, peut être montée avec le dispositif de suspension, tandis que le dispositif d'amorçage, soumis à usure, doit être facilement accessible comme le tube de décharge. Il faut relever en outre que 80% environ des stabilisateurs vendus en USA en 1941 étaient des stabilisateurs à deux tubes.**) Les stabilisateurs à simple tube ne sont pour ainsi dire plus vendus que pour les installations comportant une seule lampe ou un nombre impair de lampes. En plus de la cartouche d'amorçage utilisée chez nous à l'exclusion de toute autre, il semble que, depuis 1940, on utilise en USA un autre dispositif d'amorçage ayant la forme d'un

*) 1″ = 1 inch ou 1 pouce = 25,4 mm.

**) Il s'agit là probablement du principe préconisé également par Jacques Loeb, Genève, pour réduire le papillotement des lampes à décharge; voir note 3).

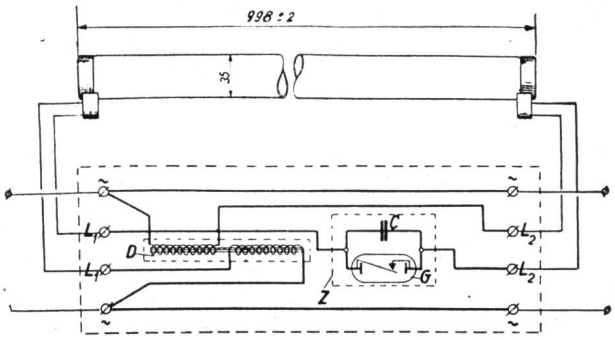

Fig. 4. Verbindungsschema einer Leuchtstoffröhre mit Stabilisator und Zündgerät.

D = Stabilisator (Drosselspule) Z = Zündgerät
C = Kondensator G = Glimmrelais

Schéma des connexions d'une lampe luminescente avec stabilisateur et dispositif d'amorçage.

D = Réactance Z = Dispositif d'amorçage
C = Condensateur G = Cartouche d'amorçage

Der *Lichtstrom* der in den USA *nach der Leistungsaufnahme* (Watt) abgestuften Leuchtröhren variiert nach der Lampengrösse und der Lichtfarbe. Die Lichtausbeute bewegt sich in der Grössenordnung von

Tafel III.

Aufgenommene Leistung	15 W	20 W	30 W
Leuchtfarbe:		Lumen/Watt:	
grün	60	65	75
weiss 3500° K	41	45	48
Tageslicht	33	36	40
warmweiss	29	32	35
gold	25	27	31
blau	31	23	26
rosa	20	22	25
rot	3	3	4

Auch in den USA wurden die Preise der Leuchtstoffröhren in den ersten Jahren mehrmals, und zwar innerhalb von zwei Jahren um insgesamt 35%, herabgesetzt. Die niedrigen Verkaufspreise, die erhöhte Lebensdauer und die günstige Lichtausbeute der Röhren hatten zur Folge, dass der Lichtverbraucher im Jahre 1941 für jeden Dollar siebenmal mehr Lumenstunden kaufen konnte als noch im Jahre 1938. Eine 15-W/40-Dlm-Röhre, weiss oder Tageslicht, kostete 1941 im Einzelverkauf weniger als einen Dollar.

Eine 400-Hz-Leuchtstoff-Entladungsröhre für Fahrzeuge.

Eine in Europa wohl noch wenig bekannte Anwendung der Leuchtstoffröhre ist die Innenbeleuchtung von Fahrzeugen mit eigener Stromquelle. In den USA werden Leuchtstoffröhren schon seit dem Jahre 1941 [12]) mit Erfolg zur Innenbeleuchtung von Flugzeugen verwendet, wo sie an die 400-Hz, 3 × 120/69-V-Stromerzeuger angeschlossen sind. Die höhere Frequenz erlaubt die Anwendung der bei 50 Hz nicht verwendbaren *Resonanzzündung*. (Vergleiche Abschnitt „Zündvorgang", S. 108). Mit Hilfe eines zu der Entladungssäule parallel liegenden Kondensators wird ein Schwingkreis gebildet (Fig. 5), der sowohl die für das Anheizen der Elektroden nötige Stromstärke, als auch die für die Zündung erforderliche Spannung, die erheblich über der Klemmenspannung der Stromquelle liegen kann, *ohne* die Verwendung simple commutateur thermique (sans le petit tube au néon). Comme dispositif antiperturbateur de radio, il est question d'un condensateur relié aux bornes de raccordement du réseau, tandis qu'en Europe, le montage le plus usuel prévoit le raccordement du condensateur aux bornes de la cartouche d'amorçage (voir fig. 4).

Le flux lumineux des tubes luminescents gradués en USA *suivant la puissance fournie* (watts) varie selon la grandeur de la lampe et la couleur de la lumière. Le tableau suivant indique les coefficients d'efficacité.

Tableau III.

Puissance fournie	15 W	20 W	30 W
Couleur de la lumière		Lumen/Watt	
vert	60	65	75
blanc 3500° K	41	45	48
lumière du jour	33	36	40
blanc chaud	29	32	35
or	25	27	31
bleu	31	23	26
rose	20	22	25
rouge	3	3	4

En USA également, les prix des tubes luminescents ont été abaissés à plusieurs reprises au cours des premières années, soit en tout de 35% dans l'espace de 2 ans. La réduction des prix de vente alliée à une augmentation de la longévité et à une amélioration du coefficient d'efficacité ont eu pour conséquence que, pour chaque dollar, le consommateur de lumière pouvait acheter, en 1941, sept fois plus de lumens-heure qu'en 1938. Un tube de 15 W/40 Dlm, blanc ou lumière du jour, coûtait au détail, en 1941, un peu moins d'un dollar.

Un tube luminescent à 400 Hz pour véhicules.

L'emploi de tubes luminescents pour l'éclairage intérieur des véhicules par une source de courant propre est encore peu connu en Europe. En USA, les tubes luminescents sont déjà utilisés avec succès depuis 1941 [12]) pour l'éclairage intérieur des avions, où ils sont raccordés à la dynamo génératrice de 400 Hz, 3 × 120/69 V. La fréquence élevée permet d'avoir recours à *l'amorçage par résonance* inapplicable avec une fréquence de 50 Hz (voir chapitre „Amorçage des décharges", page 108). Un condensateur branché en parallèle sur la colonne de décharge permet de former un circuit oscillant d'après la figure 5 qui fournit, *sans* l'aide d'une cartouche d'amorçage, aussi bien l'intensité de courant nécessaire pour chauffer les électrodes que la tension indispensable pour l'amorçage, tension qui peut être sensiblement plus élevée que la tension aux bornes. Selon Hays, ce montage permet d'amorcer des tubes luminescents à une fréquence de 400 Hz même avec une tension d'alternateur de 40 V seulement alors qu'à la fréquence de 60 Hz une tension de réseau d'au moins 1,5 fois la tension des lampes est indispensable pour avoir un service impeccable. Nous manquons malheureusement de renseignements sur le type de tubes employé. Les tubes luminescents d'une puissance de 6 à 20 watts, usuels en USA, ont une tension d'arc de 41 à 62 V.

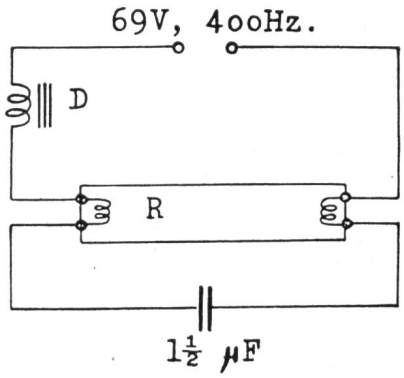

Fig. 5. Prinzipschema für Resonanzzündung.
Schéma de principe de l'amorçage par résonance.
D = Drosselspule — Réactance
R = Leuchtstoffröhre — lampe luminescente

eines Glimmrelais liefert. Mit dieser Schaltung können, nach Hays, bei der Frequenz 400 Hz Leuchtstoffröhren sogar mit nur 40-V-Generatorspannung gezündet werden, während bei 60-Hz-Betrieb eine Netzspannung von wenigstens dem anderthalbfachen Wert der Lampenspannung für den einwandfreien Betrieb unerlässlich ist. Leider fehlen die Angaben über den verwendeten Röhrentyp. Die in den USA handelsüblichen Leuchtstoffröhren mit einer Leistungsaufnahme zwischen 6 und 20 Watt haben eine Brennspannung zwischen 41 und 62 Volt.

Die Vorteile des Betriebes mit höherer Frequenz sind: noch grössere Lichtausbeute, günstigerer Leistungsfaktor, schwächeres Flimmern, einfache Zusatzgeräte ohne der Abnützung ausgesetzte bewegliche Teile oder Kontakte (Fig. 6).

Im *Bahnpostdienst*, wo nachts wie tags anstrengende Seharbeit geleistet wird, liegt nach der Meinung des Verfassers ein interessantes Anwendungsgebiet für eine 15-W, 400-Hz, tageslichtähnliche Leuchtstoffröhre vor. Auch Hays bezeichnet die 400-Hz-Leuchtstoffröhre als für die Fahrzeuge geeignete Lichtquelle und vertritt darüber hinaus die Meinung, dass die erwähnten Vorteile unter Umständen sogar die Einrichtung von Frequenzumformern bei ortsfesten Anlagen rechtfertigen.

L'exploitation à haute fréquence offre les avantages suivants: coefficient d'efficacité encore plus élevé, meilleur facteur de puissance, papillotement plus faible, dispositif auxiliaire simplifié et suppression de l'usure à laquelle sont exposés les parties mobiles et les contacts. (Fig. 6).

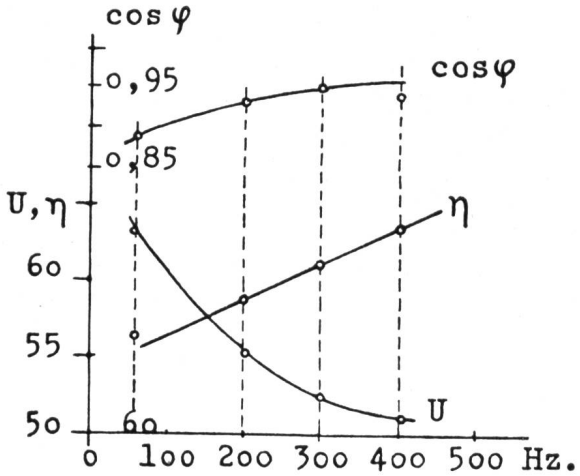

Fig. 6. Brennspannung U an den Klemmen des Entladungsrohres, Wirkungsgrad η (lm/W) und Leistungsfaktor (cos φ) einer Leuchtstoffröhre in Funktion der Frequenz.
Influence de la fréquence sur la tension de service U aux bornes du tube et sur le rendement η (lm/W) d'une lampe luminescente.

Le *service des ambulants*, où l'on doit fournir jour et nuit un travail épuisant pour les yeux, serait, selon nous, un domaine où il serait intéressant d'appliquer un éclairage par tubes luminescents 15 W, 400 Hz, fournissant une lumière analogue à la lumière du jour. Hays aussi estime que le tube à 400 Hz est la source lumineuse la plus indiquée pour les véhicules; il est en outre d'avis que, suivant les circonstances, ses avantages justifieraient l'établissement de transformateurs de fréquences dans les installations fixes.

Bibliographie.

1) *Diggelmann, E.* Die neuzeitlichen Metalldampflampen vom Standpunkt des Lichtverbrauchers aus betrachtet. Techn. Mitt." Schweiz. Telegr.- u. Teleph.-Verw., 1941, Nr. 3, S. 81.
2) *Uytenhoeven, W. u. G. Zecher.* Niederdruck-Quecksilberentladung in lumineszierenden Röhren. Philips techn. Rdsch., 1938, Nr. 9, S. 277.
Uytenhoeven, W. et G. Zecher. Décharge dans le mercure à faible pression avec paroi luminescente. Rev. techn. Philips 1938, N° 9, p. 277.
3) *Loeb, Jacques.* Etude d'un montage réduisant le papillotement des lampes à décharge. Bull. Ass. suisse Electr., 1944, N° 5, p. 111.
Högger, D. Das Flimmern bewegter Teile im Lichte diskontinuierlich betriebener Gasentladungslampen und seine Bedeutung bei der Beleuchtung von Fabrikräumen. Bull. Schweiz. elektrotechn. Ver., 1944, Nr. 4, S. 90.
4) *Birkhäuser, R.* Vergleichende Untersuchungen physiologisch-optischer Eigenschaften von bekannten Lichtquellen. Bull. Schweiz. elektrotechn. Ver., 1944, Nr. 17, S. 471.
5) *Kessler, H.* Warum für jede Gasentladungslampe ein einziges Vorschaltgerät notwendig ist? Schweiz. techn. Z., 1941, Nr. 5, S. 59.
6) *Kessler, H.* Stabilisierung der Gasentladungslampen. Schweiz. techn. Z., 1941, Nr. 5, S. 57.
7) *Rüttenauer, A. u. E. Summerer.* Die neue Leuchtstofflampe, ihre Eigenschaften und grundsätzliche Anwendung. Licht, 1941, Nr. 1, S. 10.
8) *Kröger, F. A.* Lumineszierende Stoffe. Philips techn. Rdsch. 1941, Nr. 12, S. 353 (mit weiteren Literaturangaben). Siehe auch unter 2).
Kröger F. A. Substances luminescentes. Rev. techn. Philips 1941, N° 12, p. 349 (suivi d'une abondante bibliographie). Voir aussi sous 2).
9) *Kruithof, A. A.* Röhrenlampen mit Leuchtstoffen für allgemeine Beleuchtungszwecke. Philips techn. Rdsch., 1941, Nr. 3, S. 65.
Kruithof, A. A. Lampes tubulaires luminescentes pour buts d'éclairage généraux. Rev. techn. Philips 1941, N° 3 p. 65.
10) *Deutsche Lichttechnische Gesellschaft.* Bewertung und Messung von Farben. Normblatt DIN 5033.
11) *Cleaver, O. P.* Fluorescent lighting advances. Electrical Engineering, 1941, June, p. 261.
12) *Hays, R. F.* High Frequency adapts fluorescent lamps to aircraft. Electrical Engineering, 1941, November, p. 539.