

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 37 (1946)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Moderne und künftige Lichtquellen  
**Autor:** Guanter, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061084>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 03.04.2025

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

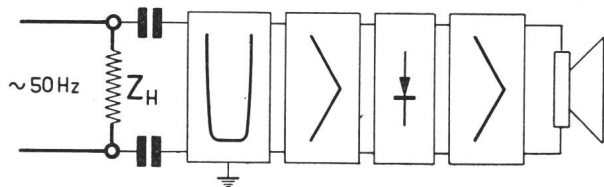


Fig. 13.  
Kontrollgerät

und zuverlässig feststellen zu können, ob es auch tatsächlich störfähig ist. Hierbei kann man natürlich verschiedene Wege beschreiten. Ein besonders

einfaches Verfahren stützt sich auf den durch die pulsierende Ummagnetisierung hervorgerufenen Barkhausen-Effekt. Dadurch entsteht nämlich unter den vorliegenden Betriebsbedingungen an den Klemmen des Heizelementes eine Rauschspannung, die z. B. im Langwellenbereich mit dem gewöhnlichen Rundspruchempfänger noch leicht nachweisbar ist (Fig. 13).

Adresse der Autoren:

Dr. W. Gerber und A. Werthmüller, Forschungsabteilung der Generaldirektion PTT, Bern.

## Moderne und künftige Lichtquellen

Vortrag, gehalten an der Beleuchtungstagung des SEV vom 22. November 1945 in Bern,  
von J. Guanter, Zürich

Der Autor wirft einen Rückblick auf die Entwicklung der Glühlampen und beschreibt Mittel und Wege, die Lichtausbeute weiter zu verbessern. Eine wesentliche Steigerung der heutigen Werte ist mit den bisher bekannten Leuchtdrahtmaterialien nicht zu erwarten. Wesentlich höher liegt der Ausnützunggrad der elektrischen Energie bei den Entladungslampen, von denen die Niederdruck-Quecksilberdampflampen mit Leuchtstoffen (Fluoreszenzlampen) eingehender Betrachtung unterzogen werden. Die neuesten Produkte der amerikanischen, englischen und schwedischen Industrie werden erwähnt und deren Ausführung, die eine gewisse Normung anstrebt, beschrieben. Auf dem Gebiete der Zusatzgeräte wird auch ein neues Schweizerprodukt genannt. Zum Schluss ist noch die Rede von einer Quecksilber-Hochdrucklampe und der Entwicklung anderer neuer Lichtquellen in den grossen Lampenfabriken des Auslandes.

Es ist interessant und wertvoll, von Zeit zu Zeit einen Rückblick auf den Werdegang eines technischen Gebietes zu tun, um daraus Folgerungen für eine weitere Entwicklung zu ziehen. Auf dem Gebiet der Beleuchtung, das wegen seiner Verquickung mit allen technischen und wirtschaftlichen Belangen unseres Lebens jedermann angeht, ist die Frage: Wohin mit der Entwicklung? immer aktuell. Es ist allerdings nicht besonders günstig, diese Frage jetzt zu beantworten; denn die eben abgelaufene Epoche der Kriegsproduktion hat die wissenschaftliche Forschung auf ihre besondere Weise gesteuert, sodass begonnene Arbeiten auf dem Gebiete der Lichttechnik unterbrochen wurden oder nur langsam gefördert werden konnten. Doch schon sind die Forschungen wieder aufgenommen worden, und es künden sich neue Lichtquellen an, die sicher auch bald bei uns Eingang finden werden. Die folgende Uebersicht befasst sich mit Lampen, die z. T. schon bekannt sind, und mit einigen Aussichten in der Herstellung von Lichtquellen, wobei zwischen Glühlampen und Quecksilber-Entladungslampen zu unterscheiden ist.

### I. Glühlampen

Die Glühlampe ist seit ihrer Erfindung stets Gegenstand intensiver technischer und wissenschaftlicher Forschungen gewesen; die entscheidenden Marksteine ihrer Vervollkommnung heissen: Wolfram, Gasfüllung und Wendel. Seitdem der Physiker

Rétrospective du développement des lampes à incandescence et description des moyens aptes à améliorer toujours plus leur coefficient d'efficacité. Les matières utilisées jusqu'ici pour le filament incandescent ne permettent guère d'augmenter les valeurs actuelles. Le rendement de l'énergie électrique est sensiblement plus élevé dans le cas des lampes à décharge. M. Guanter traite en détail des lampes à vapeur de mercure à basse pression avec matière luminescente (lampes fluorescentes). Il mentionne également les modèles les plus récents de l'industrie américaine, anglaise et suédoise et décrit leur exécution, qui a tendance à se normaliser. Parmi les appareils auxiliaires, il signale notamment un nouveau produit suisse. Il termine son exposé en parlant d'une lampe à vapeur de mercure à très haute pression et du développement d'autres nouvelles sources lumineuses dans les grandes fabriques de lampes de l'étranger.

Lummer<sup>1)</sup> die Gesetzmässigkeiten der Strahlung des schwarzen Körpers erkannte, sind auch die Grenzen des Temperaturstrahlers klar, und es hat nicht an der Ausdauer der Forscher vieler Länder gefehlt, die Spanne zwischen dem Erreichten und dem Möglichen zu verkleinern. Die Möglichkeit, die Lichtausbeute der Glühlampe zu erhöhen und eine bessere Angleichung ihrer Lichtfarbe an das natürliche Licht zu erreichen, wurde zuerst mit dem Material des Glühdrahtes versucht. Heute verwendet man Wolfram mit einer Schmelztemperatur von 3660° K; die Betriebstemperatur liegt je nach dem Lampentyp zwischen 2700 und 3000° K und der visuelle Nutzeffekt oder der Wirkungsgrad bei ungefähr 5% der aufgewendeten Leistung.

Es gibt Stoffe<sup>2)</sup>, die höher als Wolfram erhitzt werden können und erst bei 4000° K und darüber schmelzen, so dass der visuelle Nutzeffekt auf etwa 8% erhöht würde. Diese Verbindungen (Tab. I) lassen sich sehr schlecht zu Drähten verarbeiten und haben ausserdem eine schnelle Verdampfungsgeschwindigkeit, so dass man sie gleichwohl nicht höher erhitzen dürfte als Wolfram. Deswegen wurde in anderer Weise versucht, die Lichtausbeute zu

<sup>1)</sup> Otto Lummer: Grundlagen, Ziele und Grenzen der Leuchttechnik. München und Berlin, Verlag R. Oldenbourg, 1918.

<sup>2)</sup> Pirani und Summerer: Physikalische Energiebilanz — technische Ausnutzung und Bewertung unserer Lichtquellen. Die Lichttechnik Bd. 13(1936), S. 1.

verbessern, ohne dabei die Lebensdauer zu verringern.

Smelzpunkte hochschmelzender Verbindungen  
Tabelle I

| Verbindung              | Schmelzpunkt °K |
|-------------------------|-----------------|
| Titankarbid . . . . .   | 3410            |
| Zirkonkarbid . . . . .  | 3805            |
| Tantalkarbid . . . . .  | 4150            |
| Hafniumkarbid . . . . . | 4160            |

} ± 30°

Bekanntlich gelingt dies mit der Gasfüllung der Glühlampen, und zwar, weil sie die Verdampfungsgeschwindigkeit des Wolframs gegenüber luftleeren Lampen reduziert. Oosterhuis<sup>3)</sup> und Fonda<sup>4)</sup> haben gefunden, dass die Verdampfung um so geringer wird, je schwerer ein Füllgas ist, so dass die Betriebstemperatur des Wolframdrahtes erhöht werden darf. Natürlich kann sich diese Eigenschaft nur dann günstig auswirken, wenn die Wärmeleitfähigkeit der Gase möglichst klein ist und diese das Wolfram nicht angreifen. Zum Glück trifft die Tatsache zu, dass die Wärmeleitfähigkeit der geeigneten Füllgase mit zunehmendem Molekulargewicht abnimmt. Deshalb wurde die erst aus Stickstoff bestehende Füllung bald durch Argon ersetzt, und im Jahre 1936 kam die Verwendung von Krypton auf. Fonda<sup>5)</sup> fand als weitere Eigenschaft, dass der sog. tödliche Gewichtsverlust des Wolframs mit dem Molekulargewicht des Füllgases ansteigt; es muss demnach bei schwereren Gasen mehr Wolfram verdampfen, bis der Leuchtdraht durchschmilzt, was eine weitere Erhöhung der Temperatur zulässt.

Bei der Fabrikation der Kryptonlampe können die theoretisch möglichen Verbesserungen allerdings nicht voll ausgenützt werden, was vor allem durch den hohen Preis des Kryptions bedingt ist, das in der Atmosphäre mit einem Anteil von nur 1,5 Liter auf eine Million Liter Luft vorkommt, und dessen industrielle Gewinnung sehr teuer ist. Man ist deswegen gezwungen, kleinere Kolben als für Lampen mit Argonfüllung zu wählen, so dass der Leuchtkörper sehr dicht am Kolben liegt, was einen höheren Lichtverlust zur Folge hat. Weil Krypton, wie übrigens auch Argon, eine viel bessere elektrische Leitfähigkeit als Stickstoff aufweist, besteht Kurzschlussgefahr, die man mit einem Zusatz von Stick-

stoff verringert, was einen weiteren Verlust bedingt. Trotz diesen Einbussen ist, wie Tab. II zeigt, die Anfangslichtausbeute der Kryptonlampen von 40...150 Dlm um 6...9 % höher als bei den Glühlampen mit Argonfüllung. Hinsichtlich des praktischen Gebrauchs der Kryptonlampen sind noch zwei Gesichtspunkte anzuführen: Die nur um 15...30° gesteigerte Betriebstemperatur vermag einen merklichen Lichtfarbenunterschied hauptsächlich bei der 25-Dlm-Lampe zu bewirken, weil die gewöhnliche für 220 V aus Wirtschaftlichkeitsgründen luftleer hergestellt wird. Ferner gestatten die kleineren Kolben, die Kryptonlampen in Schirmen und Reflektoren geringerer Abmessungen unterzubringen.

Der technischen Genauigkeit wegen ist noch daran zu erinnern, dass in jeder gasgefüllten Glühlampe der Leuchtdraht schraubenförmig zu einer Wendel aufgewickelt sein muss, da dadurch physikalisch günstige Voraussetzungen entstehen, die die Konvektionsverluste in der Gasfüllung auf kleine Werte verringern. Die weitere Entwicklung hat zum zweimal gewickelten Wolframdraht, zur sog. Doppelwendel geführt. Bedeutende metallurgische Entwicklungsarbeiten waren nötig, um die Wendelbearbeitung des Drahtes überhaupt zu ermöglichen.

Bei den üblichen gasgefüllten Glühlampen ist ihr Fülldruck etwa 600 Torr; beim Brennen steigt der Gasdruck auf etwa 1 kg/cm<sup>2</sup>. Es hat sich gezeigt, dass die Wirkung eines erhöhten Gasdruckes, ähnlich wie der Uebergang von einem leichteren auf ein schwereres Gas, die Verdampfungsgeschwindigkeit<sup>6)</sup> des Wolframs verringert und ausserdem auch noch den tödlichen Gewichtsverlust<sup>7)</sup> erhöht, so dass bei Steigerung der Betriebstemperatur wiederum eine Verbesserung der Lichtausbeute zu er-

Lichtausbeute von Glühlampen bei 220 V  
Tabelle II

| Lampentyp<br>Dlm | Lichtausbeute       |               |          |
|------------------|---------------------|---------------|----------|
|                  | Argonlampen<br>lm/W | Kryptonlampen |          |
|                  |                     | lm/W          | Gewinn % |
| 25               | 9,6 <sup>1)</sup>   | 10,0          | 4        |
| 40               | 10,8                | 11,4          | 6        |
| 65               | 12,0                | 12,7          | 6        |
| 100              | 13,2                | 14,3          | 9        |
| 125              | 13,8                | 14,7          | 7        |
| 150              | 14,4                | 15,3          | 6        |

1) luftleer.

<sup>3)</sup> Oosterhuis: De half-Watt-Lamp. Chem. Weekbl. Bd. 14 (1917), S. 595.

<sup>4)</sup> Fonda: Evaporation characteristics of tungsten. Phys. Rev. Bd. 21(1923), S. 343.

<sup>5)</sup> Fonda: Burn-out of incandescent lamps. Gen. Electr. Rev. Bd. 32(1929), S. 206.

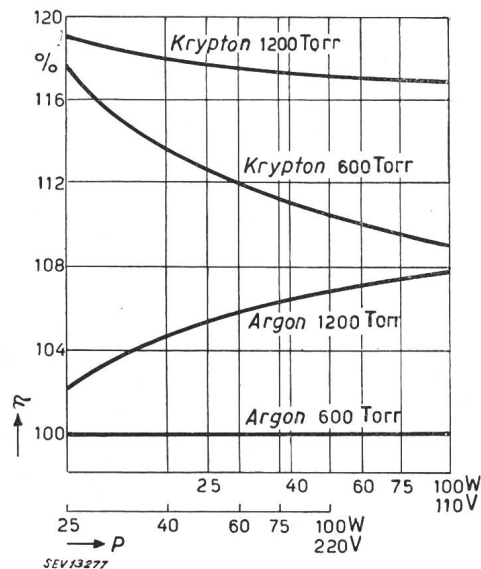


Fig. 1.

Lichtausbeute der Glühlampen η in Funktion der Leistung P  
Einfluss des Füllgases bei gleicher Lebensdauer  
η Anfangslichtausbeute für gleiche Lebensdauer in %  
Stickstoff-Zusatz stets 10%

<sup>6)</sup> Reiter: Zur Physik und Technik der Kryptonlampe. ETZ Bd. 63(1942), S. 553.

<sup>7)</sup> Schmidt: Zwei physikalische Probleme der Glühlampe. Das Licht Bd. 14(1944), S. 19. Wosnessenskaja und Ssoustin, techn. Phys. Bd. 9(1939), S. 399 (russ.).

warten ist, ohne dass dadurch die Lebensdauer der Wendel herabgesetzt würde. Den Zusammenhang zwischen Lampenstrom und Anfangslichtausbeute für Argon- und Kryptonlampen für einen Fülldruck von 600 und 1200 Torr zeigt Fig. 1, wobei die Abszisse gleich mit den üblichen Lampenleistungen für 110 und 220 V ausgezeichnet ist. Beide Gasarten enthalten einen Stickstoffzusatz von 10 %; die Kolben sind von gleicher Bauart, und die Lichtausbeute der Argonlampen mit 600 Torr Fülldruck ist für alle Typen 100 % gesetzt. Der Vergleich zeigt als beste Lösung für alle Typen die Wahl des schwereren Kryptons mit einem Fülldruck von 1200 Torr, ferner für die kleineren Typen den Vorteil des Kryptons mit 600 Torr Fülldruck, wo die Druckerhöhung keine wesentliche Lichtausbeutesteigerung bringt, und schliesslich den Vorteil des Argons mit hohem Fülldruck für die Lampen grösserer Leistung. Weil die Durchschlagsfestigkeit der Gase für elektrische Entladung mit steigendem Druck grösser ist, kann der Stickstoffzusatz für 1200 Torr geringer gewählt werden, so dass die Lichtausbeute dieser Lampen noch etwas besser ist.

Ob es möglich sein wird, diese physikalischen und laboratoriumsmässig erkannten Tatsachen in die Praxis überzuführen, kann erst die Zukunft lehren. Der teure Preis des Kryptons hindert jedenfalls jetzt noch die Herstellung von Lampen mit höherem Fülldruck, was beim Argon allerdings nicht der Fall ist, jedoch für die kleineren Typen, wie der Fig. 1 zu entnehmen ist, weniger in Frage kommt. Die fabrikatorische Herstellung von Ueberdrucklampen wurde schon ausprobiert; der normale Glaskolben besitzt genügende Festigkeit für den Fülldruck von 1200 Torr, doch fehlen noch grössere Erfahrungen über die Wirkung platzender Lampen. Orientierende Versuche haben aber gezeigt, dass die Streuweite der Glassplitter nicht grösser als bei luftleeren Lampen ist, die man seit mehr als 60 Jahren verwendet.

Bei der kurzen Uebersicht über die erzielten und die noch möglichen Verbesserungen der Glühlampe handelt es sich immer nur um verhältnismässig geringe Stufen des Fortschrittes. Glühlampen von 40...300 Dlm, die man für normale Beleuchtungsanwendungen braucht, haben eine Lichtausbeute von 11,4...15,3 lm/W; auch wenn man Kleinspannungslampen mit über 18 lm/W berücksichtigt oder Lampen hoher Leistung mit über 20 lm/W und selbst hochbelastete Kinolampen mit etwa 30 lm/W in Betracht zieht, liegt diese Ausnützung erst bei etwa  $\frac{1}{3}$  des theoretischen Höchstwertes, der für den idealen Strahler, den sog. schwarzen Körper, bei einer Temperatur von rund 6500° K 96 lm/W ist und auf die elektrische Leistung bezogen einem Wirkungsgrad von 14 % entspricht.

## II. Quecksilber-Entladungslampen

Sprunghaft besser ist der Ausnützungsgrad der Elektrizität bei den Entladungslampen; unter ihnen beanspruchen die röhrenförmigen Niederdruck-Quecksilberdampflampen mit Leuchtstoffen, die sog. Fluoreszenzlampen, für Wechselstrom und Nie-

derspannung das Hauptinteresse. Bei uns wurde seit deren Einführung im Jahre 1940 erst der Typ von 1 m Länge und 35 mm Durchmesser für einen Lichtstrom von 1000 lm und eine Leistung von 28 W (einschl. Verlust in der Drosselspule), sowie mit einer Leuchtdichte von rund 0,3 sb bekannt. Seine Lichtausbeute beträgt 36 lm/W und übertrifft die entsprechende Kryptonlampe mit etwa 14 lm/W um das  $2\frac{1}{2}$ fache. In Wirklichkeit ist der Gewinn noch grösser; denn während die Leuchtstofflampe wegen der geringen Leuchtdichte keine lichtstreuende Abdeckung benötigt, ist sie bei der Glühlampe unentbehrlich, und damit steigt er auf mindestens das 3fache.

Kurz zusammengefasst, ist die Fluoreszenzlampe eine Lichtquelle mit 2 Glühelktroden, zwischen denen eine Entladung im Quecksilberdampf bei einem Betriebsdruck von etwa 0,1 Torr stattfindet, wobei durch den Stoss der Elektronen auf die Quecksilberatome eine Strahlung entsteht, deren spektrale Zusammensetzung zum überwiegenden Teil auf die Ultraviolettlinie 253,7 nm entfällt\*), während ein wenig mehr als 2 % der Leistung als sichtbares Licht mit den vier bekannten Quecksilberlinien (violett, blau, grün, gelb) ausgestrahlt wird. Der an der Innenwandung der Entladungsröhre angebrachte Leuchtstoff vermag etwa  $\frac{1}{3}$  der unsichtbaren Strahlung in sichtbares Licht mit kontinuierlicher Zusammensetzung umzuwandeln, wobei die Leuchtstoffzusammensetzung für die resultierende Lichtfarbe massgebend ist. Fig. 2 zeigt die Leistungsbilanz für eine amerikanische Fluoreszenzlampe von 40 W, wobei gegenüber einer Glühlampe der viel grössere Strahlungsanteil im sichtbaren Spektralbereich auffällt. Der Wirkungsgrad selbst hängt sehr stark von der Lichtfarbe und diese von der Wahl der Leuchtstoffe ab; je mehr grün- und gelbhaltige Komponenten enthalten sind, um so höher ist er. Weil das Auge tageslicht-gleiche oder -ähnliche Lichtfarbe als angenehm empfindet, sollten künstliche Lichtquellen eine dem natürlichen Licht angenäherte Zusammensetzung besitzen. Für die praktischen Bedürfnisse kommt man mit 3 Lichtfarben aus: Tageslicht, gelblichweiss, ähnlich der Lichtfarbe der Glühlampen und rötlichweiss. Wegen der negativen Strom-Spannungs-Charakteristik muss jeder Entladungslampe eine Drosselspule vorgeschaltet werden, die nach erfolgter Zündung die Stromstärke begrenzt. Ferner ist ein automatischer Schalter erforderlich, der die Inbetriebsetzung der Lampe in der Weise bewirkt, dass er den Stromkreis zur Heizung der Elektroden schliesst und bei plötzlichem Unterbruch mit kurzzeitiger Ueberspannung die Entladung einleitet. Zur Befestigung werden die röhrenförmigen Lampen beidseitig mit ihren Stecksockeln in besondere Fassungen eingesetzt.

Nachdem bei uns erst ein Typ auf den Markt gekommen ist, interessiert auch, was anderswo unternommen wurde. Weil die USA 2 Jahre später als Europa in den Krieg eingetreten sind, konnten die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Fluoreszenzlampen derart gefördert werden, dass

\*) 1 nm (Nanometer) =  $10^{-9}$  m

die grundsätzlichen Fragen bis Ende 1941 geklärt waren; während des Krieges sind nur fabrikatorische Verbesserungen zu verzeichnen, z. B. Erhöhung des Lichtstromes und der Lebensdauer sowie schal-

tungstechnische Erweiterungen; aber schon Ende 1944 wurden Nachkriegserzeugnisse angekündigt. Das amerikanische Typenprogramm umfasst für normale Beleuchtungsanwendungen nach einer Liste

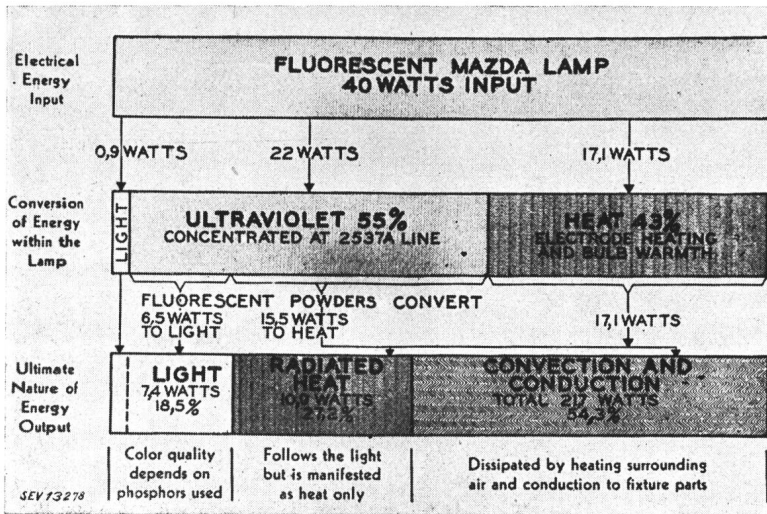
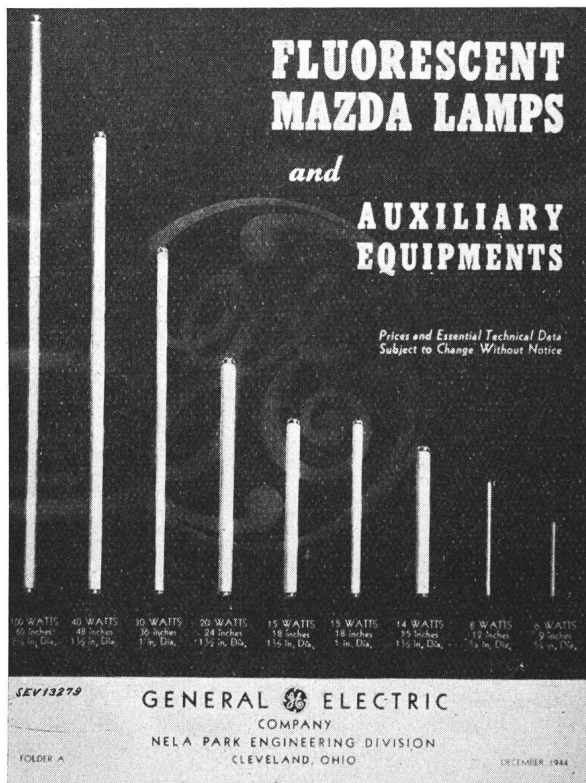


Fig. 2.  
Leistungsbilanz einer Fluoreszenzlampe

Farbe hängt von der Art des verwendeten Phosphors ab. Pflanzt sich wie Licht fort, äussert sich aber nur als Wärme. Aeussert sich durch Heizen der umgebenden Luft und Ableitung über feste Teile.



der General Electric Company vom Dezember 1944 9 Lampen (Fig. 3) mit einer Leistung von 6...100 W. Ihre Längen variieren zwischen 9...60 Zoll (23...150 cm), der Durchmesser von 5/8... 2 1/4 Zoll (16...54 mm); alle Typen sind in den Lichtfarben Tageslicht und gelblichweiss (3500° K Farbtemperatur) erhältlich, wobei der Lichtstrom für Tageslicht 155...2700 lm und für gelblichweiss 180...4200 lm beträgt, und die Leuchtdichte innerhalb der Grenzen von 0,35...0,9 sb liegt. Der wirtschaftlichste und meistverwendete Typ ist die 40-W-Lampe von 120 cm Länge und 38 mm Durchmesser mit einer Lichtausbeute von 45 lm/W für Tageslicht und 52 lm/W für die gelblichweisse Lichtfarbe; sie war 1940 die meistverwendete Lampe<sup>8)</sup> und dürfte es heute noch sein. Einige Typen sind auch mit rötlichweisser und mit bunten Lichtfarben erhältlich, doch ist ihre Anwendung sehr beschränkt. Das reiche Fabrikationsprogramm ist damit keineswegs erschöpft. Es gibt noch Sonderausführungen, z. B. eine 40-W-Lampe für sofortige Zündung und eine für Anwendungen bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, für Aussenanlagen und zur Beleuchtung von Kühlräumen; ferner einen Typ für 85 W und 4000 lm zum Anschluss an gleichgerichteten Wechselstrom in den Farben «blauweiss» und «industrieweiss» für Anwendungen in Industriebetrieben.

Die angekündigten Nachkriegstypen umfassen die als «schlanke Linien» bezeichneten 4 Röhrenlampen, deren elektrische und optische Werte schon bekannt sind. Die Längen variieren zwischen 42 und 96 Zoll (110...250 cm), die Durchmesser zwischen 3/4 und 1 Zoll (19 und 25 mm). Der Betriebsstrom

|                         |     |     |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| Aufgenommene Leistung W | 100 | 40  | 30 | 20 | 15 | 15 | 14 | 8  | 6  |
| Länge cm                | 150 | 120 | 90 | 60 | 46 | 46 | 38 | 30 | 23 |
| Durchmesser mm          | 54  | 38  | 25 | 38 | 38 | 25 | 38 | 16 | 9  |

Fig. 3.  
Amerikanische Fluoreszenzlampen (1944)

<sup>8)</sup> Vgl. Bull. SEV 1945, Nr. 8, S. 251.

kann zwischen 0,1 und 0,2 A variiert werden, so dass die Lampen verschiedene Lichtströme abgeben können. Die Lichtausbeute beträgt maximal 44 lm/W einschliesslich Verluste der Vorschaltgeräte. An jedem Ende haben diese neuen Entladungslampen einen Einstift-Sockel. Der Betrieb kann an Geräten für eine oder mehrere Lampen erfolgen oder in Serienschaltung an einem Hochspannungstransformator. Die «schlanken Linien» dienen für die Beleuchtung grosser Räume und eignen sich wegen des geringen Durchmessers zur Montage in Hohlkehlen und damit für indirekte Beleuchtungsanlagen.

Die weitere Neuheit ist die kreisförmige Fluoreszenzlampe unter der Bezeichnung «Circline», die in 3 Typen mit einem Aussendurchmesser von 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, 12 und 16 Zoll (22, 30 und 40 cm) hergestellt werden soll. Damit wird ein Anfang zur Einführung der Fluoreszenzlampe in das Gebiet der Heim- und Schmuckbeleuchtung gemacht, sowie die Möglichkeit zur Entwicklung gebogener Standardlängen geschaffen.

Die Lebensdauer der normalen amerikanischen Fluoreszenzlampen ist für die einzelnen Typen verschieden. Sie wird von der Einschaltzahl, die für den Abbau der Elektroden verantwortlich ist, abhängig gemacht. Bei den Lampen mit 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Zoll Durchmesser z. B. ist die Lebensdauer 2500 Stunden, wenn die Lampe nach jeder Schaltung etwa 3 Stunden brennt, 4000 Stunden, wenn sie jeweils 6 Stunden und 6000 Stunden, wenn sie 12 Stunden brennt.

Was die amerikanische Röhrenlampe von der unsrigen stark unterscheidet, ist der Zweistift-Sockel an jedem Röhrendende, der je nach Lampentyp in 3 verschiedenen Grössen ausgeführt wird. Die Lampen werden in die Fassungen eingeführt und durch eine Vierteldrehung festgeklemmt.

Von den amerikanischen Zubehörteilen sind noch kurz die Vorschaltgeräte und die Zünder zu erläutern. Fast von Anfang an hat sich die getrennte Verwendung durchgesetzt, wobei der Zündschalter in den Sockel der einen Fassung eingebaut ist. Jede Lampe braucht ihre eigene Drosselspule, doch sind für den Anschluss mehrerer Lampen Geräte üblich, die nur einen Eisenkern, aber mehrere Wicklungen besitzen. Sehr stark eingeführt hat sich die Paarschaltung, bei der in Einphasennetzen zwei Lampen in der gleichen Leuchte mit phasenverschobener Spannung brennen, wodurch die Flimmerwirkung praktisch vollständig unterdrückt wird und die stroboskopischen Erscheinungen ganz verschwinden. Gleichzeitig bewirkt diese Schaltung einen Leistungsfaktor von 0,95 und mehr. Geräte zum Anschluss von 3 und 4 gleichen Fluoreszenzlampen in derselben Leuchte wurden entwickelt. Bei der 3-Lampenschaltung arbeiten 2 mit induktivem und 1 Lampe mit kapazitivem Widerstand; der Leistungsfaktor erreicht 0,85. Die 4-Lampenschaltung gleicht der Paarschaltung, nur sind je 2 Lampen hintereinander geschaltet.

Die zur Einleitung der Zündung erforderlichen automatischen Schalter werden in 2 grundsätzlich verschiedenen Arten hergestellt. Der spannungsabhängige Glimmzünder entspricht der bei uns übli-

chen Ausführung. Der stromabhängige Zünder ist in der Ruhestellung geschlossen; ein Bimetallstreifen öffnet den Unterbrecherkontakt durch die Wärme einer Widerstandsspirale, welche in Serie mit einer Elektrode der Fluoreszenzlampe geschaltet ist. Der Zünder arbeitet etwas schneller und wird für Anlagen bei geringer Umgebungstemperatur verwendet.

Weil eine Leuchtstofflampe bei ihrem Lebensende abwechselnd ein- und ausschaltet und dadurch den automatischen Zünder überbeansprucht und ihn dabei zugrunde richtet, wurde ein nichtblinkender Zünder entwickelt, der den sinnvollen Namen «Watch Dog» trägt. Dieser Wachhund ist eine Kombination eines Glimmzünders mit einem Unterbrecher, der, sobald die Röhre zu blinken anfängt, den Stromkreis ausschaltet und nur nach erfolgter Auswechslung der ausgebrannten Lampe und nach Betätigung eines Druckknopfes wieder betriebsbereit ist.

Eine neue schweizerische Zündvorrichtung<sup>9)</sup> beruht ebenfalls auf dem stromabhängigen Prinzip und verwendet das magnetische Feld der Drosselspulen. Ein Magnétkern, an dem eine Kontaktfeder befestigt ist, wird bei Stromdurchgang angezogen, wodurch der in der Ruhestellung der Feder geschlossene Stromkreis geöffnet wird und ein parallel zu den Elektroden geschalteter Kondensator als Zündkondensator wirkt und dadurch eine sehr rasche Inbetriebsetzung der Lampe herbeiführt. Diese an die Drosselspule gebundene Zündvorrichtung wird noch geprüft, besonders ob sie auf die Dauer die Elektroden der Lampen benachteiligt.

In England wurde bisher ein Typ einer Fluoreszenzlampe<sup>10)</sup> von gelblichweisser Lichtfarbe bekannt. Die Leistung beträgt 80 W und der Lichtstrom 2800 lm. Sie ist 60 Zoll (150 cm) lang, hat einen Durchmesser von 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Zoll (38 mm) und ist mit Zweistift-Sockeln versehen.

In Schweden<sup>11)</sup> sind 3 Lampentypen im Gebrauch, und zwar neben der bei uns bekannten 1 m langen Lampe eine solche von 60 cm Länge und 39 mm Durchmesser und von 20 W bzw. 25 W einschliesslich Verlust in der Drosselspule, und eine weitere von 120 cm Länge bei gleichem Durchmesser und 40 W bzw. 48 W. Der Lichtstrom beträgt für die kurze Lampe 800 lm und für die lange 2000 lm; alle 3 Typen sind in den bekannten 3 Lichtfarben zu haben. Vom Januar 1946 an sollen sie mit Zweistift-Sockeln wie die amerikanischen Fluoreszenzlampen erhältlich sein.

Alle die erwähnten Röhrenlampen sind für Niederspannung gebaut und Standardtypen für normale Beleuchtungszwecke mit einfacher Auswechselbarkeit, was für den Allgemeingebrauch sehr wichtig ist.

Welche Fluoreszenzlampen aus der Fülle der aufgezählten Typen in näherer Zukunft bei uns Eingang finden werden, lässt sich noch nicht sagen. Es scheint, dass die bisher bekannte Ausführung

<sup>9)</sup> Hersteller: F. Knobel, Ennenda.

<sup>10)</sup> Vgl. Bull. SEV 1945, Nr. 10, S. 325.

<sup>11)</sup> Siljeholm: Nagra nyheter inom lysrörsområdet. Tidsskrift för Ljuskultur Bd. 16(1944), S. 61.

von 1 m Länge von 22,5 W Leistung durch eine 25-W-Lampe von 1200 lm ersetzt und durch eine von 40 W mit etwa 120 cm Länge und 2000 lm ergänzt werden wird. Auch dürfte der Zweistift-Sockel, der bessere Kontaktgabe und mechanische

und weitgehenden Ansprüchen architektonischer und graphischer Gestaltung angepasst werden können. Sie müssen aber als Sonderausführung hergestellt werden; Montage und auch Auswechslung sind Sache des Fachmannes.

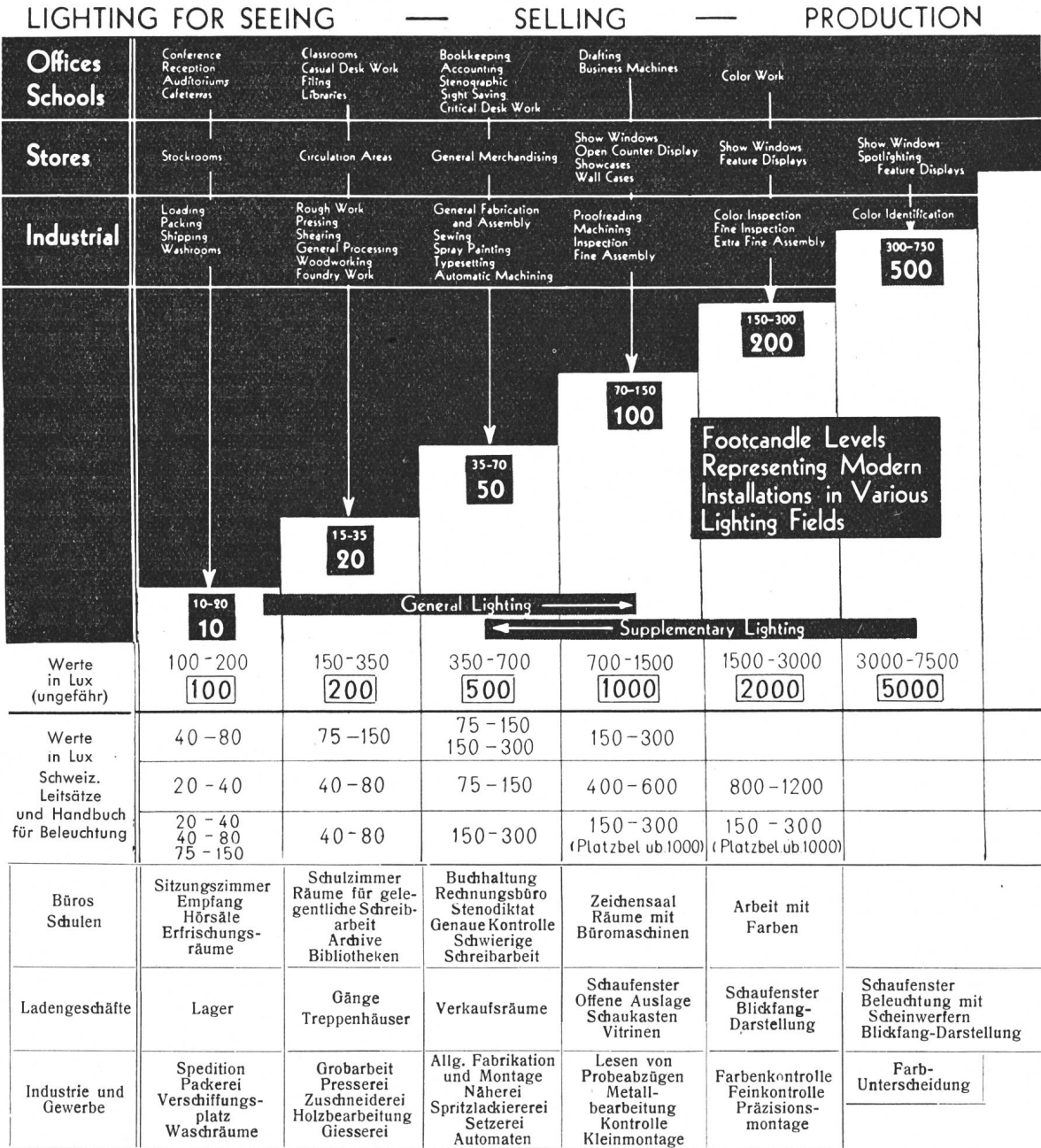


Fig. 4.  
Empfohlene Beleuchtungsstärken für moderne Anlagen in Amerika  
Beleuchtung für Arbeit, Verkauf und Fabrikation

Festigkeit sichert, eingeführt werden. Möglicherweise wird auch der Zünder, sofern man beim Glimmzünder bleibt, aus dem Vorschaltgerät in eine Fassung verlegt werden, was die Auswechselbarkeit erleichtert.

In grossen Beleuchtungsanlagen kommen auch Fluoreszenzröhren für Hochspannung in Betracht. Ihr hauptsächlichstes Anwendungsgebiet liegt in der Lichtreklame, weil die Glasröhren leicht geformt

Eine weitere Art der Lichterzeugung durch Entladung des elektrischen Stromes im Quecksilberdampf nützt die physikalische Eigenschaft aus, dass von einem Dampfdruck von 1 kg/cm<sup>2</sup> an die Lichtausbeute etwa 30...40 lm/W erreicht. Weil dieses reine Quecksilberlicht praktisch keine Rotstrahlung enthält, muss man ihm Glühlampenlicht beimischen, was entweder durch getrennte Lampen in derselben Leuchte oder durch Mischlichtlampen erfolgt, in

denen sich Quecksilber-Entladungsröhren und Wolframwendel befinden. Unter den Mischlichtlampen gibt es die seriengeschalteten Typen mit festem Mischlichtverhältnis, wo die Wolframwendel gleichzeitig Vorschaltwiderstand für die Entladung ist. Die hohe Lichtausbeute der reinen Quecksilber-Entladung wird dadurch erheblich vermindert, beträgt allerdings immer noch 19...20 lm/W. Ferner gibt es auch Mischlichtlampen, in welchen Entla-

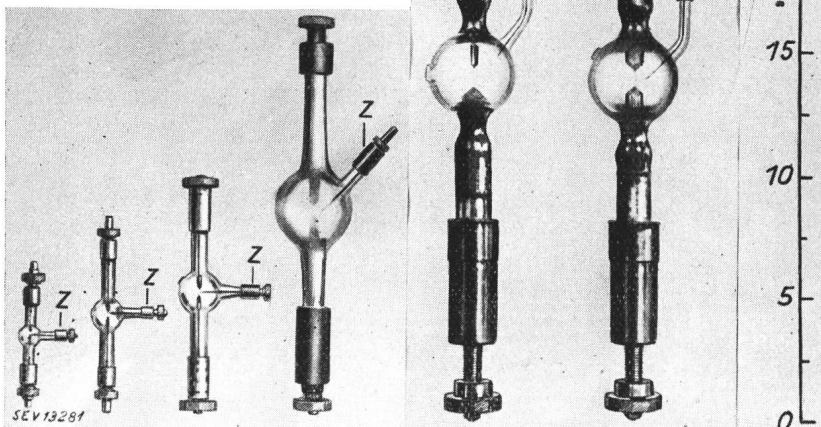
Die modernen und künftigen Lichtquellen werden, wenn sie genügend eingeführt sind, was natürlich vom Anschaffungspreis für Lampen und Zubehör abhängt, die Beleuchtungspraxis sehr stark beeinflussen. Wenn später einmal mit dem gleichen finanziellen Aufwand etwa dreimal besser beleuchtet werden kann als heute, werden die Anforderungen an die Stärke entsprechend steigen. Fig. 4 stellt die Werte dar, die in den USA für neuzeitliche Be-

leuchtungsanlagen empfohlen werden; die vergleichsweise angeführten Werte der schweiz. Leitsätze und des Handbuchs für Beleuchtung der ZfL liegen wesentlich darunter. Vom Gesundheitsstandpunkt aus ist es zu begrüßen, wenn die modernen Lichtquellen uns ebenfalls in die Lage versetzen, die Arbeiten auch beim künstlichen Licht unter Sehbedingungen zu verrichten, die am Tage unseren Augen zur Verfügung stehen.

Schliesslich ist noch über eine Lampenart zu berichten, die im Prinzip auch schon entwickelt, aber noch wenig zur Anwendung gekommen ist. Es handelt sich um Quecksilber-Höchstdrucklampen<sup>12)</sup> mit einem Betriebsdruck von 20...70 kg/cm<sup>2</sup>, die im Gegensatz zu den schon bekannten Kapillarlampen mit Flüssigkeitskühlung<sup>13) 14)</sup> ein kugelförmiges Entladungsgefäss aus Quarz besitzen

und keine besondere Kühlung benötigen (Fig. 5). Die Elektrodenentfernung beträgt nur wenige mm, sodass eine Entladung schon bei der geringen Rohrspannung von 50...100 V auftritt und der Betrieb an den üblichen Netzspannungen möglich ist. Der günstige kugelförmige Entladungsraum mit hoher Oberflächen-Belastbarkeit gestattet, dem Lichtbogen grosse Leistungen aufzudrücken und Leuchtdichten bis 55 000 sb zu erzielen. Die Lichtausbeute liegt zwischen 40 und 50 lm/W, und es wurden Typen von 100...2000 W gebaut. Die Strahlung setzt sich aus den stark verbreiterten Linien des Quecksilbers und einem kontinuierlichen Spektrum zusammen, das sich über den ganzen sichtbaren Wellenbereich erstreckt, so dass der Rotanteil des Lichtstromes zwischen 4 und 6% liegt und die Lampen deswegen schon für die Beleuchtung von Strassen und hoher Hallen in Betracht kommen. Die wichtigsten Anwendungen dieser Lampen, die übrigens für Wechselstrom und Gleichstrom entwickelt wurden, und wovon einige Typen sogar an beiden Stromarten brennen, liegen bei den vielseitigen Aufgaben der Optik und Projektionstechnik, zumal die Wiederezündung

Fig. 5.  
Quecksilber-Höchstdrucklampen  
für Gleich- und Wechselstrom ;  
Z Zündelektrode



dungsrohr und Wolframwendel parallel geschaltet sind, wozu ein Streufeldtransformator nötig ist, der gleichzeitig zur Abgabe einer geringeren Spannung für die Wolframwendel verwendet wird. Das Lichtstromverhältnis beider Lichtarten lässt sich verschieden wählen, doch ist die Lichtausbeute um so geringer, je mehr Glühlampenlicht beigemischt wird. Sie beträgt bei den Typen mit einem Mischverhältnis von etwa 1 : 1, sofern man auf die Angaben in den Listen abstellt, ebenfalls rund 20 lm/W.

Nachdem die röhrenförmigen Niederdruck-Fluoreszenzlampen durch Verwendung besonderer Drosselspulen den Anschluss von 2...4 Lampen in einer Leuchte mit einem Lichtstrom von etwa 4000...16 000 lm gestatten, wobei Leuchtdichte, Lichtausbeute und Lebensdauer günstiger als bei Mischlichtlampen sind, wird die künftige Verwendungsmöglichkeit des Quecksilber-Mischlichtes auf wenige Gebiete beschränkt. Dazu gehören die Aussenbeleuchtung und die Beleuchtung sehr hoher Räume, wofür Lichtquellen mit konzentriertem Leuchtkörper grosser Leuchtdichte erwünscht sind, ferner die indirekte Beleuchtung durch schalenförmige Reflektoren zur Aufnahme der Quecksilber- und Glühlampen oder der Mischlichtlampen. Dieses Gebiet dürfte später jedoch von den kreisförmigen Fluoreszenzlampen erobert werden, wenn durch die weitere Entwicklung lichtstärkere Typen auf den Markt kommen.

<sup>12)</sup> Rompe und Thouret: Die kugelförmigen Quecksilber-Höchstdrucklampen. Das Licht Bd. 14(1944), S. 73.

<sup>13)</sup> Bol, Elenbaas und de Groot: De Ingenieur Bd. 50 (1935).

<sup>14)</sup> Kern: Eine flüssigkeitsgekühlte Quecksilberlampe hoher Leuchtdichte. Z. f. tech. Phys. Bd. 23 (1942), S. 108.



der Lampen mit einem Induktorzündgerät sofort nach dem Ausschalten unter vollem Betriebsdruck erreicht wird.

In der weiteren Entwicklung der Beleuchtungstechnik steht den Quecksilberdampflampen ein weites Feld offen, weil gerade die Quecksilberentladung die vielen günstigen Voraussetzungen, welche für eine gute Lichtquelle erforderlich sind, in sich vereinigt.

### Schlussbemerkung

Diese Ausführungen behandeln nur einen Teil der modernen und künftigen Lampen, die von allgemeinem Interesse sind und die möglicherweise schon in näherer Zukunft bei uns bekannt werden dürften.

Aus den letzten Veröffentlichungen des Auslandes ist jedoch ersichtlich, dass in den bedeutenden Lampenfabriken noch andere Lichtquellen entwickelt oder schon hergestellt werden, z. B.:

Automobillampen, die gleichzeitig Glühlampen und Scheinwerfer sind.

Fluoreszenzlampen, die nicht mit fester Verbindung an das elektrische Netz angeschlossen sind, sondern mit hochfrequenter Uebertragung gespiesen werden.

Fluoreszenztypen in anderen Formen als die bisherigen Röhrenauführungen.

Röhrenförmige Quecksilber-Hochdrucklampen mit hoher Leuchtdichte und Leistungen bis 10 000 W für die Beleuchtung von Landebahnen in Flughäfen.

Ferner sind auch noch einige Strahlungsquellen zu nennen, die nicht oder nicht ausschliesslich der Beleuchtung dienen, z. B.

Quecksilber-Niederdruck-Röhrenlampen für «Schwarzlicht»-Anwendungen mit einem besonderen Leuchtstoff, der sein Strahlungsmaximum bei 365...366,3 nm\*) hat, und die auch die Herstellung von Lichtpausen ermöglichen.

Röhrenförmige Quecksilber-Niederdruckstrahler aus einem besonderen Glas oder Quarz, das die Welle 253,7 nm\*) austreten lässt und bakterientötende Wirkung hat. Solche Entkeimungsstrahler haben vollkommen neue und mannigfache Anwendungsmöglichkeiten.

Spiralförmige Entladungsröhren aus Quarz zur Ozonbildung.

Strahlungsquellen für medizinische und kosmetische Zwecke, und zwar: entweder als reine Quecksilberstrahler oder kombiniert mit einem Licht- und Wärmestrahler.

Strahlungsquellen mit überwiegender Ultrarotstrahlung mit einem Maximum in der Gegend von etwa 1  $\mu\text{m}$ \*\*), sog. Infrarotlampen für die verschiedensten Trocknungszwecke der Technik und der Lebensmittelkonservierung und wahrscheinlich auch für die Graströcknung.

\*) 1 nm (Nanometer) =  $10^{-9}$  m

\*\*) 1  $\mu\text{m}$  (Mikrometer) =  $10^{-6}$  m

### Adresse des Autors:

J. Guanter, dipl. Ing., Osram A.-G., Limmatquai 3, Zürich.

## Le patinage des véhicules à traction électrique sur rails

Par P. Gaibrois, Genève

621.335.1

*Le patinage des roues motrices des véhicules à traction électrique est un phénomène redouté qui entraîne parfois des conséquences fort désagréables. Il dépend de nombreux facteurs qui peuvent se rencontrer simultanément et qu'il n'est pas toujours possible d'éviter. On le combat de différentes manières soit dans ses causes, soit lorsque celles-ci ne peuvent être éliminées, à l'aide de dispositifs qui permettent d'en limiter le développement.*

*Das Gleiten der Räder elektrischer Triebfahrzeuge auf den Schienen ist eine Erscheinung, deren Folgen für Triebmotoren und Fahrzeug gefährlich werden können. Verschiedene Faktoren, welche im ungünstigsten Falle gleichzeitig auftreten, sind die Ursachen davon, und es ist nicht immer möglich, sie zu unterdrücken. Das Gleiten wird bekämpft, indem man in erster Linie seine Ursachen zu beseitigen sucht. Weil dies nicht immer gelingt, sorgt man durch geeignete Alarmvorrichtungen dafür, dass es nach seiner Entstehung keine gefährlichen Formen annehmen kann.*

### Considérations générales

On utilise en traction électrique à courant continu et à courant monophasé des moteurs à collecteur à caractéristique série dont le couple diminue fortement lorsque la vitesse augmente; celle-ci varie dans de grandes proportions et n'a théoriquement pas de limite supérieure.

Ces moteurs sont susceptibles de développer un couple maximum qui est un multiple du couple normal unihoraire; le couple maximum n'est pratiquement limité en ce qui concerne le moteur lui-même que par la commutation, la résistance mécanique de l'arbre et des engrenages et par l'échauffement.

On rencontre, en ce qui concerne le couple, des conditions semblables quoique moins extrêmes en traction triphasée, le moteur asynchrone ayant un couple maximum bien déterminé pour une valeur donnée de la tension, maximum compris normalement entre deux et trois fois le couple normal. Mais la caractéristique du moteur asynchrone triphasé utilisé en traction est une caractéristique shunt et ce type de moteur ne peut dépasser de lui-même

sa vitesse de synchronisme fixée par le nombre de pôles de ses enroulements et la fréquence du réseau.

Si les moteurs à courants monophasé et continu sont capables de développer un couple maximum très élevé, l'adhérence entre la roue et le rail ne permet pas d'utiliser ce couple, car au-dessus d'un certain effort à la jante les roues commencent à patiner.

De très nombreux essais et études ont été effectués pour déterminer l'effort maximum que peut développer une roue sans glisser sur le rail; cet effort est de la forme:

$$F = G \mu \quad (1)$$

c'est-à-dire proportionnel à la charge de  $G$  kg sur la roue et à un coefficient de frottement de roulement  $\mu$ .

Il est difficile de tirer une conclusion précise de ces diverses études, mais on peut toutefois considérer les points suivants comme acquis:

a) L'adhérence a une valeur maximum qui se rencontre dans le cas de rails secs et propres, valeur qui est pratiquement  $\mu_0 = 0,33$ ; cette valeur peut être atteinte normalement par l'action du sablage lorsque les rails sont humides.