

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 58 (1967)
Heft: 11

Artikel: Neuere Lichtquellen und deren Anwendung
Autor: Guanter, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916259>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

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

Neuere Lichtquellen und deren Anwendung¹⁾

Von J. Guanter, Zürich

628.9.04

Der gegenwärtige Entwicklungsstand der wichtigsten Glühlampen und Entladungslampen wird beschrieben, und für einige Lamparten werden die sich anbahnenden weiteren Entwicklungsmöglichkeiten dargelegt. Ferner sind verschiedene z. T. neuartige Anwendungen der Lichtquellen aufgeführt, und zum Schluss wird darauf hingewiesen, dass heute wissenschaftliche Grundlagenforschung und technische Entwicklungsarbeit bei der Herstellung und Verbesserung von Lichtquellen entscheidend beteiligt sind.

Le stade de développement actuel des principales lampes à incandescence et à décharge est décrit et les possibilités d'évolution qui se dessinent sont exposées pour quelques genres de lampes. En outre, différentes applications partiellement nouvelles des sources lumineuses sont mentionnées et il est finalement signalé que la recherche scientifique fondamentale et le travail de développement technique participent aujourd'hui de façon déterminante à la production et à l'amélioration de sources lumineuses.

Seit Lichtquellen gebaut werden, ist man bestrebt, ihre Eigenschaften zu verbessern. Die Bemühungen bezwecken beispielsweise:

- a) den Lichtstrom zu erhöhen oder die Leistungsaufnahme zu verkleinern, also die Lichtausbeute zu verbessern und — womöglich gleichzeitig — die mittlere Lebensdauer zu steigern;
- b) den Lichtstromrückgang im Verlauf der Lebensdauer zu vermindern;
- c) die Lichtfarbe zu verbessern und ihre Konstanz während der Lebensdauer zu erhalten;
- d) die Leuchtdichte bestimmter Lamparten zu erhöhen;
- e) Lichtquellen mit extrem hohem Lichtstrom zu schaffen;
- f) die Abmessungen der Lampen zu verkleinern und den Anschluss an das elektrische Netz zu vereinfachen;
- g) die Lampenausführungen zu vereinheitlichen, zu normen und in der Fabrikation noch mehr zu automatisieren, damit die bisherigen Verkaufspreise bei steigenden Herstellungskosten möglichst lange gleich gehalten werden können.

Das sind die wichtigsten Programmfpunkte in der Entwicklung und Herstellung von Lichtquellen, wobei je nach Lampenart die Wichtigkeit der einzelnen Punkte von unterschiedlicher Bedeutung ist.

1. Glühlampen

Über die Frage, ob und in welcher Weise bei Glühlampen eine *Lichtausbeutesteigerung* möglich ist, hat Reiter [1]²⁾ schon 1942 eingehend berichtet und mehrere in Fachkreisen bekanntgewordene Folgerungen gezogen, die in der Praxis nur teilweise eine Auswirkung erfahren haben. Die eine Folgerung ist die Verwendung von Krypton als Füllgas, welches, wegen seines höheren Atomgewichtes und seiner geringeren Wärmeleitfähigkeit als Argon, sich vor allem bei dünndrahtigen Lampen günstig auswirkt. Krypton ist aber so teuer, dass seine allgemeine Anwendung als Füllgas in Normallampen fast nicht in Frage kommt, sondern eher auf Sonderlampen beschränkt bleibt, bei denen die letzten Möglichkeiten einer Lichtausbeuteverbesserung angewendet werden müssen (z. B. bei Grubenlampen). Die andere Möglichkeit einer Steigerung der Lichtausbeute besteht darin, den Fülldruck des Gases zu erhöhen. Die üblichen argongefüllten Lampen werden mit einem Druck von etwa 600 Torr gefüllt, der in Betrieb auf etwa das 1,4fache steigt. Der normale Lampenkolben besitzt eine Festigkeit, der ohne weiteres eine Füllung bis 1200 Torr erlauben würde. Fig. 1 zeigt den Einfluss von Füllgas und Fülldruck auf die Lichtausbeute von Glühlampen. Der Übergang beim Argon von 600 auf 1200 Torr Fülldruck bringt Vorteile für Lampen mit höheren Stromstärken; der Wechsel von Argon auf Krypton bei kleinem Fülldruck begünstigt die

feindrahtigen Lampen, und erst der gleichzeitige Übergang auf das schwere Gas und den erhöhten Fülldruck verbessert alle Lampen in ihrer Anfangslichtausbeute um grösstenteils den gleichen Betrag von 17...18 %.

Die weitere Entwicklung der Glühlampe hat nicht den Weg der Fülldruck-Erhöhung eingeschlagen. Schon 1949 wurde in einer deutschen Patentschrift auf die Möglichkeit hingewiesen, die Schwärzung der Glühlampe — bedingt durch das Verdampfen des Wolframs — durch Halogenzusätze zu vermeiden, wofür bestimmte Temperaturbedingungen eingehalten werden mussten. Die Herstellung war aber technologisch noch nicht realisierbar. Erst die später entwickelte Verschmelzungstechnik von Quarzglas und Wolfram hat die Verwirklichung der *Halogen-Glühlampen* ermöglicht. Der sog. regenerative Kreisprozess, dessen Temperaturgrenzwerte 250 und 1450 °C betragen, ist in Fig. 2 dargestellt und schon oft beschrieben worden [2], so dass eine kurze Zusammenfassung der physikalischen Vorgänge genügt. Das von der Wendel abdampfende Wolfram verbindet sich innerhalb des genannten Temperaturbereiches mit dem in die Lampe eingebrachten Halogen — am Anfang dieser Lampenentwicklung war es Jod — zum gasförmigen violettblauigen Wolframjodid. Durch die im Innern der Lampe vorhandene thermische Strömung gelangt das Wolframjodid in den Bereich, wo Temperaturen über 1450 °C herrschen und dissoziert (zerfällt) in Wolfram und Jod, wobei Wolfram auf die Wendel zurücktransportiert wird und Jod für den Kreisprozess erneut zur Verfügung steht.

Wolfram wird allerdings nicht an die Stellen höchster Temperatur zurückgebracht, wo es ursprünglich abgedampft wurde. Deshalb kann eine Regeneration des Wolfram-

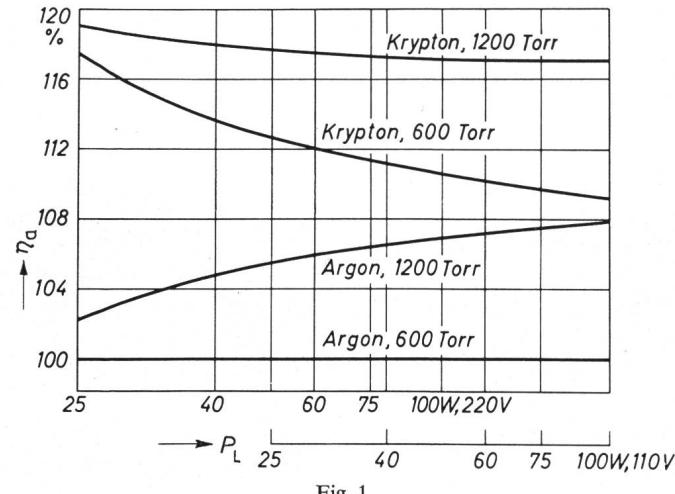
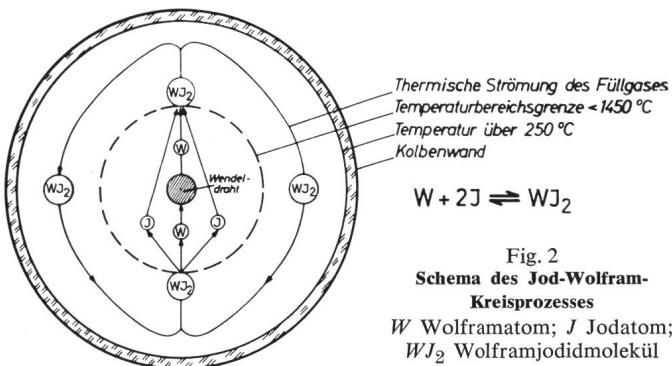


Fig. 1
Einfluss von Füllgas und Fülldruck bei Glühlampen mit Doppelwendel

¹⁾ Erweiterte Fassung des Vortrages, gehalten an der Diskussionsversammlung der Schweiz. Beleuchtungs-Kommission vom 16. November 1966, in Basel.
²⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.



drahtes durch den Kreisprozess und etwa gar die «ewige Lampe» nicht erwartet werden. Der Kreisprozess erfordert die hohen Temperaturen; man muss deshalb Lampenkolben mit kleinem Durchmesser und stark reduziertem Volumen wählen. Als Kolbenmaterial kommt z. Z. nur Quarzglas in Frage.

Die mittlere Temperatur und der Betriebsdruck sind bei Halogen-Lampen etwa doppelt so hoch wie bei normalen Glühlampen, was eine Erhöhung der Lichtausbeute bzw. eine Verlängerung der Lebensdauer zur Folge hat. Auf gleiche Leistung und gleiche mittlere Lebensdauer bezogen, ist ein Lichtausbeutegewinn von etwa 20 % zu erzielen; mit Edelgasfüllung und noch stärkerer Druckerhöhung ist eine Steigerung bis etwa 50 % zu erwarten. Der wichtigste Vorzug der Halogenlampen ist aber, dass keine Kollenschwärzung auftritt und die Lichtabgabe während der ganzen Lebensdauer praktisch konstant bleibt.

Das am Anfang von den Halogenen verwendete Jod hat einige fabrikatorische und anwendungsseitige Mängel. Z. B. bewirkt der violette Joddampf einen Lichtverlust bis zu ca. 5 % und beeinflusst spektral das abgestrahlte Licht der Wendel. Als nächstes Halogen wurde Brom ausprobiert; als farblose gasförmige Kohlenwasserstoffverbindung hat es die erhofften Verbesserungen gebracht, so dass jetzt besonders die dickdrahtigen Lampentypen den Zusatz der Bromverbindung erhalten. Es ist auch zu erwarten, dass diese etwas weniger aggressive Verbindung als Jod die Verwendung besonderer Gläser an Stelle des teureren Quarzglases erlauben wird.

Versuche mit den Halogenen Chlor und Fluor haben ergeben, dass vor allem Fluor nicht nur die Eigenschaft der Schwärzungsverhinderung besitzt, sondern dass die thermische Dissoziation des Wolframfluorids mit zunehmender Temperatur schneller als die Verdampfungsgeschwindigkeit des Wolframs steigt; das würde auf eine merkliche Lebensdauerverlängerung des Leuchtkörpers hinauslaufen. Noch ist es nicht so weit: es fehlt an einem geeigneten Kolbenmaterial, das bei den notwendigen Wandtemperaturen vom Fluor nicht angegriffen wird. Quarzglas ist nur bis 100 °C beständig. Im weiteren muss die Beeinflussung der übrigen in der Lampe vorhandenen Metallteile verhindert werden, und es müssen auch die für die Erstellung notwendigen Einrichtungen fluorfest sein.

Die Weiterentwicklung der Halogen-Glühlampen zeigt, dass insbesondere die hochbelasteten Niederspannungstypen allmählich an die Grenzen ihrer technologischen Möglichkeiten gelangen; es nimmt die Kurzschlussfestigkeit an Einfluss zu. Hat sie einen zu geringen Wert, können die Lampen beim Einschalten durchbrennen; auch sind sie gegen Netzschanzungsschwankungen ziemlich empfindlich.

Die Halogen-Glühlampen finden vor allem dort Anwendung, wo die kleinen Abmessungen der Lampen vorteilhaft sind und dadurch eine beträchtliche Verminderung der Leuchten- bzw. der Geräteabmessungen ermöglichen. Es gibt mehrere Arten von Halogenlampen, z. B.:

- Röhrenförmige Lampen, zweiseitig gesockelt, für die Beleuchtung grosser Flächen und für Flutlichtanlagen;
- Lampen, röhrenförmig, zweiseitig gesockelt, für Photo-, Film- und Fernsehstudios sowie für Bühnen;
- Aufnahmelampen für Photo- und Schmalfilm. Es gibt röhrenförmige, zweiseitig gesockelte Ausführungen und eine neue, einseitig gesockelte Lampe von 650 W, die in einer sehr handlichen Leuchte verwendet werden kann;
- Lampen für Dia- und Schmalfilmprojektoren für Leistungen von 50...250 W und Kleinspannungen. Sie sind einseitig gesockelt, sehr klein und haben den Bau von Projektoren mit geringen Abmessungen ermöglicht;
- Lampen für Flugplatzbeleuchtungsanlagen.

Eine besondere Halogen-Glühlampe, die eine grosse Bedeutung zu erlangen verspricht, ist die Ausführung für Autoscheinwerfer. Sie liefert den doppelten Lichtstrom der Bilux-As-Lampen und ermöglicht in Abblendscheinwerfern eine Verdoppelung der Beleuchtungsstärken auf der Fahrbahn; in Weitstrahlern und Nebelscheinwerfern verbessert sie die Reichweite. Deshalb erhofft man sich von diesen Lichtquellen einen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bei Nacht.

Zuerst als beidseitig abgeschmolzene Röhrenlampe gebaut, aber einseitig auf eine Grundplatte montiert (Fig. 3), kann sie wegen ihrer Grösse nur in einem Exemplar in die Scheinwerfer eingebaut werden, so dass für Fern- und Abblendlicht getrennte Scheinwerfer nötig sind. Die weitere, viel kleinere Ausführung hat eine einseitig abgeschmolzene Lampe mit Kabelsockel und weist wesentliche Verbesserungen bezüglich des Streulichtes auf. Die letzte, allerdings noch nicht fertig entwickelte Ausführung enthält im gleichen Lampenkolben einen Leuchtkörper für das Fernlicht und einen für das asymmetrische Abblendlicht, was dem bisherigen System entspricht [3].

Es sei nun auf die Fortschritte beim Bau von *Anzeige- und Signallampen* hingewiesen. Die Methode in der Technik, Vorgänge und Betriebszustände auf visuelle Art anzuzeigen, hat einen ungeahnten Umfang angenommen. Der Trend nach kleinen Abmessungen, der sich bei elektronischen Geräten so stark bemerkbar macht, hat sich auch auf die Lichtquellen ausgedehnt. Darum sind neue Anzeige- und Signallampen mit

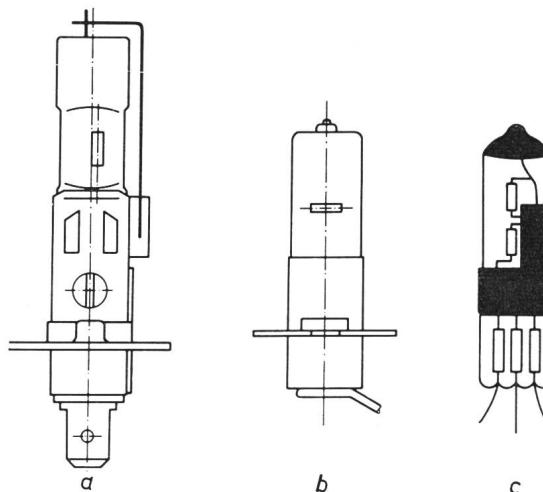


Fig. 3
Halogen-Autolampen verschiedener Bauart

- Zweiseitige abgeschmolzene Lampe mit einem Leuchtkörper;
- Einseitig abgeschmolzene Lampe mit einem Leuchtkörper und mit Kabelsockel;
- Einseitig abgeschmolzene Lampe mit zwei Leuchtkörpern.

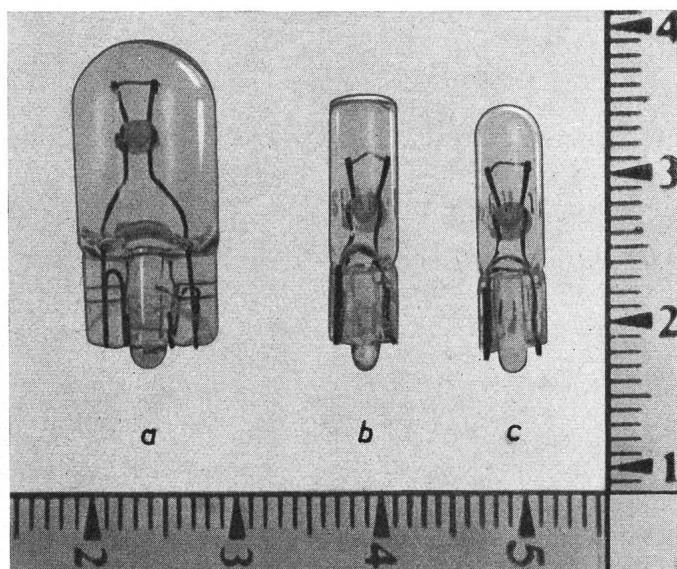


Fig. 4

Größenvergleich von Glassockellampen

- a Kolben von 10 mm Durchmesser mit gewölbter Kuppe;
- b Kolben von 5 mm Durchmesser mit flacher Kuppe;
- c Kolben von 5 mm Durchmesser mit gewölbter Kuppe

Glassockel entwickelt worden (Fig. 4). Diese haben keinen herkömmlichen Metallsockel mehr, sondern umfassen in einem Stück Kolben und Glassockel, aus dem mechanisch widerstandsfähige Kontaktdrähte herausragen. Die Lampen werden in eigens gebaute Signalleuchten aus Kunststoff gesteckt, welche mit verschiedenfarbigen Kappen im Handel erhältlich sind. Leuchten und Lampen bilden eine Einheit, welche bei einer Auswechselung vollständig ausgetauscht wird. Lampen mit Glassockel sind in zwei Ausführungen erhältlich: mit Rohrkolben von 10 mm bzw. von nur 5 mm Durchmesser. Noch müssen sie für zu viele Spannungen und Leistungen hergestellt werden, doch bahnt sich zunächst bei der Ausführung mit 10 mm Durchmesser eine Normung an. Der Spannungsbereich von 6...60 V wird durch 5 Glühlampentypen erfasst, für den höheren Bereich von 110...380 V kommen 3 Glimmlampentypen in Betracht.

2. Entladungslampen

Bei allen Arten von Entladungslampen sind von verschiedenen Herstellern Bemühungen unternommen worden, die lichttechnischen und wirtschaftlichen Eigenschaften zu verbessern und die Betriebsbedingungen möglichst zu vereinfachen.

2.1 Quecksilber-Jodidlampen

Die bisherigen Quecksilber-Hochdrucklampen [4] besitzen bei den mittleren Typen von 125...400 W eine Lichtausbeute von 45...52 lm/W³⁾; deren mittlere Lebensdauer beträchtlich hoch ist. Bei den Ausführungen mit einer auf der Innenseite des Außenkolbens angebrachten Leuchtstoff-Beschlämmung konnte der fehlende Gelb- und Rotanteil des Lichtspektrums zugefügt und damit die Farbwiedergabe-Eigenschaften dieser Lampen beachtlich verbessert werden, ohne die Lichtausbeute zu verringern.

Die Bemühungen, die Lichtfarbe der Quecksilberlampen zu verbessern, sind schon sehr alt. Zuerst wurde versucht, durch Hinzufügen der Metalle Cadmium und Zink die fehlende rote und blaue Strahlung des Quecksilberspektrums zu

³⁾ Hier und in später folgenden Stellen handelt es sich um die Anfangslichtausbeute der Lampen ohne Berücksichtigung der Verluste in den Vorschaltgeräten.

ergänzen, aber leider unter Einbuße an Lichtausbeute. Auch die Kombination der Quecksilberentladung mit einer Glühlampenwendel in der Mischlichtlampe dient der Verbesserung der Lichtfarbe, doch bedingt auch diese Lösung eine beträchtlich reduzierte Lichtausbeute (18...28 lm/W) [5]. Die Verwendung reiner Metalle als Zusatz zum Quecksilber scheitert daran, dass entweder der Dampfdruck bei der zulässigen Wandtemperatur des Quarzentladungsgefäßes nicht ausreicht, um einen merklichen Einfluss auf das Licht der Quecksilber-Entladung auszuüben oder daran, dass das verdampfte Zusatzmetall, wie z. B. Natrium, das Quarzglas angreift.

Wenn man jedoch als Zusätze zum Quecksilber die Jodide der Metalle verwendet, ergibt sich vorerst der Vorteil, dass einige Metalljodide bei gleicher Temperatur einen höheren Dampfdruck besitzen als die reinen Metalle, und ferner dass die Metalljodid-Moleküle in der heißen Quecksilberentladung dissoziieren, wodurch im Lichtspektrum neben den Hg-Linien auch die Linien der zugesetzten Metalle auftreten. Man kann sogar zur Verbesserung der Lichtfarbe Natrium als Jodid zusetzen, weil es sich — nach erfolgter Dissoziation — in den äusseren Bogenzonen mit dem Jod wiederum zu Natriumjodid verbindet, und dieses das Quarzgefäß nicht zerstört.

Quecksilberlampen mit einem Gemisch von Natriumjodid, Thalliumjodid und Indiumjodid haben gute Farbeigenschaften und hohe Lichtausbeute (80...95 lm/W) [6; 7]. Das Spektrum der Quecksilberentladung (Fig. 5) wird im gelben Bereich durch die Na-D-Linie⁴⁾ ergänzt, die grüne Tl-Linie liegt zwischen der grünen und der blauen Hg-Linie und In liefert einen bedeutenden Strahlungsanteil im Blau; die Tl- und Na-Zusätze erzeugen noch eine Strahlung im kurzwelligen Rot. Die Dosierung der Zusätze hat einen grossen Einfluss auf die Lichtfarbe, die in relativ weiten Grenzen variiert werden kann. Mit diesem Jodidgemisch treten im langwelligen Rot keine stärkeren Linien auf: eine zusätzliche Beschlämmung des Lampenaussenkolbens mit Magnesium-Fluorogermanat-Leuchtstoff ermöglicht die Farbwiedergabeeigenschaften der Lampen noch mehr zu verbessern.

Ausser der Verwendung mehrerer Zusätze mit wenigen starken Spektrallinien, welche gesamthaft Licht weisser Farbe

⁴⁾ Natrium-Doppellinie 589 und 589,6 nm.

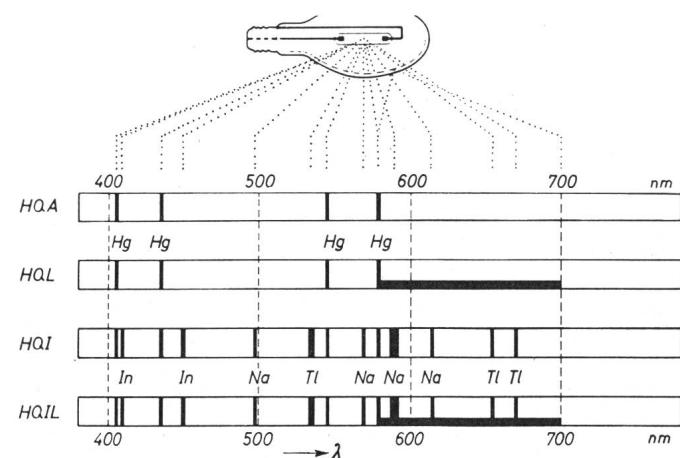


Fig. 5
Quecksilber-Hochdrucklampen

Spektren verschiedener Bauart
HA Quecksilberlampe ohne Leuchtstoff; HQL Quecksilberlampe mit Leuchtstoff; HQI Quecksilberjodidlampe ohne Leuchtstoff; HQIL Quecksilberjodidlampe mit Leuchtstoff; Hg Quecksilberlinien; Na Natriumlinien; In Indiumlinien; Tl Thalliumlinien; λ Wellenlänge

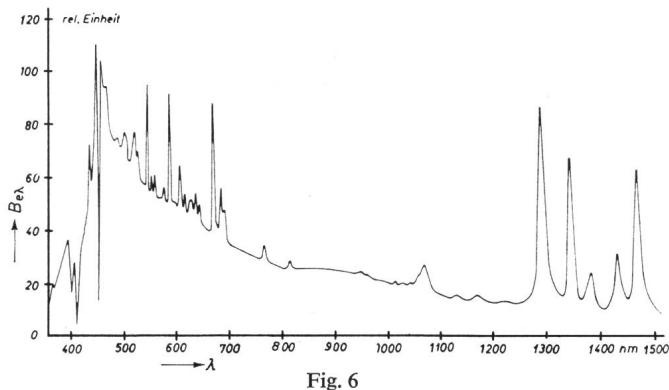


Fig. 6
Relative spektrale Strahldichteverteilung einer Indiumjodid-Hochdrucklampe
 $B_{e\lambda}$ Strahldichte; λ Wellenlänge

ergeben, besteht auch die Möglichkeit, eine oder mehrere Zusatzkomponenten mit vielen Spektrallinien zu verwenden. Mit solchen Zusätzen wie Scandiumjodid [8] und Thoriumjodid [9] sind Lampen mit beachtlich guter Lichtfarbe und hoher Lichtausbeute hergestellt worden.

Wie die Erfahrung gezeigt hat, kann bei den beschriebenen Quecksilberjodidlampen mit den drei Zusätzen als Folge chemischer Reaktionen — insbesondere des Natriums mit der Quarzwand — die Brennspannung der Lampen steigen, wodurch die Lebensdauer begrenzt wird. Wenn für die Lampen noch beliebige Brennlagen zugelassen werden, kann auch die Lichtfarbe eine Veränderung erfahren. Die Beschäftigung mit dem Problem der Jodidlampen hat zu den Jodiden der seltenen Erden geführt, welche ein Viellinienspektrum liefern. Ersetzt man das Natriumjodid durch ein solches der seltenen Erden, dann fallen die bisherigen Schwierigkeiten weitgehend weg, und es lassen sich noch bessere Farbwiedergabeeigenschaften als mit den bisherigen Quecksilber-Jodid-Lampen erreichen. Die neue Lampenausführung wird mit einer Leuchtstoffbeschlämmung hergestellt, um optisch die gleichen Verhältnisse wie bei der bisherigen Quecksilberlampe mit Leuchtstoff zu gewährleisten. Es besteht jedoch die Möglichkeit, den Rotanteil ohne Leuchtstoffschicht zu erhöhen, so dass Lampen mit kleinerem Klarglaskolben hergestellt werden können, was wiederum die Reduktion der Leuchtenabmessungen erlaubt wird.

Die erste Ausführung dieser neuen Quecksilber-Jodidlampe besitzt eine Leistung von 400 W und eine Lichtausbeute von ca. 78 lm/W: der Gewinn im Vergleich zur Quecksilber-Hochdrucklampe beträgt rund 50 %. Im Aufbau und im Betrieb sind die neuen Lampen ähnlich den bisherigen Hg-Lampen. Bei der Konstruktion wurde darauf geachtet, mit den jeweils gleichen Vorschaltgeräten auskommen zu können, um einen Ersatz der alten Lampen ohne weiteres zu ermöglichen. Eine Lampenreihe von 125...2000 W mit 7 Leistungsgrößen ist so vorgesehen, dass sich beim Lichtstrom eine harmonische Abstufung ergibt.

2.2 Hochdruck-Kurzbogenlampen

Für wissenschaftliche Zwecke stehen seit langem Quecksilberlampen mit sehr hohem Druck in Anwendung; bei ihnen kommt es auf die Erzeugung eines kurzen, jedoch sehr intensiven Lichtbogens mit hoher Leuchtdichte an, welche je nach Typ mittlere Werte von etwa 30 000 cd/cm², im Extremfall sogar 170 000 cd/cm² erreichen. Nun sind solche Hochdrucklampen mit mehreren Zusatzkomponenten, wie Natriumjodid, Lithiumjodid, Thalliumjodid sowie mit freiem Jod

hergestellt worden, die zusammen eine Lichtfarbe mit einer Farbtemperatur von etwa 3000 °K ergeben. Einkomponentenlampen mit Indiumjodid allein, stehen auch zur Verfügung; ihre tageslichtähnliche Lichtfarbe weist eine Farbtemperatur von etwa 6500 °K auf (Fig. 6). Solche Hochdrucklampen besitzen im Vergleich zu reinen Quecksilberlampen eine geringere, aber immer noch beträchtliche Leuchtdichte von etwa 10 000 cd/cm² mit sehr gleichmässiger Verteilung, und ermöglichen je nach Leistungsgrösse eine bedeutende Erhöhung der Lichtausbeute um 40...50 % auf 70...100 lm/W. Die neuen Lampen sind jetzt auch für Anwendungen geeignet, bei denen die Farben von Wichtigkeit sind, also z. B. für Projektionszwecke, Mikroskopbeleuchtung, Mikrophoto- und Mikrofilmaufnahmen usw.

2.3 Natrium-Hochdrucklampen

Die bisherigen Natrium-Niederdrucklampen, welche in ihren letzten Ausführungen, also mit angeschmolzenem Außenzyylinder und mit infrarot-reflektierender Schicht auf der Innenseite des Außenkolbens je nach Leistungsgrösse Lichtausbeuten von 110...150 lm/W erreichen und somit die wirtschaftlichsten Entladungslampen sind [10; 11], haben wegen des monochromatischen Lichtes keine gute Farbwiedergabe. Ihre Anwendung bleibt deshalb auf wenige Gebiete, vornehmlich auf die Beleuchtung von Autobahnen, Express- und Überlandstrassen beschränkt. Die Praxis hat sich zwar damit beholfen, Na-Lampen mit anderen Lampen kombiniert zu verwenden.

Wenn eine Natrium-Entladung bei erhöhtem Dampfdruck erfolgt, dann besteht sie nicht mehr aus der bekannten D-Linie, welche durch Selbstabsorption praktisch verschwindet, sondern enthält auf dem ganzen sichtbaren Bereich Strahlungsanteile (Fig. 7), die ein Licht von goldgelber Lichtfarbe (Farbtemperatur etwa 2200 °K) erzeugen, welches dem der Glühlampe ähnlich aussieht, allerdings noch zu wenig Blau-, Grün- und Rotgehalt aufweist, so dass die Farbwiedergabe in diesen Bereichen ungenügend ist.

Die Wandtemperatur des Entladungsgefäßes liegt bei 1200 °C, an der kältesten Stelle bei etwa 750 °C, so dass der Dampfdruck des Natriums etwa 200 Torr beträgt. Für das Gefäß kommt Glas schon gar nicht, aber auch Quarzglas nicht mehr in Frage, das sich in kürzester Zeit verfärbt und entglasen und damit die Festigkeit einbüßen würde. Von der General Electric Company ist dafür ein neuer keramischer, hochhitzebeständiger, natriumfester und sehr lichtdurch-

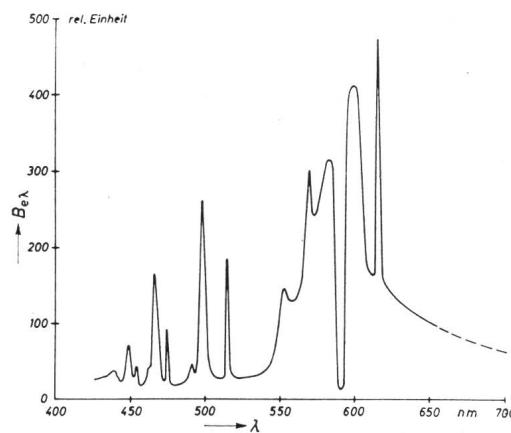


Fig. 7
Relative spektrale Strahldichteverteilung einer Natrium-Hochdrucklampe
Bezeichnungen siehe Fig. 6

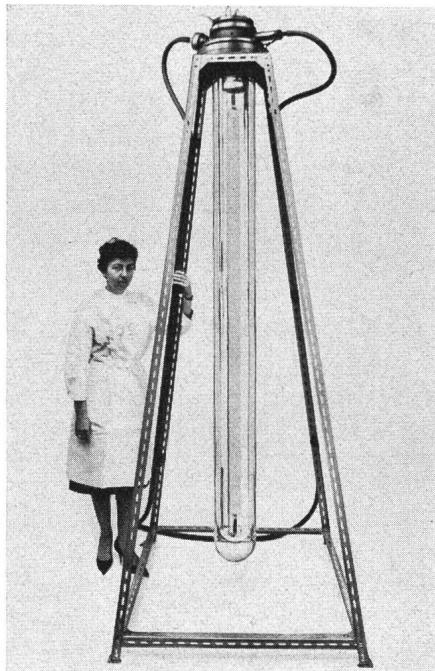


Fig. 8
Quecksilber-Hochleistungsstrahler 40 kW

lässiger Werkstoff aus Aluminiumoxyd entwickelt und im Press- und Sinterverfahren, ähnlich wie Wolfram und Molybdän, gewonnen worden. Dabei wird reinstes und sehr feines Aluminiumpulver mit einem Zusatz von Magnesiumoxyd bei hohem Druck gepresst und danach stufenweise bis 1950 °C gesintert.

Die ersten Lampen [12], die neben Natrium auch Quecksilber und Xenon enthalten, wurden für 400 W gebaut; sie erzeugen einen Lichtstrom von etwas über 40 000 lm, d. h. ihre Lichtausbeute liegt etwas über 100 lm/W. Das Entladungsrohr von etwa 100 mm Länge und 9 mm Durchmesser befindet sich in einem röhrenförmigen Aussenkolben, der evakuiert ist. Solche Lampen, die noch im Entwicklungsstadium sind und von mehreren Fabriken zur Herstellungsreife bearbeitet werden, bedürfen zur Zündung aufwendiger Vorrichtungen. Die Anlaufphase der Entladung bis zur vollen Lichtstromabgabe beträgt einige Minuten; bei Netzunterbruch bedarf es einer Abkühlung der Lampe von etwa einer Minute.

An anderen Leistungsgrößen von 125...1000 W wird gearbeitet. Als Anwendungsbereich kommen Grossflächen- und Strassenbeleuchtungen sowie Anleuchtungen und Beleuchtung von Industriehallen in Betracht.

Die Erfahrung wird zeigen, welche der beiden neuen Lamparten, nämlich die Quecksilberjodid- oder die Natrium-Hochdrucklampe, sich besser einführen lässt, oder ob gegebenenfalls beide die praktische Bewährung bestehen. Ob die etwas grössere Lichtausbeute der Natriumlampe ihre höheren Herstellungskosten und das aufwendigere Zubehör für Zündung und Betrieb aufwiegen kann, und ob ihre Lichtfarbe noch eine Verbesserung erfahren wird, ist eine Frage der Zukunft.

2.4 Xenon-Lampen

Über die Entladung im Xenon und über Xenon-Lampen, die Anfang der 50er-Jahre zur Anwendung gekommen sind, ist manches publiziert worden [13]. Es sollen nachstehend bloss einige neueste Anwendungen aufgezählt werden:

Für die *luftgekühlten* Hochdruck-Typen: Fernseh-Grossprojektion nach dem in der Schweiz entwickelten Eidophor-Verfahren.

Brennschneidegeräte, bei denen der Projektor das Arbeitsstück beleuchtet, das mit Photozellen abgetastet wird und gleichzeitig Schweißbrenner fernsteuert, die am Werkstück Arbeitsgänge ausführen. Licht-Koagulatoren zum Verbinden der losgelösten Netzhaut des Auges auf ihren Untergrund. Lichtbogenöfen zum Erhitzen von Metallen, Kristallen und chemischen Verbindungen unter reinsten Bedingungen ohne Kontakt mit Tigeln und Flammen. Weltraumsimulatoren zur Prüfung von Baustoffen für Raumfahrzeuge unter Bedingungen, wie sie im Raum vorkommen.

Für die *wassergekühlten* Hochdruck-Typen: Bewitterungs- und Lichteinflussprüfungen, mit denen schnell Informationen des Wettereinflusses auf Baumaterialien, Textilien, Farben usw. zu bekommen sind. Erforschung der Allergieanfälligkeit des Menschen. Untersuchung der Wachstumsbedingungen von Pflanzen.

Bei Langbogen-Xenonlampen *ohne zusätzliche Kühlung* [14], welche Strahlungseigenschaften von Hochdrucklampen besitzen, jedoch mit einem Dampfdruck von nur 1 kg/cm² betrieben werden, liegen die Hauptanwendungen bei der Beleuchtung von sehr grossen Flächen. Die tageslichtähnliche Lichtfarbe schafft beste Aufnahmebedingungen für farbiges Fernsehen.

2.5 Quecksilber-Hochleistungsstrahler

Strahler besonderer Art sind die röhrenförmigen Quecksilber-Hochdruck-Strahler von 25 und 40 kW Leistung (Fig. 8), deren Aufgabe nicht im Beleuchtungsgebiet, sondern in der Photochemie liegt. Sie werden in Tauchgefässe gesteckt und vermögen durch ihre konzentrierte Strahlung die Oxydierung von Vorprodukten der Kunststofferzeugung, d. h. die Umgруппierung von Molekülen zu Molekülstrukturen sehr viel schneller, sauberer und mit geringerem Apparateaufwand zu bewerkstelligen, als es bisher auf chemischem Wege möglich war. Die Strahler aus Quarzglas mit einer dosierten Quecksilbermenge, die im Betrieb vollständig verdampft, befindet sich in einem Glaszyylinder, der mit Stickstoff gespült wird, um die Oxydation der Metallteile zu verhindern. Da die photochemischen Vorgänge keine hohen Temperaturen ertragen, wird der Strahler samt Glasumhüllung in einen weiteren Glaszyylinder gesteckt, der von Kühlwasser durchflossen wird.

2.6 Fluoreszenz-Lampen

Die Standardausführungen der Quecksilber-Niederdruck-Fluoreszenzlampen erreichen heute 70 lm/W und mehr, je nach Lichtfarbe; die mittlere Lebensdauer konnte auf viele tausend Stunden erhöht werden.

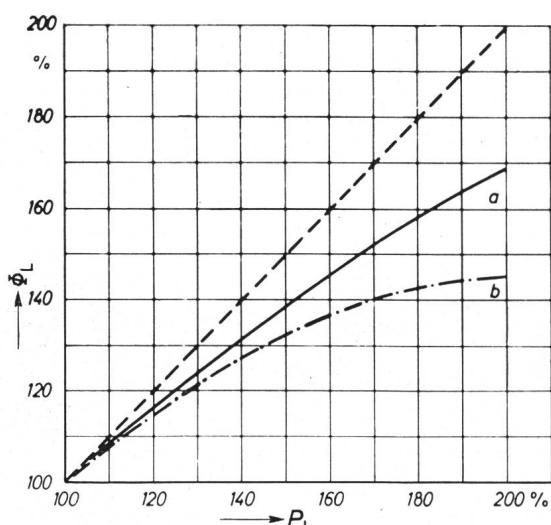


Fig. 9
Lichtstrom Φ_L einer Fluoreszenzlampe in Abhängigkeit der aufgenommenen Leistung P_L

a Wandtemperatur des Rohrkolbens konstant;
b Wandtemperatur des Rohrkolbens veränderlich

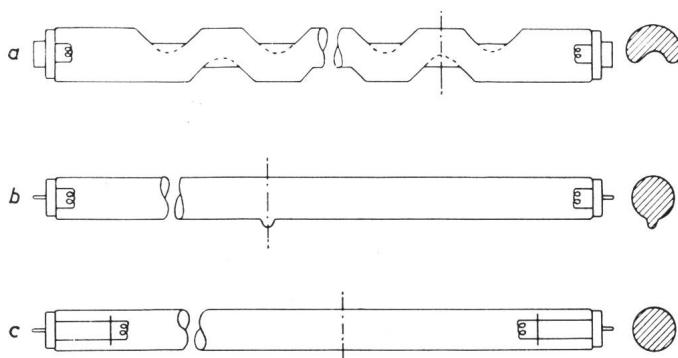


Fig. 10

Bauformen verschiedener Fluoreszenz-Hochleistungslampen

a Kolbenverformung mit Dellen; b Kolben mit Zapfen; c Kolben mit verlängerten Elektrodenräumen

Die steigenden Anforderungen an Stärke und Güte der Beleuchtung gaben Auftrieb, *Fluoreszenz-Hochleistungslampen* mit 1,5 A Stromstärke zu bauen, welche gegenüber den Standardausführungen pro cm Länge einen höheren Lichtstrom liefern. Wie sich der Lichtstrom durch höhere Belastung einer Fluoreszenzlampe verhält, zeigt Fig. 9. Mit steigender Leistung wird die zulässige Rohrwandtemperatur von 40 °C überschritten, die Ausbeute der Resonanzlinie 253,7 nm, welche die Leuchtstoffe anregt, geht zurück, und der Anstieg des Lichtstromes bleibt gegenüber dem der Leistung wesentlich zurück (Kurve b). Wenn jedoch die Kolbenwandtemperatur tief gehalten wird, so steigt der Lichtstrom mit entsprechend niedrigem Dampfdruck viel stärker an (Kurve a). Die Differenz der beiden Kurven zeigt, wieviel zu gewinnen ist, wenn beim Lampenbau die Kolbenwandtemperatur niedrig gehalten werden kann.

Das physikalische Prinzip, wonach der kälteste Teil einer Lampe im stationären Zustand den Quecksilberdampfdruck bestimmt, hat die Lampenhersteller zu verschiedenen Lösungen angeregt. Es gibt dazu physikalische Möglichkeiten [15], z. B. durch Verformung des Röhrenkolbens (General Electric), durch Anbringen eines Kühlzapfens in der Rohrmitte (Philips) oder durch Verlängerung des Elektrodenraumes an den Rohrenden (Sylvania), (Fig. 10). Es wird auch eine chemische Methode (Osram), angewendet, bei der der Effekt ausgenutzt wird, dass der Dampfdruck über einem Metallamalgam niedriger ist als über dem Metall selbst [16]. Als amalgamierendes Metall wird Cadmium verwendet, das sich in einer kleinen Amalgampille auf der Innenfläche des Lampenkolbens befindet.

Mit solchen Mitteln wird also der gehemmte Anstieg des Lichtstromes bei erhöhter Leistung weitgehend aufgehoben. Die Frage ist jedoch, wie schnell diese Mittel reagieren, um für die Regelung des Dampfdruckes brauchbar zu sein. Mit einer Versuchslampe, die als Grundgas zur wirkungsvollen Demonstration anstelle des üblichen Argons rotleuchtendes Neon enthält, kann die Wirkung der Amalgampille überzeugend vorgeführt werden. Fülldruck des Grundgases und Dosierung des Cadmiumamalgams müssen bei der Demonstrationslampe so abgestimmt sein, dass bei Zimmertemperatur nur das rote Leuchten des Neons auftritt und das Quecksilber wegen des geringen Dampfdruckes an der Strahlung nicht teilnimmt. Wird nun das Glasrohr an der Stelle der Amalgampille erwärmt, steigt der Quecksilberdampfdruck und die Entladung zeigt die blaue Lichtfarbe des Hg-Niederdruckspektrums. Durch Kühlen der Pille, z. B. durch An-

blasen, sinkt der Dampfdruck des Quecksilbers, die blaue Strahlung verschwindet, und das rote Neonleuchten erscheint wieder.

Das Amalgamprinzip kann auch für Fluoreszenzlampen, die in eingeschlossenen Leuchten Verwendung finden, erfolgreich benutzt werden [17]. In solchen Leuchten treten Temperaturen von 50 °C und mehr auf. Setzt man gewöhnliche Standardlampen ein, dann geht der Lichtstrom und damit der Wirkungsgrad einer Beleuchtungsanlage (Fig. 11) beträchtlich zurück. Lampen mit physikalischen Kühlmitteln eignen sich in geschlossenen Leuchten kaum, da darin die Lampen gleichmäßig aufgeheizt werden und keine «kältesten Stellen» mehr vorhanden sind. Bei den *Amalgalampen* ist die Dosierung von Hg und Cd so getroffen, dass das Lichtstromoptimum zwischen 45 °C und 50 °C zu liegen kommt, so dass in geeigneten Leuchten im Vergleich mit gewöhnlichen Fluoreszenzlampen Lichtstromgewinne bis etwa 30 % zu erzielen sind.

2.7 Hochspannungs-Leuchtröhren

Bei den Hochspannungs-Leuchtröhren, die vor allem für Werbezwecke Verwendung finden, hat sich eine Entwicklung angebahnt, deren Impulse weder von Europa oder Amerika, sondern von Japan ausgehen, wo heute die attraktivsten Anlagen in Anwendung stehen. Während in Europa eine durchschnittliche Leuchtröhren-Werbeanlage 20...40 m Rohr umfasst und grosse Anlagen 400...800 m Rohr benötigen, bestehen die grossen Anlagen in Tokio aus mindestens 2000 m Rohrlänge; es gibt mehrere mit 10 000 m, und die grösste umfasst sogar 15 000 m; die Anschlusswerke liegen zwischen 100 und 500 kVA. Die faszinierenden und werbekräftigen Wirkungen werden durch viele Lichtfarben und Schalleffekte erzielt. Die komplizierten Schaltungen benötigen mehrere hundert Kontaktstellen. Mechanische Steuerungen sind hiebei am Ende ihrer Funktionssicherheit angelangt, und das ist auch der Grund für den Übergang auf elektronische Schaltwerke, mit völlig neuen Lichteffekten, wie z. B. das Nachlaufen von andersfarbigen Schatten, die Mehrtext- und Mehrfarbanlagen und die ineinanderfliessenden Verschmelzungen, mit denen nicht nur schreibende, sondern auch malende und lavierende Wirkungen hervorgezaubert werden können.

Solche Anlagen wären heute bei uns auch in den grössten Städten wohl kaum möglich, da ja vielerorts Verordnungen, aus der Erstlingszeit der Leuchtwerbung, die Erstellung von bewegten Lichtreklamen verbieten, und Ausnahmen höchstens für die wenigen Wanderschriften bewilligt worden sind.

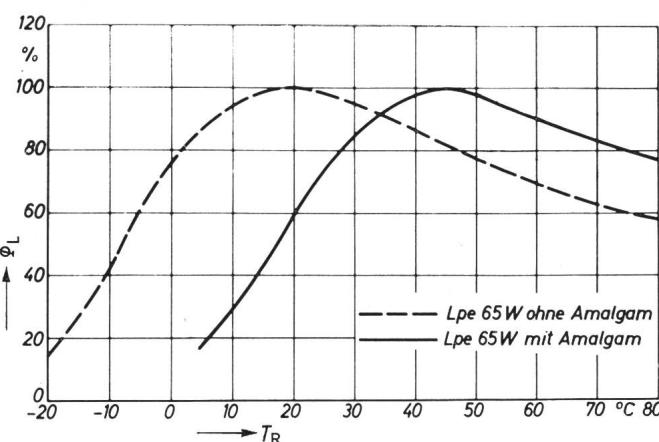
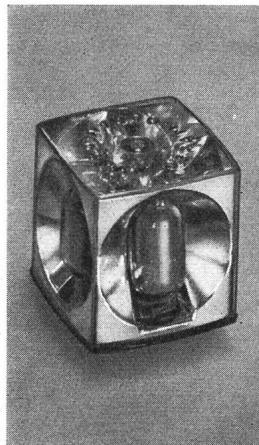
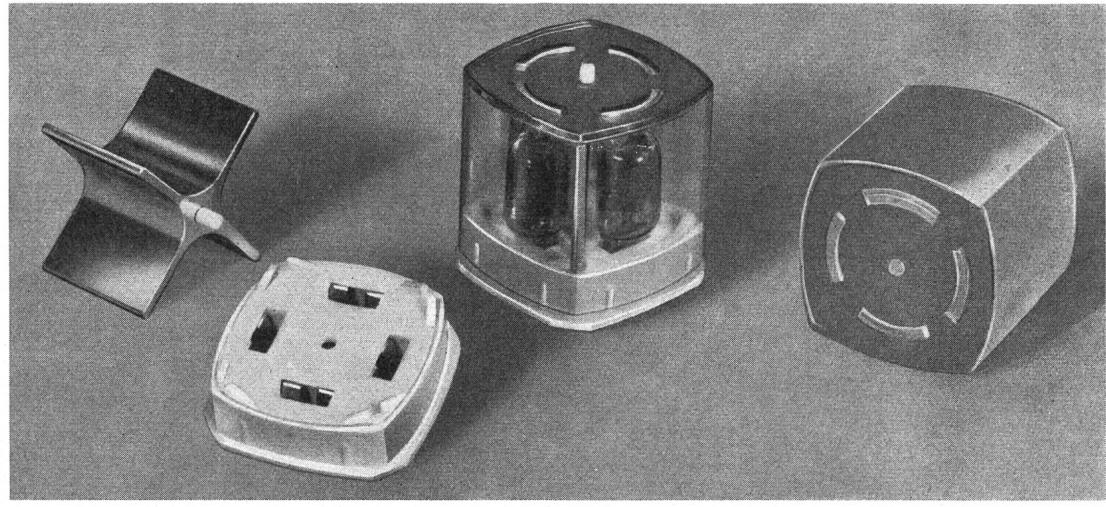


Fig. 11
Lichtstrom ϕ_L von Fluoreszenzlampen ohne und mit Amalgam in Abhängigkeit der Raumtemperatur T_R



a



b

Fig. 12
Photo-Blitzwürfel

a Würfel mit vier Blitzen; b Würfel mit vier Blitzen zum Nachbestücken
(ausgerüsteter Würfel und seine Bestandteile)

Die total verbietenden Bestimmungen bewegter Lichtreklamen dürfen heute wohl als überholt anzusehen sein. Wir haben uns in der Schweiz inzwischen auch zu modernen Stadtmenschen durchgemauert, die beim Anblick einer Lichtreklame nicht mehr Mund und Augen aufsperren und die Beherrschung am Autosteuer verlieren, oder als Fussgänger auf die Fahrbahn stürzen und ein Verkehrschaos hervorrufen. Wir haben uns gewöhnen müssen, neben den Lichtreklamen auch auf die Strassensignalisation aufzupassen, und sind auch schon in Städten des Auslandes mit bewegten Lichtreklamen gewesen, ohne dort Unheil angestiftet zu haben.

3. Photoblitzlampen

Von den elektrischen Verbrennungslampen sei die neueste Ausführung des kleinen Photoblitzes erwähnt, in welchem feinste Zirkonschnitzel durch elektrische Entzündung einer Pille in der Sauerstoffatmosphäre des blauen Kolbens verbrannt werden und dabei eine intensive Lichtstrahlung mit einer Lichtstärke von $1,2 \cdot 10^5$ cd erzeugen. Der Scheitelwert wird nach 15 ms erreicht, die Leuchtzeit beträgt ebenfalls 15 ms und die Farbtemperatur ist 5500 °K.

Neu ist die Verwendungsgattung dieses Blitzes, indem vier Blitze mit Reflektoren zu einem Würfel zusammengefasst sind (Fig. 12a) und in Kameras mit Drehmechanismus eine rasche Blitzfolge ermöglichen, so dass 4 Aufnahmen innerhalb 5 s exponiert werden können. Der Blitzwürfel ist für Schwarz-Weiss- und für Farbaufnahmen geeignet. Eine Abart dieses Blitzwürfels ist die Ausführung zum Selbstbestücken (Fig. 12b). Das Gerät braucht nur einmal angeschafft zu werden und ist in allen Kameras für Blitzwürfel, aber auch in Blitzgeräten zum Aufstecken auf herkömmliche Kameras verwendbar.

4. Forschung und Entwicklung der Lichtquellen

Die Fortschritte in der Entwicklung der elektrischen Lampen sind einem unentwegten Forscherwillen zu danken, der am Anfang der Epoche fast nur von der reinen Empirie getragen war. Immer mehr wurden technische und wissenschaftliche Hilfsmittel zur Lampenverbesserung eingesetzt. Bei den grösseren Fabriken bestehen Forschungs- und Entwicklungsbereiche schon seit Jahrzehnten. Solche Studienabteilungen

betreiben wissenschaftliche Grundlagenforschung und technische Entwicklungsarbeit. Die Grundlagenforschung befasst sich mit der Klärung der Voraussetzungen zum Bau neuer oder zur Verbesserung bestehender Lichtquellen; sie erforscht aber auch die Herstellung und Vervollkommenung von Zwischenprodukten, Bestandteilen und Verfahren. Die Entwicklungsabteilungen führen die Forschungsergebnisse zur Ausführungsreife, indem sie die Lichtquellen zum technisch herstellbaren Produkt ausbauen, die dazu nötigen Maschinen sowie die Herstellungs- und Prüfverfahren entwickeln und Unterlagen zum Bau der Einrichtungen liefern.

Unter den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der verschiedenen Firmen besteht in manchen Fragen kollegiale Zusammenarbeit, insbesondere was die Vereinheitlichung des Betriebes der Lichtquellen und ihre Normung anbelangt, und zwar lange bevor die CEI-Normung einsetzt. In anderen Fragen forschen die Fabriken unabhängig voneinander und suchen zu Verbesserungen oder gar zu neuen Lichtquellen zu gelangen, um damit ihr Ansehen zu festigen und zu erhöhen. Aus diesem Wettbewerb zieht der Lichtkonsument natürlich den grössten Nutzen.

Es ist allgemein bekannt, dass die Lampenfabriken, ähnlich wie sonstige Produktionsfirmen einen beachtlichen Werbeaufwand treiben, um ihre Erzeugnisse zu propagieren und zu verkaufen. Weniger bekannt dürfte dagegen sein, dass für die Forschung und Entwicklung ein mehrfach grösserer Betrag aufgewendet wird als für die Werbung. Im Verkaufspreis jeder Lampe steckt ein Teil, welcher der Weiterentwicklung der Lichtquellen dient und letzten Endes wieder dem Lichtkonsumenten zugute kommt.

Literatur

- [1] C. Reiter: Zur Physik und Technik der Kryptonlampe. ETZ 63(1942)47/48, S. 553...557.
- [2] W. Schilling: Glühlampen mit Jodzusatz. ETZ B 13(1961)18, S. 485...487.
- [3] Eine Halogen-Lampe mit zwei Wendeln für Autoscheinwerfer. Bull. SEV 57(1966)25, S. 1175...1176.
- [4] H. Gertig: Die heutigen Quecksilber-Hochdrucklampen, deren Aufbau und Betriebseigenschaften. Elektr.-Verwertg. 37(1962)2, S. 31...36.
- [5] A. Dobrusskin und B. Kühl: Mischlichtlampen mit Leuchtstoff. Lichttechnik 15(1963)11, S. 554...557.

- [6] E. C. Martt, L. J. Smialek und A. C. Green: A New Mercury Lamp with Sodium Jodide Additive Improves Efficacy and Color. Illum. Engng. 59(1964)1, S. 34...38.
- [7] B. Kühl: Quecksilber-Hochdrucklampen mit Jodidzusätzen. Lichttechnik 16(1964)2, S. 68...71.
- [8] A. Bauer: Hochdrucksentladungslampen mit Metallhalogenidenzusätzen. Lichttechnik 16(1964)3, S. 118...120.
- [9] J. F. Waymouth, W. C. Gungle, J. M. Harris und F. Koury: A New Metal Halide Arc Lamp. Illum. Engng. 60(1965)2, S. 85...88.
- [10] H. J. Gebhard und B. Kühl: Neue Natriumdampf-Lampen höherer Leistung. Bull. SEV 54(1963)8, S. 288...293.
- [11] R. Groth und E. Kauer: Wärmeisolation von Natriumdampflampen. Philips' techn. Rdsch. 25(1963/64)10/11, S. 352...359.
- [12] W. C. Louden und K. Schmidt: High-Pressure Sodium Discharge Arc Lamps. Illum. Engng. 60(1965)12, S. 696...701.
- [13] Betriebsweise und Anwendung von Xenon-Hochdrucklampen. Techn. Rdsch. 48(1956)15, S. 15.
- [14] H. Lompe: Neuartige Xenonlampen hoher Leistung. Elektr.-Verwertg. 33(1958)11/12, S. 283...286.
- [15] H. J. Arlt und K. Kümmritz: Das Temperaturverhalten von hochbelasteten Leuchtstofflampen. Elektr.-Verwertg. 35(1960)1/2, S. 9...14.
- [16] A. Lompe und H. Dziergwa: Hochleistungs-Leuchtstofflampen Amalgam. Technisch-Wissenschaftliche Abhandlungen der OSRAG-Gesellschaft 8(1963), S. 78...80.
- [17] K. Eckhardt: Neue Leuchtstofflampen mit höherem Lichtstrom bei Betrieb in geschlossenen Leuchten. Lichttechnik 17(1965)1, S. 5A...8A.

Adresse des Autors:

J. Guanter, dipl. Ingenieur der Osram AG, Freiestrasse 84, 8032 Zürich.

RUDOLF ALIOTH

1848—1916

Zeugen bester Qualität sind einige heute noch in Betrieb stehende Tramkontroller, auf denen der Name Alioth zu lesen ist. Sie können auf eine beinahe 60jährige Lebenszeit zurückblicken.

Rudolf Alioth wurde am 5. Mai 1848 in Arlesheim als Fabrikantensohn geboren. Nach 3jährigem Ingenieurstudium an der «Ecole Spéciale» der Universität Lausanne und einem kurzen Amerikaufenthalt betätigte er sich in verschiedenen Fabriken, zuletzt im väterlichen Unternehmen. 1881 gründete er mit *Emil Bürgin* zusammen eine Fabrik elektrischer Einrichtungen. Man fabrizierte nach System Bürgin vor allem Dynamos für Bogenlampenanlagen. Drei Jahre später machte sich Alioth selbstständig. 1895 wandelte er seine Firma in eine Aktiengesellschaft um. Anfänglich wurde in der Fabrik ausschliesslich Gleichstrommaterial hergestellt, wozu aber, im Gegensatz zu heute, sämtliches Zubehör gehörte, wie Schalter, Messinstrumente, Beleuchtungskörper usw.

Die an den Landesausstellungen von 1883 (Zürich) und 1896 (Genf) gezeigten Maschinen festigten den Ruf des Unternehmens, das auch viel exportieren konnte. Alioth schuf eigene Konstruktionen für seine Dynamos. Während anderen Fabrikaten noch die Unfertigkeit physikalischer Versuchsapparate anhaftete, verstand es Alioth, seinen Maschinen und Apparaten den Stempel technischer Gereiftheit und sogar der Schönheit aufzudrücken. Mit dem Aufkommen des Wechsel- und Drehstromes wurden auch Drehstrommotoren sowie Einankerumformer gebaut. Daneben nahmen Lieferungen von Traktionsmaterial, namentlich für Trambahnen, einen grossen Raum ein.

Der Rückgang der Konjunktur bereitete dem jungen, überaus rasch gewachsenen Unternehmen Schwierigkeiten, so dass 1910 der Betrieb an die AG. Brown, Boveri & Cie. überging.

Rudolf Alioth war eine Künstlernatur. Er liebte auch die Musik und spielte selber Cello, Klavier und Orgel. Im Militär stieg er bis zum Geniechef eines Armeekorps auf. Sein Hauptverdienst in der Technik liegt in der Schaffung einer für die damalige Zeit leistungsfähigen Industrie und in der Entwicklung der pionierhaften elektrischen Maschinen und Apparate zu betriebs-sicheren Einrichtungen. Dafür verlieh ihm die Universität Lausanne den Ehrendoktor.

H. Wüger



Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Die magnetisch-induktive Durchflussmessung

532.574.6

[Nach H. Bernard: Die magnetisch-induktive Durchflussmessung. ETZ-B 19(1967)1, S. 7...11]

Nach dem Faradayschen Induktionsgesetz wird in einem senkrecht zu einem Magnetfeld bewegten Leiter eine, der Geschwindigkeit proportionale Spannung erzeugt. Dies gilt insbesondere auch für Flüssigkeiten, sofern deren elektrische Leitfähigkeit genügend gross ist, so dass der Innenwiderstand des Gebers noch um Zehnerpotenzen kleiner als die Eingangsimpedanz des nachgeschalteten Verstärkers ist. Unter diesen Bedingungen wird die Durchflussmessung unabhängig von der Leitfähigkeit des gemessenen Stoffes. Die magnetisch induktive Durchflussmessung

eignet sich für sämtliche wässrigen Lösungen, Aufschlämmungen, Säuren und Laugen, deren Leitfähigkeit im Bereich bis zu 10^{-8} S/cm liegt; das Verfahren versagt bei Kohlenwasserstoffen deren Leitfähigkeit für die gegebenen apparativen Möglichkeiten zu gering ist.

Fig. 1 zeigt die wesentlichen Elemente des Primärgebers eines induktiven Durchflussmessers wie er in eine Rohrleitung eingeflanscht werden kann. Bei Einbau in nicht- oder nur schlecht-leitende Rohrleitungen ist es wichtig, den zu messenden Stoff durch zusätzliche Elektroden gut zu erden. Die Messelektroden liegen genau diametral gegenüber den Erregerspulen. Das Geberrohr besteht im allgemeinen aus einem austenitischen Stahl (Kunststoff, Ton, Zement und Glas sind ebenfalls möglich) der