

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 37 (1946)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Die Hochspannungs-Fluoreszenzröhre als Lichtquelle  
**Autor:** Gruber, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057349>

### **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:** 25.12.2024

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

$$\left(\frac{d^5 u_{NF}}{dx^5}\right)_{x=0} = 0 \tag{13}$$

Sollen Gl. (11) und (13) gleichzeitig gelten, so muss ausserdem noch

$$1 - \frac{\alpha^2}{4} \cdot \frac{L_2 Q_2}{L_1 Q_1} = \frac{(1 + \alpha^2)^2}{\left[2\alpha^2 - \left(\frac{Q_1}{Q_2} + \frac{Q_2}{Q_1}\right)\right]^2} \tag{14}$$

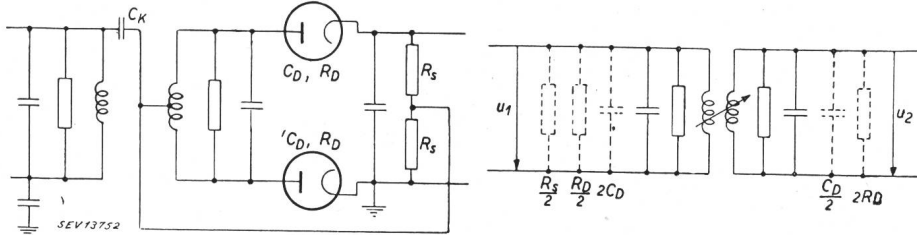


Fig. 8.  
Prinzip- und Ersatzschaltung eines Phasensprung-Diskriminators  
 $C_D$  Diodenkapazität,  $R_D$  Diodendämpfung,  $R_S$  ohmsche Widerstände,  $C_K$  Koppelungskapazität,  $u_1$  Eingangsspannung,  $u_2$  Ausgangsspannung.

sein. Es zeigt sich nun, dass es reelle Lösungen von Gl. (12) und Gl. (14) gibt, wenn  $|\alpha| > 2,3$  ist.

So wird z. B. für

$$\begin{aligned} \alpha = 2,5 & \quad \frac{Q_2}{Q_1} = 0,49 \text{ und } \frac{L_2}{L_1} = 0,79 \\ \alpha = 3 & \quad \frac{Q_2}{Q_1} = 0,36 \text{ und } \frac{L_2}{L_1} = 0,69 \end{aligned}$$

Bei Einhaltung dieser Werte erhält man tatsächlich eine sehr gute Diskriminator-Charakteristik. Da aber der Sekundärkreis 2—3mal stärker gedämpft werden müsste, ist die Erfüllung von Gl. (14) prak-

tisch wenig interessant, es sei denn, man könne den Primärkreis sehr hochohmig dimensionieren.

Zum Schluss soll noch ein Punkt erwähnt werden, und zwar der Einfluss der Diodenkapazitäten und der Diodendämpfung. Die Formeln (1) und (2) gelten eigentlich nur, wenn die Impedanz der Dioden unendlich gross ist. Man kann aber zeigen, dass die hier abgeleitete Theorie streng gilt, wenn man zur Bestimmung von  $u_1$  und  $u_2$  das Ersatzschema nach Fig. 8 wählt.

Literatur

1. Foster, D. E., und Seeley, S. W.: Automatic tuning simplified circuits and design practice. Proc. Inst. Radio Engrs. Bd. 25(1937), Nr. 3, S. 289 ff.
2. Roder, H.: Theory of the discrimination circuit for automatic frequency control. Proc. Inst. Radio Engrs. Bd. 26(1938), Nr. 5, S. 590 ff.
3. Crosby, M. G.: A method of measuring frequency deviation. RCA-Rev. Bd. 4(1940), Nr. 4, S. 473...477.
4. Sturley, K. R.: The phase discriminator and its use as frequency-amplitude converter for frequency-modulated reception. Wirel. Engr. Bd. 21(1944), Nr. 245, S. 72...78 (s. Referat auf S. 540...544).
5. Arguimbau, L. B.: Discriminator linearity. Electronics Bd. 18(1945), Nr. 3, S. 142 ff.

Adresse des Autors:

Dr. P. Güttinger, A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden.

## Die Hochspannungs-Fluoreszenzröhre als Lichtquelle

Von W. Gruber, Neuhausen

621.327.4: 535.57

Nach einer kurzen Darlegung des Unterschiedes zwischen Hochspannungs- und Niederspannungs-Fluoreszenzröhren wird über Entwicklungsgeschichte, Aufbau und Qualitätsmerkmale der Hochspannungs-Fluoreszenzröhre berichtet, sowie der elektrische Betrieb und die Lichtstromregulierung beschrieben. Eine Röhren-Anschluss-tabelle gibt interessante Aufschlüsse über den Zusammenhang zwischen Röhrenlänge und Zündspannung. Zum Schluss weist der Autor darauf hin, dass bei Befolgung der Hausinstallationsvorschriften des SEV jede Gewähr für Betriebssicherheit und Gefährlosigkeit der Hochspannungs-Fluoreszenzröhren geboten ist, und macht einige Angaben über deren Anwendung.

Après un court aperçu des différences existant entre les tubes fluorescents à haute et à basse tension, l'auteur expose l'historique, la construction et les caractéristiques permettant de reconnaître la qualité des tubes fluorescents à haute tension. Il décrit également leur fonctionnement et le réglage du flux lumineux. Un tableau, se rapportant au branchement des tubes, donne d'intéressantes indications quant au rapport entre leur longueur et la tension d'allumage. Pour terminer, l'auteur mentionne qu'en respectant les Prescriptions de l'ASE sur les installations intérieures, toute garantie est donnée pour le bon fonctionnement des installations et éviter tout danger. L'article se termine par quelques indications sur l'emploi des tubes fluorescents à haute tension.

### Allgemeines

Die überragende Bedeutung der Fluoreszenzröhre als Beleuchtungsmittel ist heute in Fachkreisen unbestritten. Schon während des Krieges wurden die neuen, leistungsfähigen Fabrikationsbetriebe des Auslandes fast ausschliesslich mit Fluoreszenzröhren beleuchtet. Dadurch konnten nicht nur die günstigsten Sehbedingungen für die Nacharbeit, sondern auch bedeutende Einsparungen an elektrischer Energie erzielt werden. Auch in der Schweiz werden Beleuchtungsanlagen mit Fluoreszenzröhren

in immer grösserer Zahl und von erheblichem Umfang erstellt.

Fluoreszenzröhren werden in zwei grundsätzlich verschiedenen Ausführungen hergestellt. Diese unterscheiden sich im konstruktiven Aufbau der Röhren und auch im elektrischen Betriebsgerät.

Hochspannungs-Fluoreszenzröhren werden von Fall zu Fall nach Mass (gerade oder beliebig gebogen, und unter Verwendung der sogenannten kalten Elektroden) fabriziert. Das Betriebsgerät ist ein Hochspannungs-Streifeldtransformator von 1000 bis

10 000 V Leerlaufspannung, je nach der totalen Länge (bis 20 m) der in Serie angeschlossenen Fluoreszenzröhren.

**Niederspannungs - Fluoreszenzröhren** (früher Leuchtstoffröhren, heute Fluoreszenzlampen genannt) sind genormte, serienmässig-maschinell fabrizierte, gerade Röhren. Sie sind mit Oxydelektroden mit zusätzlicher Heizvorrichtung für den Zündvorgang ausgerüstet. Der elektrische Anschluss geschieht über ein Vorschaltgerät (Drosselspule + Zündvorrichtung) direkt an 220 V Wechselstrom.

Für die Projektierung sowie die objektive Beurteilung von Beleuchtungsproblemen ist es unerlässlich, den Aufbau und den elektrischen Betrieb der beiden Systeme von Fluoreszenzröhren zu kennen. Ueber die Niederspannungs-Fluoreszenzröhre wurde an dieser Stelle bereits ausführlich berichtet<sup>1)</sup>. Es sollen deshalb im folgenden der Aufbau und die Wirkungsweise der

#### Hochspannungs-Fluoreszenzröhre

beschrieben werden. Das Bedürfnis nach einer solchen Orientierung ist auch darauf zurückzuführen, dass in ausländischen Fachschriften nur sehr spärliche Veröffentlichungen über die Eigenschaften dieses Beleuchtungssystems zu finden sind. Der Grund mag darin liegen, dass für das Fertigfabrikat der individuell angefertigten Hochspannungs-Fluoreszenzröhre kein Exportinteresse vorliegt.

#### Entwicklungsgeschichte der Fluoreszenzröhre

Hierüber ist zu sagen, dass es mehr als 25 Jahre brauchte von der grundlegenden Erfindung der Neonröhre durch Ramsey und Claude in den Jahren 1909/10 bis zur industriellen Fabrikation einer für Beleuchtungszwecke brauchbaren, weiss leuchtenden Fluoreszenzröhre. In diesem Zeitraum haben namhafte Gelehrte aller Länder in gut ausgerüsteten Laboratorien an der Vervollkommnung dieser bedeutenden Erfindung gearbeitet. Es galt, den in bezug auf Lichtausbeute und Lebensdauer optimalen Gasdruck, die günstigste Form und Beschaffenheit der Elektroden, sowie das elektrische Betriebsgerät zu erforschen. Auch waren geeignete Fluoreszenzstoffe zu finden und chemisch rein herzustellen. Diese mussten gegen den Einfluss des elektrischen Vorganges im Gasentladungsrohr unempfindlich sein. Es war festzustellen, auf welche Ultraviolett-Wellenlänge diese Fluoreszenzstoffe im höchsten Masse reagieren, damit erreicht werden konnte, dass bei der Gasentladung das Maximum dieser bevorzugten Strahlenart erzeugt wird.

Nach den guten Erfahrungen, die mit den weiss leuchtenden Hochspannungs-Fluoreszenzröhren als Lichtquelle gemacht wurden, war der industriellen Weiterentwicklung der Weg vorgezeichnet. In der Schweiz werden Hochspannungs-Fluoreszenzröhren seit 1933 nach den Patenten der Ets Claude-Paz & Silva, Paris, fabriziert. Die folgenden Angaben beziehen sich auf dieses Fabrikat.

#### Aufbau der Hochspannungs-Fluoreszenzröhre

**Beleuchtungsröhren** werden aus Pyrexglas von 18 mm  $\varnothing$  (in Spezialfällen 13 mm  $\varnothing$ ) hergestellt,

dessen Innenwand mit Fluoreszenzstoff belegt ist. Fluoreszenzstoffe sind anorganische Substanzen, deren Eigenschaft, Ultraviolett-Strahlen in Licht umzuwandeln, die Farbtonung des Lichtes bestimmt. Glasröhren von 13 oder 18 mm  $\varnothing$  lassen sich von geübten Glasbläsern durch Erwärmen über der Gasflamme in sehr enge Kurven biegen, ohne allzu grosse Gefahr, dass innere Glasspannungen entstehen. Form und Länge der Röhre können beliebig gewählt werden. Es werden Röhren von 10...600 cm Länge fabriziert. Der gesamte Spannungsabfall setzt sich zum grösseren Teil aus demjenigen an den Elektroden und zum kleinsten Teil aus demjenigen in der Gassäule zusammen. Bei der normalen Belastung von 100 mA ist der Spannungsabfall an den Elektroden praktisch konstant, woraus hervorgeht, dass lange Röhren in bezug auf Lichtausbeute und erforderliche Zündspannung günstiger sind. Beleuchtungsröhren werden aus Gründen der Fabrikation und Montage vorwiegend in Längen von 250...290 cm angefertigt.

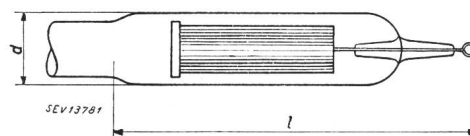


Fig. 1.

Elektrode für 100 mA der Hochspannungs-Fluoreszenzröhre  
 $l = 130$  mm  
 $d = 27$  mm

Die **Elektrode** (Fig. 1) besteht aus einem Zylinder aus Elektroden-Stahlblech. Ein Metalldraht, dessen Ausdehnungskoeffizient demjenigen des Pyrexglases angepasst ist, dient zugleich als Halter des Stahlzylinders und als stromleitende Verbindung zum Hochspannungskabel. Eine besondere Vorrichtung verhindert das Zerstäuben der Elektrode während der Entladung. Die Elektroden der Hochspannungs-Fluoreszenzröhre erwärmen sich durch die Entladung; eine zusätzliche Heizung ist selbst für den Moment der Zündung nicht nötig. Man bezeichnet sie deshalb als «kalte» Elektroden. Sie sind zufolge dieses einfachen Aufbaus unempfindlich gegen Ueberspannung, Erschütterung und Vibrationen. Daher erklärt sich die sehr lange Lebensdauer der Röhren, die bisher unübertroffen geblieben ist.

Die **Füllung** besteht aus dem Edelgas Argon und metallischem Quecksilber, welches im Betrieb verdampft. Der Gasdruck beträgt wenige mm Hg-Säule.

#### Qualitätsmerkmale der Hochspannungs-Fluoreszenzröhre

Die Eignung einer Lichtquelle wird in technischer Hinsicht nach folgenden Gesichtspunkten beurteilt:

1. Lichtausbeute (Lumen pro Watt),
2. Lebensdauer (Fabrikgarantie in Brennstunden),
3. Spektrale Lichtzusammensetzung,
4. Form (beliebig oder genormt),
5. Leuchtdichte.

Die Temperaturstrahler (Glühlampen) sind nach der Ansicht der Konstrukteure bei den heute zur

<sup>1)</sup> Bull. SEV Bd. 37(1946), Nr. 3, S. 60...67.

Verfügung stehenden Materialien (Wolfram) praktisch am Ende einer erfolgreichen Entwicklung angelangt. Dagegen haben die Lumineszenzstrahler und vor allem die Fluoreszenzröhren schon heute in allen erwähnten Merkmalen ganz bedeutende Verbesserungen gebracht. Zudem stehen noch weitere Entwicklungsmöglichkeiten offen.

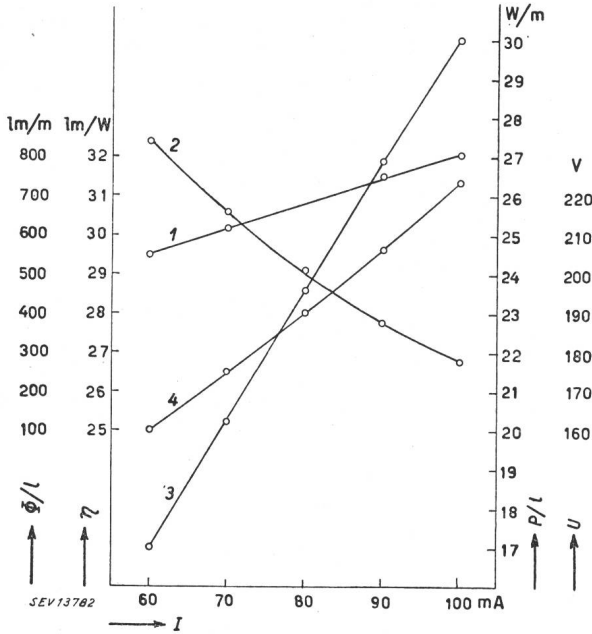


Fig. 2.

Charakteristiken einer Hochspannungs-Fluoreszenzröhre (Spirale) von 5 m abgewickelter Länge; Streufeldtransformator 220/2500 V

- 1 Lichtstrom durch Röhrenlänge  $\Phi/l$  (in lm/m)
- 2 Lichtausbeute  $\eta$  (in lm/W)
- 3 Leistungsaufnahme durch Röhrenlänge  $P/l$  (in W/m)
- 4 Spannung  $U$  (in V) in Funktion der Stromstärke  $I$  (in mA) einer Tageslicht-Hochspannungs-Fluoreszenzröhre

Ueber die Lichtausbeute (Ziff. 1) einer Tageslicht-Hochspannungs-Fluoreszenzröhre in Funktion der Belastung orientiert Fig. 2. Die Lichtausbeute-Zahlen der warm-weissen Röhre sind nach Angaben der Fabrikanten 15 % höher.

Die garantierte Brenndauer (Ziff. 2) beträgt neuerdings 5000 Stunden.

Bei der Beurteilung der Leistung verschiedener Lichtquellen sollten die Angaben über Lichtausbeute und Lebensdauer immer zusammen verglichen werden. Es ist technisch möglich, die eine Qualität auf Kosten der anderen zu verbessern. Die Glühlampe wird beispielsweise normal für 1000 Brennstunden konstruiert. Es gibt aber Photolampen, deren Lichtausbeute das Vierfache der Normallampen beträgt, wobei aber die Lebensdauer viel kürzer ist (2...3 Stunden). Ein Photograph wird für seine Bedürfnisse dieser Konstruktion den Vorzug geben. Die Hochspannungs-Fluoreszenzröhre ist in ihrer heute üblichen Ausführung im Gegensatz zur Fluoreszenzlampe für lange Lebensdauer konstruiert. Es wäre technisch möglich, bei späteren Konstruktionen der Lichtausbeute den Vorrang zu geben.

Fig. 3 zeigt eine spektrographische Aufnahme der Fluoreszenzröhren (Ziff. 3), mit dem Hilger-Spektalapparat durch Prof. Wehrli, Physikalische Anstalt der Universität Basel, aufgenommen. Man beachte die registrierten Spitzen, die von den Hg-Linien herrühren. Es werden für Beleuchtungszwecke drei Röhrentypen fabriziert:

- Tageslicht (lumière du jour, daylight)
  - rötlich-weiss (warm-weiss, blanc du soir, warm white)
  - gelblich-weiss (weiss, blanc, white).
- Die Form der Röhren (Ziff. 4) ist, wie erwähnt, gerade oder beliebig gebogen. Somit können die

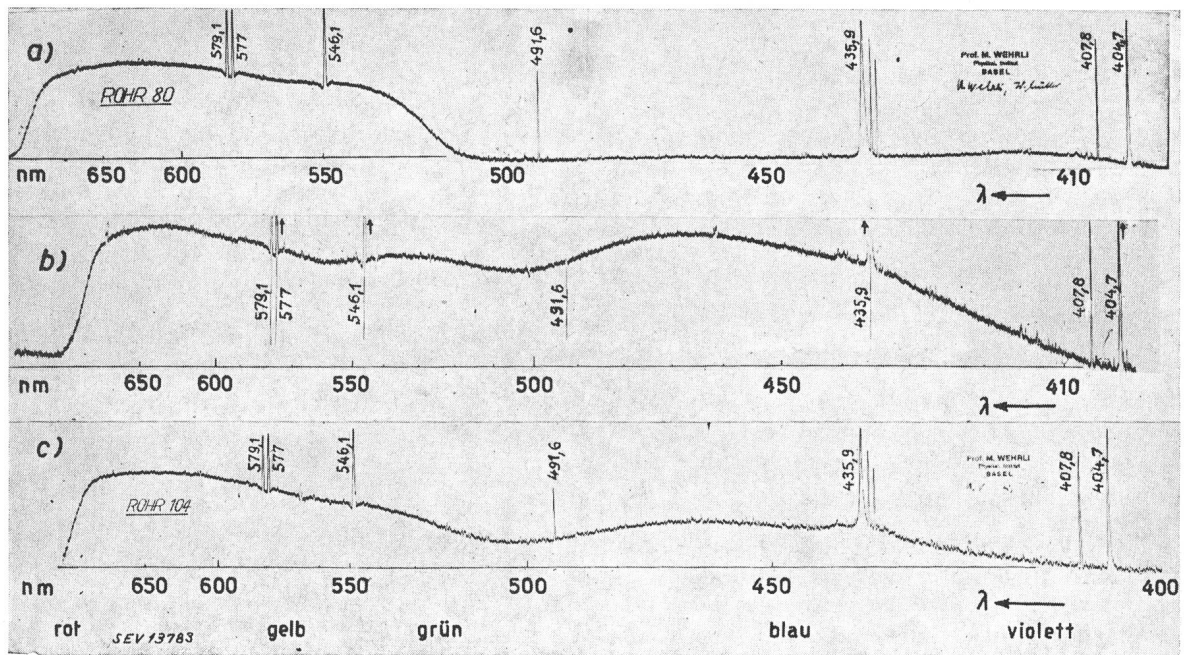


Fig. 3.

Spektrographische Aufnahme der von drei verschiedenen Hochspannungs-Fluoreszenzröhren ausgestrahlten Wellenlängen in nm

- a) Lichtfarbe gelblichweiss
  - b) Lichtfarbe Tageslicht
  - c) Lichtfarbe rötlichweiss
- Die stark ausgeprägten Spitzen sind durch die Spektrallinien des Quecksilbers verursacht

Röhren den lichttechnischen und architektonischen Anforderungen sehr gut angepasst werden.

Die Leuchtdichte (Ziff. 5) beträgt nur 0,75 Stilb. Es ist also möglich, die Röhren freistrahrend, d. h. ohne lichtstreuende Umhüllungen, zu montieren.

**Der elektrische Betrieb**

Die Fluoreszenzröhre hat eine negative Charakteristik. Nach erfolgter Zündung wächst der Strom infolge der Ionisation der Gassäule, selbst bei fallender Spannung. Um zu verhindern, dass die Glimmentladung in eine Funkenentladung ausartet, was eine Zerstörung des Rohres in kurzer Zeit zur Folge hätte, muss der Strom auf dem optimalen Betriebswert von 100 mA stabilisiert werden. Die Stabilisierung wird vom gleichen Transformator, der die erforderliche Zündspannung erzeugt, besorgt. Dieser Hochspannungstransformator wird deshalb als Streufeldtransformator konstruiert.

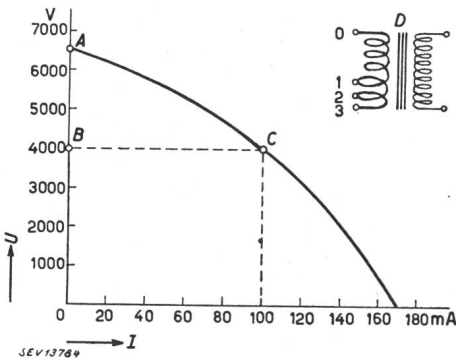


Fig. 4.

Strom-Spannungs-Charakteristik eines Streufeldtransformators zur Speisung von Hochspannungs-Fluoreszenzröhren

A Zündspannung. B Betriebsspannung. C Belastung mit 12 m Fluoreszenzröhren ( $d = 18$  mm) in 4 Systemen; Lichtfarbe weiss, Füllung Argon und Quecksilber. D Prinzipschema des Streufeldtransformators (0, 1, 2, 3 Klemmen der Niederspannungswicklung)

Fig. 4 zeigt das Prinzipschema und die Strom-Spannungs-Charakteristik des Streufeldtransformators. Er ist kurzschlußsicher. Sein Leistungsfaktor beträgt im Leerlauf rund 0,3, im Kurzschluss rund 0,14 und bei Normallast rund 0,6. Die Einregulierung auf Betriebsstromstärke erfolgt entweder durch Primäranszapfung oder magnetischen Nebenschluss durch Verschieben eines Eisenkerns oder des Jochs, d. h. Verändern eines Luftspaltes im magnetischen Stromkreis.

Das allgemeine Schema einer Hochspannungs-Fluoreszenz-Anlage zeigt Fig. 5.

Wegen der Verschiedenartigkeit der einzelnen Röhrenlängen ist es nur schwer möglich, die erforderliche Zündspannung einer Anzahl in Serie geschalteter Röhren rechnerisch genau zu ermitteln. Ausser der totalen Länge ist im wesentlichen die Zahl der Röhren (Systeme) massgebend. Es hat sich als zweckmässig herausgestellt, Röhrenanschlusstabellen auf empirischem Wege zu bestimmen. Diese gelten natürlich nur für ein bestimmtes Fa-

brikat (Röhrendurchmesser, Gasfüllung, Gasdruck, Elektrode), sowie für Streufeldtransformatoren einer bestimmten Charakteristik. Aus Fig. 6 geht hervor, dass z. B. für lange Systeme bei total 15 m Röhrenlänge eine Zündspannung von 8000 V genügt, wäh-

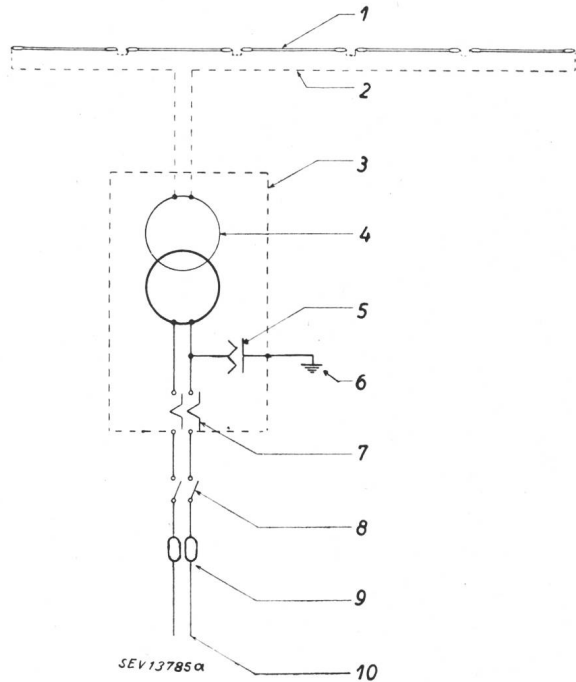


Fig. 5.

Prinzipschema einer Hochspannungs-Fluoreszenzröhren-Anlage

- 1 Fluoreszenzröhre
- 2 Sekundärleitung
- 3 Transformator-Schutzkasten
- 4 Hochspannungs-Transformator
- 5 Spannungssicherung
- 6 Erdleitung
- 7 Verriegelungsschalterkasten
- 8 Handschalter
- 9 Primärsicherungen
- 10 Primärleitung

rend sie bei kurzen Systemen 9000 V betragen muss. In erster Annäherung kann mit einer Zündspannung von 500 V pro m gerechnet werden. Die stabilisierte Betriebsspannung beträgt nur rund 60 % der Zündspannung. Besonders günstig wirkt sich die grosse elektrische Elastizität, d. h. die Anpassung des Streufeldtransformators an die Charakteristik der Gasentladung, aus. Man erzielt dadurch

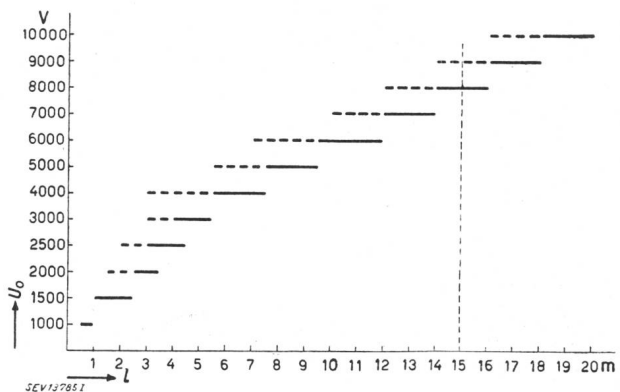


Fig. 6.

Röhren-Anschlusstabelle

- $U_0$  Sekundäre Nennspannung des Transformators (in V)
- $l$  Gesamte Röhrenlänge (in m)
- Länge der einzelnen Röhren 1,5 . . . 1,8 m
- Länge der einzelnen Röhren 2,5 . . . 3,0 m

sofortiges Zünden beim Einschalten, sowie stabile Betriebsverhältnisse auch bei Umgebungstemperaturen von 0° C und darunter.

### Lichtstrom-Regulierung

Es wurden Messungen ausgeführt, die einen interessanten Einblick in das Betriebsverhalten des Hochspannungs-Fluoreszenzröhren-Systems geben (Fig. 7). An zwei Beispielen soll die praktische Bedeutung dieser Betriebseigenschaft gezeigt werden.

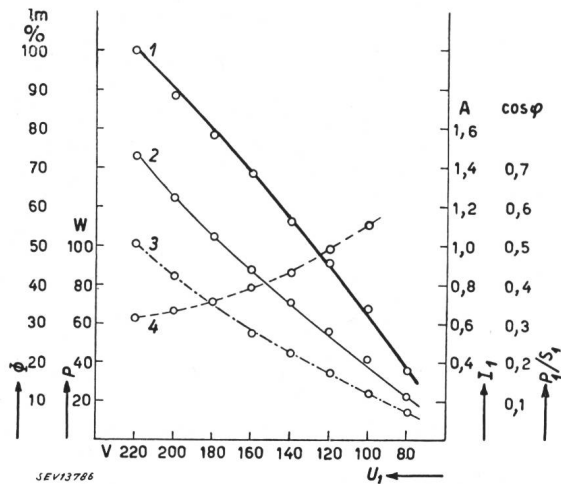


Fig. 7.

#### Charakteristiken einer Hochspannungs-Fluoreszenzröhre

- 1 Lichtstrom der Lampe  $\Phi$  (in lm) in Funktion der Primärspannung  $U_1$  (in V) des Transformators
- 2 Primärstromstärke  $I_1$  (in A) in Funktion von  $U_1$
- 3 Wirkleistung  $P$  (in W) in Funktion von  $U_1$
- 4 Leistungsfaktor der Primärseite des Transformators  $P_1/S_1 = \cos \varphi$  in Funktion von  $U_1$

handen ist. Nach 5000 bis 6000 Betriebsstunden kann dann durch Erhöhen der Spannung derjenige Anteil des Lichtabfalles kompensiert werden, welcher durch die Alterung der Gasfüllung («Hartwerden» der Röhren) hervorgerufen wird.

2. *Stufenlos regulierbare Saalbeleuchtung.* Der Extremfall der Reguliermöglichkeit wurde erstmals in der Schweiz bei drei grossen Saalbeleuchtungsanlagen verwirklicht. Durch Schieberwiderstände wird die Primärspannung von 220 V bis gegen 50 V kontinuierlich reduziert. Erst bei weiterer Spannungsreduktion treten Flackererscheinungen auf, indem die Glimmladung periodisch aussetzt. Vor Eintreten dieser Erscheinung ist aber die Beleuchtungsstärke schon so gering geworden, dass das vollständige Abschalten der Beleuchtung nicht mehr als sprunghaft empfunden wird. Auch das Einschalten der Anlage kann weit unter der Netzspannung und wieder stufenlos nach oben vor sich gehen.

### Hochspannungsinstallation

Die Erfahrung lehrt, dass Hochspannungsinstallationen nicht gefährlicher sind als gewöhnliche Niederspannungs-Lichtinstallationen. Dagegen geäusserte Bedenken sind nicht stichhaltig. Es ist zu wenig bekannt oder wird übersehen, dass die hier zur Verwendung kommenden Streufeldtransformatoren relativ kleine Leistungen und vor allem sehr kleine Ströme aufweisen. Der grösste Transformator z. B. hat eine Zündspannung von 10 000 V, eine Betriebsspannung von rund 6000 V und eine Leistung von nur rund 600 W. Der normale Betriebsstrom beträgt 100 mA, bei Kurzschluss höchstens etwa 160 mA, wie aus der Charakteristik hervorgeht.

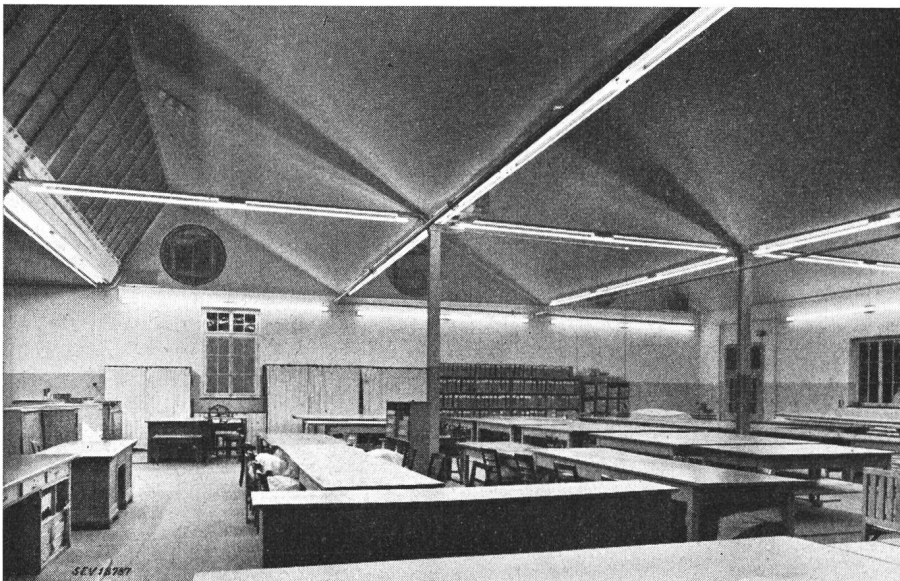


Fig. 8.

Beispiel einer Beleuchtungsanlage mit Hochspannungs-Fluoreszenzröhren in der Zuschneiderei einer Wirkwarenfabrik

Röhrenlängen 250 cm, Montage freistrahlend in 4 m Höhe über Boden, mittlere Beleuchtungsstärke auf Tischhöhe 175 lx bei 85 mA Stromstärke (85 % der Höchstbelastung)

1. *Nachregulierung zur Kompensation des Lichtabfalles.* Die Transformatoren werden so dimensioniert, dass eine genügende Spannungsreserve vor-

Der Schweizerische Elektrotechnische Verein (SEV) hat bereits am 1. Januar 1934 besondere Vorschriften erlassen, die bei der Erstellung und Instand-



Fig. 9.  
Indirekte Beleuchtung einer Bar mit Hochspannungs-Fluoreszenzröhren

haltung von Hochspannungs-Leuchtröhren-Anlagen zu beachten sind<sup>2)</sup>. Bei deren Befolgung ist die Gewähr für Betriebssicherheit und Gefährlosigkeit auch von Hochspannungs-Fluoreszenzröhren-Anlagen geboten, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass durch Material- oder Installationsfehler, genau wie bei Niederspannungs-Anlagen, Defekte mit den entsprechenden Folgen auftreten können.

#### Anwendung

Die beschriebenen Hochspannungs-Fluoreszenzröhren eignen sich für die Beleuchtung von Fabriken, Verkaufsläden, Schaufenstern, Schaukasten und zum Einbau in Spezialapparate (Tageslichtapparate, Diamantenprüfapparate usw.).

Fig. 8 zeigt die Teilansicht einer Beleuchtungsanlage in der Zuschneiderei einer Wirkwarenfabrik mit 250 cm langen, 4 m über Boden und freistrahrend montierten Tageslichtröhren. Die mittlere Beleuchtungsstärke beträgt 175 Lux bei 85 mA Stromstärke, entsprechend 85 % der Maximalbelastung.

Fig. 9 zeigt eine indirekte Beleuchtungsanlage einer Bar mit gebogenen, den baulichen Verhältnissen angepassten warmweiss leuchtenden Röhren.

Adresse des Autors:

W. Gruber, dipl. Ingenieur, Neuhausen a. Rheinf. a. S.

<sup>2)</sup> Publikation Nr. 152 des SEV: Vorschriften betreffend Erstellung, Betrieb und Instandhaltung elektrischer Hausinstallationen (Hausinstallationsvorschriften des SEV), Anhang II.

## Wärmepumpenanlage in einer Handelsgärtnerei

Von H. Müller, Aarau

621.577

Es wird über die in einer Handelsgärtnerei eingerichtete Grundwasser-Wärmepumpen-Kleinanlage berichtet. Da die Zufuhr elektrischer Energie durch das Lieferwerk täglich von 10.30 bis 12 Uhr gesperrt wird, wurde die bestehende Kohlenfeuerungsanlage zur Ueberbrückung der Sperrzeit mit der Wärmepumpe kombiniert.

*L'auteur donne des renseignements au sujet d'une petite installation de pompe thermique à eau souterraine aménagée dans un établissement horticole. La fourniture d'énergie électrique étant suspendue entre 10 h 30 et 12 h 00, l'installation actuelle de chauffage au charbon a été combinée à l'installation de pompe thermique, afin d'assurer le service pendant l'interruption de courant.*

Obschon die Wärmepumpe bis heute den Ruf der Wirtschaftlichkeit nur für Grossanlagen besass, hat sie nun auch als Kleinanlage Eingang gefunden.

Die mangelhafte Brennstoffversorgung brachte für die Beheizung von Treibhäusern mit ihren grossen Flächenmassen und den damit verbundenen Abstrahlungsverlusten ganz besonders schwierige Verhältnisse.

Die durch zu niedrige Temperaturen bedingten Pflanzenschäden einerseits und die technischen Möglichkeiten der Wärmepumpe andererseits, die dreibis viermal mehr Wärme erzeugt, als wenn dieselbe Elektrizitätsmenge direkt zu Heizwecken verwendet wird, dürften die Hauptgründe gewesen sein, die den Gärtnermeister zur Installation dieser verhältnismässig teuren Anlage veranlasst haben.

Durch die günstigen Grundwasserverhältnisse waren die besten Voraussetzungen für die Aufstellung einer Wärmepumpe geschaffen. Das Grundwasser, dessen durchschnittlicher Verbrauch 500

Lit./min beträgt, wird bei einer das ganze Jahr gleichbleibenden Temperatur von 10...12° C aus 7 m Tiefe durch eine Pumpe in den Verdampfer gefördert. Die Wärme wird dem Grundwasser durch Reduktion seiner Temperatur von 10 auf 6° C entnommen, worauf das Wasser in die Kanalisation abgeleitet wird.

Der Entzug der Wärme geschieht durch die Verdampfung von Ammoniak. Die Ammoniakdämpfe werden in einem zweistufigen Kompressor auf den zur Verflüssigungstemperatur gehörigen Druck gebracht, welcher sich in der Grössenordnung von 20 kg/cm<sup>2</sup> bewegt. In einem Kondensator wird die Wärme an das Heizwasser abgegeben. Das Hochpumpen des Ammoniaks vom Verdampferdruck auf den Kondensatordruck erfolgt mit einem Kompressor, welcher durch einen Motor von 35 kW getrieben wird, der zusammen mit dem kleinen 1,5-kW-Motor der Grundwasserpumpe allein eine Zufuhr elektrischer Energie benötigt. Für rund 3400 kcal Heizleistung wird an den Klemmen des Motors