Kleinspannung- oder Doppelwedellampen? = Lampes à très basse tension ou lampes à filament à double boudinage?

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

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **17 (1939)**

Heft 5

PDF erstellt am: **20.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-873398

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

Kleinspannungs- oder Doppelwendellampen?

Von E. Diggelmann, Bern

621.32.027.2
621.326.723

Da auch in jüngster Zeit wieder die Kleinspannungsbeleuchtung von verschiedenen Unternehmungen unter Berufung auf eine bis 70% grössere Lichtausbeute bzw. Stromkosteneinsparung von 25 bis 50% angeboten wird, dürfte es unsere Leser interessieren, über die Vor- und Nachteile der Kleinspannungs- und Doppelwendellampen Näheres zu erfahren.

Während die Doppelwendellampe erst im Jahre 1934 auf den Markt kam, reicht die Geschichte der Kleinspannungs-Raumbeleuchtung auf nahezu 40 Jahre zurück. Schon auf dem Congrès International d'Electricité de Paris im Jahre 1900 soll die Verwendung kleiner Transformatoren in Beleuchtungsanlagen vorgeschlagen worden sein.

In Italien wurde die Kleinspannungsbeleuchtung im Jahre 1902 durch Transformierung der Netzspannung auf 25 oder 40 V zwar nicht zum Zwecke der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit verwendet, sondern zur Vergrösserung der Lebensdauer der Metalldrahtlampen, die damals auf dem Markte erschienen und die Kohlenfadenlampen verdrängten. Wenige Jahre später sollen in Wien und Agram, und im Jahre 1910 auch in Frankfurt grössere Versuche gemacht worden sein. Mit den seither auf dem Gebiete der Lichttechnik gemachten Fortschritten verschwand das Kleinspannungssystem wieder. Damals, wie auch im Jahre 1936 von neuem in Wien, wurde in jeder Anlage für die Speisung aller Lampen ein einziger Transformator an zentraler Stelle aufgestellt. Ein grosser Nachteil dieser Anordnung war der ungewöhnlich grosse prozentuale Spannungsabfall, der sich in den im Verhältnis zur Stromstärke dünnen Verteilleitungen zeigte. Der Spannungsabfall und die Wattverluste im Transformator selbst überwogen den an und für sich höheren Wirkungsgrad der Kleinspannungslampen. Die ganze Installation hätte jeweils neu erstellt werden müssen, um die Kupferquerschnitte den grösseren Stromstärken anzupassen. Eine solche Installation war aber sowohl aus ästhetischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht immer möglich.

In neueren Installationen wurden deshalb an Stelle des zentralen, für die ganze Lampenleistung bemessenen Transformators, deren mehrere verwendet, die dann nur die Belastung kleiner Lampengruppen oder einzelner Lampen zu übernehmen hatten. Dadurch, dass man nunmehr die Transformatoren in die Lampenstromkreise selbst einbaute, fielen die Leerlaufsverluste und der schlechte Wirkungsgrad bei schwacher Belastung ausser Betracht. Die Transformatoren verursachten aber eine induktive Phasenverschiebung, gegen die besonders die Elektrizitätswerke Einspruch erhoben. Mit diesem Nachteil musste man sowohl bei der zentralisierten, als auch bei der dezentralisierten Anordnung der Transformatoren rechnen.

Bei der Werbung für die Kleinspannungsraumbeleuchtung wird u. a. auch auf die Verminderung

Lampes à très basse tension ou lampes à filament à double boudinage?

Par E. Diggelmann, Berne

621.32.027.2
621.326.723

Certaines entreprises faisant de nouveau, ces derniers temps, de la réclame pour l'éclairage à très basse tension en affirmant qu'il est possible d'obtenir une efficacité lumineuse jusqu'à 70% plus élevée ou d'économiser 25 à 50% des frais de courant, nous croyons intéresser nos lecteurs en exposant ci-après quels sont les avantages et les inconvénients des lampes à très basse tension et des lampes à filament à double boudinage.

Alors que la lampe à filament à double boudinage ne fait son apparition qu'en 1934, l'histoire de l'éclairage intérieur à très basse tension remonte à près de 40 ans. Déjà en 1900, au Congrès international d'Electricité de Paris, on avait suggéré l'emploi de petits transformateurs pour les installations d'éclairage.

En Italie, l'éclairage à très basse tension par transformation de la tension à 25 ou 40 volts était en usage en 1902, non pas en vue d'obtenir une meilleure efficacité des lampes, mais pour obtenir une durée supérieure des lampes à filament métallique, qui apparaissaient alors sur le marché et tendaient à se substituer aux lampes à filament de carbone. Des essais doivent avoir été faits sur une large échelle quelques années plus tard à Vienne et à Agram et en 1910 à Francfort. Mais, avec les progrès ultérieurs de la technique des lampes, le système à très basse tension disparut. A cette époque, comme de nouveau à Vienne en 1936, on utilisa pour l'alimentation de toutes les lampes un seul transformateur par installation, placé en un point central. Ce dispositif avait le gros inconvénient de provoquer une chute de tension extraordinairement élevée dans les lignes de distribution ayant un faible diamètre par rapport à l'intensité du courant. Le rendement plus élevé des lampes à très basse tension ne compensait pas la chute de tension et les pertes en watts dans le transformateur même. Il aurait fallu refaire l'installation entière pour adapter les sections de cuivre aux intensités de courant plus fortes, ce qui n'aurait pas toujours été possible pour des raisons d'esthétique ou d'économie.

Dans les nouvelles installations, on utilisa donc, à la place d'un transformateur central calculé pour la puissance totale des lampes, plusieurs transformateurs n'ayant à supporter chacun que la charge de petits groupes de lampes ou de lampes isolées. Du fait que les transformateurs étaient placés dans les circuits des lampes, les pertes à vide et le mauvais rendement constatés lorsque l'installation fonctionne à faible charge ne jouaient plus aucun rôle. Mais les transformateurs provoquèrent un déphasage par induction qui attira les protestations des sociétés de distribution. Cet inconvénient pouvait se produire aussi bien avec l'emploi de transformateurs centralisés que décentralisés.

Les protagonistes de l'éclairage à très basse tension relèvent entre autres que ce système offre moins de dangers d'accident que les autres. Cependant, les

der Unfallgefahren hingewiesen. Die heute üblichen, in Anlagen mit isolierenden Fussböden verwendeten Geräte bieten jedoch einen recht hohen Sicherheitsgrad. Eine Ausnahme besteht einzig da, wo bewegliche Geräte, wie Handlampen, Handbohrmaschinen, Pneuriller und dergleichen entweder in Räumen mit leitenden Fussböden, in Putzgruben, bei der Revision von Behältern (Kesseln) oder im Bergbau verwendet werden müssen. In solchen Fällen wird in der Schweiz die Kleinspannung 36 V, im Ausland eine noch kleinere Spannung vorgeschrieben.

In England findet die Kleinspannungsbeleuchtung in Werkstätten Anwendung,

um die Sicherheit zu erhöhen,

um die mechanische Festigkeit des Glühfadens bei der Verwendung von Lampen auf Werkzeugmaschinen (Vibrationen) zu verbessern, und

um bei gedrängten Platzverhältnissen kleinere Abmessungen der Lampen zu erhalten.

Dort ist man sich darüber klar, dass die Transformierungsverluste und die Kapitalaufwendungen für die zusätzlichen Geräte die verhältnismässig hohe Wirtschaftlichkeit der Kleinspannungslampen überwiegen. In besonderen Leitsätzen für den Bau von Transformatoren für Kleinspannungsbeleuchtung sind die in England üblichen normalen Kleinspannungen zu 12, 25 und 50 V (32 V für den Export), ferner die maximal zulässige Spannungsänderung zwischen Leerlauf und Vollast und die Toleranz der einzuhaltenden Nennspannung festgelegt. Den Verhältnissen im Einzelfalle entsprechend, werden in England entweder Glühlampen normaler Bauart für 50 und 25 V, oder 24-V-Bahn- und Autobuslampen und 12-V-Autobus- und Automobillampen verwendet. Bei der Wahl der Kleinspannungslampen für allgemeine Beleuchtungszwecke ist zu beachten, dass die 12-V-Autoscheinwerferlampen für höchste Lichtausbeute bemessen sind und eine kurze Lebensdauer von nur etwa 250 Stunden haben. 12-Watt-Autobus-Innenbeleuchtungslampen hingegen sind für eine Lebensdauer von 1000 Std. entworfen. Wo 12-Watt-Lampen nicht genügen, können 24- oder 36-W-Autobus-Scheinwerferlampen, die für 13,5 V Spannung gebaut werden, bei einer Spannung von 12 V dienen. Dabei ist die Lichtausbeute immer noch hoch und die Lebensdauer wird von 250 auf 1000 Std. erhöht. Für die Kleinspannungslampen sind Fassungen zu verwenden, die mit solchen der normalen Beleuchtung nicht verwechselt werden können.

Weil in besonderen Fällen mit der Anwendung kleiner Spannungen eine höhere Sicherheit angestrebt wird, sind in England Transformatoren in Sparschaltung nicht zulässig. Es werden vielmehr zwei getrennte Wicklungen verlangt. Transformatorkern und die Mitte der Sekundärwicklung werden geerdet. Da der Kurzschlußstrom durch die hohe Induktivität des Transformators begrenzt wird, so ist der Kleinspannungskreis nicht unbedingt durch Sicherungen auf der Primärseite geschützt. Es empfiehlt sich, die Sekundärstromkreise in allen Fällen einzeln abzusichern.

In der Schweiz sind in den meisten Anlagen neben der elektrischen Beleuchtung auch Apparate für Kraft- oder Wärmeanwendungen vorhanden. Die Verwendung kleiner Spannungen für diese Geräte

appareils utilisés aujourd'hui dans les installations où le plancher est isolé ont un très haut degré de sécurité. Il n'en est pas de même des appareils mobiles tels que lampes portatives, perceuses à main, appareils de rechapage, etc. qu'on utilise dans des locaux sans planchers isolés, dans les fosses de réparation, pour la revision de récipients (chaudières) ou dans les mines. Pour ces cas, il est prescrit en Suisse la très basse tension de 36 volts et à l'étranger des tensions encore plus basses.

En Angleterre, l'éclairage à très basse tension est utilisé dans les ateliers

pour accroître la sécurité,

pour augmenter la résistance mécanique des filaments des lampes fixées sur les machines-outils (vibrations), et

pour pouvoir employer, en cas de manque de place, des lampes de faibles dimensions.

On estime dans ce pays que les avantages économiques relativement élevés des lampes à très basse tension ne compensent pas la perte par transformation et le coût des installations complémentaires. Des directives spéciales relatives à la construction de transformateurs pour l'éclairage à très basse tension fixent à 12, 25 et 50 volts (à 32 volts pour l'exportation) les très basses tensions normales utilisées en Angleterre et fixent également l'écart de tension maximum entre la marche à vide et la pleine charge ainsi que la tolérance admise pour la tension nominale. Suivant les circonstances, on utilise soit des lampes à incandescence ordinaires à 50 et 25 volts, soit des lampes de chemin de fer et d'autobus à 24 volts, soit des lampes d'autobus et d'automobiles à 12 volts. En choisissant les lampes à très basse tension pour l'éclairage général, il ne faut pas oublier que les lampes à 12 volts des phares d'autos ont une grande efficacité lumineuse, mais une durée d'utilisation réduite à 250 heures environ. Les lampes à 12 watts servant à l'éclairage intérieur des autobus ont par contre une durée d'utilisation de 1000 heures. Où les lampes à 12 watts ne suffisent pas, on peut utiliser, avec une tension de 12 volts, les lampes à 24 ou 36 watts des phares d'autobus construites pour une tension de 13,5 volts. Ainsi, l'efficacité lumineuse reste élevée et la durée d'utilisation est prolongée de 250 à 1000 heures. Il convient d'employer pour les lampes à très basse tension des douilles qui ne puissent pas être confondues avec celles des lampes normales.

Du fait que, dans certains cas spéciaux, on emploie la très basse tension pour obtenir un degré de sécurité plus élevé, l'utilisation d'autotransformateurs est interdite en Angleterre. On exige, au contraire, deux enroulements séparés. Le noyau du transformateur et le point milieu de l'enroulement secondaire sont mis à la terre. Comme le courant de court-circuit est limité par la haute inductance du transformateur, le circuit de très basse tension n'est pas absolument protégé par des coupe-circuit intercalés sur le primaire. Il est recommandable de protéger séparément le circuit secondaire dans tous les cas.

En Suisse, la plupart des installations comportent, en plus des appareils d'éclairage, des appareils de force et de chauffage. L'emploi de très basses tensions

wäre jedoch ganz unwirtschaftlich, wenn überhaupt technisch durchführbar. Die Kleinspannungsbeleuchtung bedingt also in allen Fällen, wo die Elektrizität nicht allein der Beleuchtung dient, das Zweispannungssystem. Zimmermann *) hat die verschiedenen Möglichkeiten, nach denen solche Verteilanlagen erstellt werden können, anschaulich dargestellt. Er unterscheidet folgende 4 Fälle:

1. Gemeinsamer zentralisierter Transformator für die fest installierten und die beweglichen Kleinspannungslampen;
2. Transformatoren dezentralisiert bei den fest installierten Kleinspannungslampen und Verwendung der normalen Netzspannung für die beweglichen Lampen;
3. Transformatoren dezentralisiert bei den fest installierten Kleinspannungslampen und vor den Kleinspannungssteckdosen der beweglichen Lampen;
4. Transformatoren dezentralisiert, und zwar mit den fest installierten und den beweglichen Lampen in einer geeigneten Konstruktion vereinigt.

Ein wesentlicher Vorteil der Variante 4 ist die Weiterverwendung der bisher üblichen Installationen für normale Netzspannungen. Sie ist auch betrieblich die tragbarste Lösung. Hingegen ist bei der konstruktiven Vereinigung der Transformatoren mit den Leuchten mit bedeutenden Schwierigkeiten zu rechnen. Es wäre verfehlt, wollte man den Transformatoren möglichst kleine Abmessungen geben, weil dadurch die Wattverluste und die Spannungsänderung zu gross ausfallen würden. Ein weiterer Nachteil ist die obere Begrenzung der Lichtleistung der Leuchten durch die eingebauten Transformatoren.

Von den Befürwortern der Kleinspannungslampe wird auch geltend gemacht, die für kleine Spannungen gebauten Glühlampen hätten die Eigenschaft, ein bedeutend weisseres, dem Tageslicht ähnlicheres Licht auszustrahlen als die Glühlampen normaler Netzspannungen.

Im folgenden Abschnitt soll gezeigt werden, woher dies rührt und inwiefern in dieser Hinsicht auch die Normalspannungsglühlampe verbessert worden ist.

Die vom Leuchtkörper ausgestrahlte Energie ist proportional zur wirksamen Strahlungsoberfläche und zur vierten Potenz der Temperaturerhöhung des Leuchtkörpers über seine Umgebungstemperatur. Es ist

$$W_{st} = k \cdot 0_{cm^2} (T_1^4 - T_2^4),$$

wobei T_1 die absolute Leuchtkörpertemperatur, T_2 die absolute Umgebungstemperatur bedeutet.

Die Erkenntnis, dass die Wirtschaftlichkeit der Glühlampe nur auf dem Wege einer höheren Leuchtkörpertemperatur zu erreichen ist, ist älter als die erste brauchbare Glühlampe selbst.

Fast ebenso frühzeitig war bekannt, dass die *Verdampfung* des Leuchtkörpermaterials im Vakuum der Steigerung der Glühtemperatur bereits lange vor dem Erreichen des Schmelzpunktes eine natürliche Grenze setzt. Man wusste auch, dass diese Verdampfung durch die Verwendung indifferenter Gase verzögert, die Temperatur des Leuchtkörpers stark erhöht und seine Wirtschaftlichkeit erheblich gesteigert werden kann. Man hatte aber kein anderes

*) siehe Literaturangaben, Ziff. 2.

pour actionner ces appareils, à supposer que la chose fût possible techniquement, serait cependant tout à fait antiéconomique. L'éclairage à très basse tension exige donc, dans tous les cas où l'électricité ne sert pas uniquement à l'éclairage, le système à double tension. Zimmermann *) à décrit les diverses possibilités d'établir des installations de distribution de ce genre. Il distingue 4 cas:

1° Transformateur commun centralisé pour les lampes à très basse tension fixes et portatives;

2° Transformateurs décentralisés pour les lampes à très basse tension fixes et emploi de la tension normale du secteur pour les lampes portatives;

3° Transformateurs décentralisés près des lampes à très basse tension fixes et avant les prises de courant des lampes à très basse tension portatives;

4° Transformateurs décentralisés et réunis aux lampes fixes et portatives dans une construction appropriée.

L'avantage essentiel de la variante 4 est qu'on peut continuer à employer les installations habituellement utilisées pour les tensions de secteur normales. Au point de vue de l'exploitation, elle est aussi la solution la plus rationnelle. Par contre, la réunion dans une même construction des transformateurs et des lampes offre de sérieuses difficultés. On aurait tort de vouloir donner aux transformateurs les plus petites dimensions possibles, car on augmenterait ainsi la perte de puissance et les variations de tension. Un autre inconvénient est que la limite supérieure de l'efficacité lumineuse des lampes est déterminée par les transformateurs.

Suivant les partisans des lampes à très basse tension, celles-ci auraient la propriété de produire une lumière beaucoup plus blanche, analogue à la lumière du jour, que les lampes à incandescence pour tensions de secteur normales.

Nous allons examiner dans les lignes qui suivent quelles sont les causes de ce phénomène et dans quelle mesure il a été également possible d'améliorer, dans ce domaine, la lampe à incandescence pour tensions normales.

L'énergie rayonnée par le filament est proportionnelle à la surface irradiante effective et à la quatrième puissance de l'élévation de température du filament au-dessus de sa température ambiante.

On a donc:

$$W_{st} = k \cdot 0_{cm^2} (T_1^4 - T_2^4)$$

T_1 représentant la température absolue du filament et T_2 la température ambiante absolue.

Le fait qu'un bon rendement économique de la lampe à incandescence ne pouvait être obtenu qu'en portant le filament à de très hautes températures était connu avant même qu'on ait réussi à faire une lampe à incandescence utilisable.

On savait également depuis longtemps que *l'évaporation* du filament dans le vide oppose une limite naturelle à l'élévation de la température d'incandescence bien avant que soit atteint le point de fusion. On savait aussi qu'en utilisant des gaz inertes, on arrivait à retarder cette évaporation, à élever considérablement la température du filament et à augmenter sensiblement le rendement économique. Mais, pour affaiblir les pertes par conductibilité et

*) voir bibliographie, chiffre 2.

Mittel zur Hand, den durch die Ableitung und die Konvektion im Füllgas hervorgerufenen Wärmeverlust und die dadurch bedingte starke Abkühlung des Leuchtkörpers zu verhindern, als die wärmeabgebende Oberfläche zu verkleinern.

Die Entwicklung der normalen Glühlampe.
Le développement de la lampe à incandescence ordinaire.

Jahr Année	Lampenart Genre de lampe	Brenntemperatur Température d'incandescence °C	Lichtausbeute Efficacité lumineuse Lumen/Watt*)	Nutzbrenndauer Stunden Durée d'utilisation Heures
1877/78	Kohlenfaden Filament de carbone	1800	2,2	600
1905	Kohlenfaden, Metall Filament de carbone métallisé	1900	5—4	600
1905	Tantaldraht Filament Tantal	2000	6,5	700
1910	Wolframdraht Filament Wolfram	2050	10,7—8,5	1500
1913	Einfachwendel, gasgefüllt Simple boudinage en atmosphère gazeuse	2500	15,0—8,5	1000
1934	Doppelwendel, gasgefüllt Double boudinage en atmosphère gazeuse	2580	über au-dessus de 15—9,5	1000

*) Die Lichtausbeute variiert mit der Lampenstärke und der Nennspannung.

*) L'efficacité lumineuse varie suivant la puissance des lampes et la tension nominale.

Dieses Ziel konnte nun auf *zwei* Wegen erreicht werden. Einmal, indem man ausschliesslich Lampen für *kleine Spannungen* baute, deren Leuchtdrähte kürzer und gleichzeitig dicker waren als bei den Lampen für normale Netzspannungen. Das sind die *Kleinspannungslampen*, von denen bereits ausführlich gesprochen wurde. Der zweite Weg führte zur Entwicklung der *Spiraldrahtlampen*.

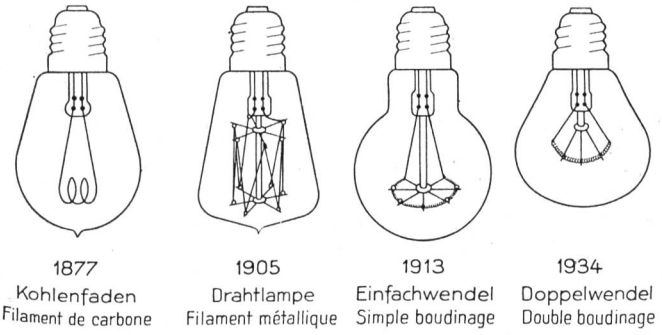


Fig. 1. Die hauptsächlichsten Drahtformen der Glühlampe. Evolution du filament des lampes à incandescence.

Die sogenannte Halbwattlampe, deren Leuchtkörper zur Verkleinerung der wärmeabgebenden Oberfläche zu einer feinen Spirale gewunden ist, kam erst im Jahre 1913 auf den Markt. Diese sog. Einfachwendel verhält sich in bezug auf die Wärmeabgabe wie ein massiver Draht von der Länge und par convection dans le gaz et empêcher ainsi un fort refroidissement du filament, on n'avait pas d'autre moyen que de réduire la surface active de ce filament.

Deux voies différentes permettaient d'atteindre ce but. La première consistait à ne construire que des lampes pour *très basses tensions* dont les filaments étaient plus courts et plus épais que ceux des lampes pour tensions normales. Ce sont les *lampes à très basse tension* dont nous venons de parler en détail. La deuxième voie conduisit à l'invention des *lampes à filament boudiné*.

Ce n'est qu'en 1913 qu'apparut sur le marché la lampe dite lampe demi-watt dont le filament, pour diminuer la surface calorique, était boudiné en fines spires. Ce simple boudinage donne la même énergie calorique qu'un fil massif de la longueur et de l'épaisseur de l'hélice constituée par les spires. L'idée de boudiner une seconde fois le filament déjà boudiné pour diminuer la surface calorique devait se présenter tout naturellement et aboutir au *double boudinage*, pour lequel un brevet était demandé en 1914 déjà. En fait, le double boudinage est appliqué depuis des années pour certaines lampes (phares d'automobiles et lampes de cinéma), dont les filaments sont constitués par des fils relativement courts et épais.

Par contre, le double boudinage ne put être utilisé pour les lampes d'éclairage général que lorsque le *développement des matériaux servant à la fabrication du filament* eut atteint un stade suffisamment élevé. Autrefois, on utilisait des matériaux qui, à l'état de neuf, présentaient une structure homogène (structure des fibres) et qui se transformaient en un corps cristallin indésirable et irrégulier seulement après avoir brûlé un certain temps. Dans une lampe moderne, le filament se trouve déjà plus ou moins à l'état cristallin définitif. La recristallisation du matériel employé autrefois provoquait le fléchissement du filament et le rendait friable par suite d'une dislocation des cristaux. Par l'addition au wolfram d'autres métaux (par exemple de l'oxyde de thorium), on tenta de ralentir la recristallisation sans parvenir toutefois à l'empêcher complètement. Les filaments constitués de cette matière accusaient toujours un fléchissement considérable, ce qui, pour les lampes à atmosphère gazeuse, entraînait naturellement une forte diminution de l'efficacité lumineuse et empêchait l'emploi du double boudinage dans les lampes à incandescence pour tensions normales.

On chercha à créer un filament indéformable en transformant le fil obtenu par filage en un seul cristal présentant son état définitif et invariable. Il n'est cependant pas possible d'établir des cristaux de longueurs illimitées. Le filament ainsi obtenu présente à certains intervalles des discontinuités provenant de la mauvaise adhérence de cristaux voisins. Ces discontinuités, presque toujours perpendiculaires à l'axe du fil, l'affaiblissent considérablement et provoquent facilement sa rupture. D'autre part, ce *filament à monocristal* roulé en spires a certaines propriétés désagréables. A la température d'incandescence, le cristal cherche de nouveau à s'étendre, ce qui entraîne la destruction rapide de la lampe.

Dicke der Spirale. Der Gedanke, den schon gewendelten Leuchtdraht zur Verkleinerung der wärmeabgebenden Oberfläche noch einmal zu wendeln und so zur *Doppelwendel* zu formen, war naheliegend. Er wurde schon im Jahre 1914 patentiert. Die Doppelwendel wird tatsächlich schon seit Jahren bei bestimmten Sonderlampen (Automobilscheinwerfern und Kinolampen) verwendet, wo die Leuchtkörper aus verhältnismässig kurzen und dicken Drähten bestehen.

Die Anwendung der Doppelwendel bei den Lampen für allgemeine Beleuchtungszwecke war hingegen erst möglich, als die *Entwicklung des Drahtmaterials* einen genügend hohen Stand erreicht hatte. Früher verwendete man Drahtmaterialien, die vor dem Brennen der Lampe ein homogenes Gefüge (die sog. Faser- oder Ziehstruktur) zeigten, das sich erst bei längerer Brenndauer zu einem unerwünschten und unregelmässigen Kristallgefüge verwandelte. In einer modernen Lampe befindet sich der Leuchtdraht bereits in einer Art kristallinischem Endzustand. Die Rekristallisation des damaligen Drahtmaterials führte einmal zum Durchhang der Wendeln, ferner aber auch infolge der ungenügend gegeneinander verzahnten Kristalle zum Brüchigwerden des Leuchtkörpers. Durch metallische Zusätze zum Wolfram (z. B. Thoroxyd) versuchte man die Rekristallisation zu verlangsamen. Es gelang aber nicht, sie auf diese Weise völlig zu verhindern. Die aus solchem Drahtmaterial hergestellten Lampen zeigten immer noch einen erheblichen Durchhang, was bei gasgefüllten Lampen naturgemäss zu einem starken Nachlassen der Lichtleistung führte und die Anwendung der Doppelwendel bei den Glühlampen normaler Spannungen verhinderte.

Ein anderer Weg zur Erzielung eines formbeständigen Leuchtdrahtes lief darauf hinaus, den aus einem gespritzten Draht bestehenden Leuchtkörper in einen einzigen Kristall umzuwandeln, so dass er sich bereits im Endzustand befindet und sich beim Brennen nicht mehr verändert. Es ist aber nicht möglich, einen unbegrenzt langen Kristall herzustellen. Der erzeugte Draht weist vielmehr in gewissen Abständen Stoßstellen auf, die von den aneinander grenzenden Kristallen herrühren. Diese meist quer und fast rechtwinklig zur Drahtachse verlaufenden Stoßstellen schwächten den Leuchtdraht und führten leicht zu dessen Bruch. Auch zeigte dieser *Einkristalldraht* im gewendelten Zustand unangenehme Eigenschaften. Der verbogene Kristall versuchte nämlich bei Glühtemperatur sich wieder zu strecken, was dann zum raschen Tod der Lampe führte.

Fortgesetzte Bemühungen der Drahtfachleute führten schliesslich zum sogenannten *Spiralkristalldraht*, der seine endgültige Kristallstruktur durch geeignete Wärmebehandlung erst dann erhält, wenn er bereits in die Form gebracht worden ist, die er in der Lampe einnimmt. Zur Formgebung der Wendeln bei hoher Glühtemperatur werden Kerne aus dem erst bei hoher Temperatur schmelzenden Molybdän verwendet. Die beiden Molybdänkerne müssen später aus der Doppelwendel herausgelöst werden. Die Herstellung einer Säure, die nur das Molybdän auf-

Les efforts continus des spécialistes en la matière aboutirent finalement à l'obtention d'un *cristal en hélice*, qui ne reçoit sa structure cristalline définitive, par un traitement calorique approprié, que lorsqu'il a déjà la forme qu'il doit avoir dans la lampe. Pour former les hélices à la température d'incandescence, on a recours à des noyaux de molybdène, métal qui ne fond qu'à une très haute température. Ces deux noyaux doivent être plus tard retirés du double boudinage. Fabriquer un acide capable de dissoudre le molybdène seul n'était certes pas une tâche facile. Des deux métaux intimement apparentés, le wolfram et le molybdène, cet acide doit dissoudre le second jusqu'à la dernière parcelle, sans attaquer du tout le filament de wolfram, mince comme un fil d'araignée.

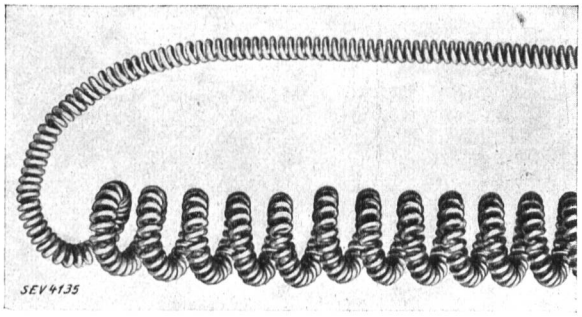


Fig. 2. Doppelwendeldraht.
Filament à double boudinage.

Le filament ainsi obtenu accuse une résistance mécanique élevée et une très grande stabilité de forme. Cette invention permit le double boudinage de fils relativement fins et rien ne s'opposa plus à l'emploi de ce système pour les lampes d'éclairage général. Du fait que la longueur de l'hélice dans les nouvelles lampes est passablement plus petite que la longueur d'un simple boudinage, on put réduire presque de moitié le nombre des supports du filament. La diminution de la perte d'énergie dans les lampes et l'emploi d'un remplissage d'argon très dense ont permis d'obtenir, pour une vie de même durée, un rendement lumineux considérablement plus élevé avec des lampes à double boudinage qu'avec des lampes de même puissance mais à boudinage simple, ainsi qu'il ressort du tableau ci-dessous.

Augmentation de l'efficacité lumineuse:

Types de lampes W	Flux lumineux avec les lampes à double boudinage 220 V	Gain sur les lampes à simple boudinage 220 V
	Lm	%
40	480	20
60	805	17
75	1060	13
100	1510	9

La lampe à double boudinage se distingue de la lampe à simple boudinage non seulement par ses qualités techniques supérieures, mais aussi par sa forme ramassée, qui lui donne une résistance mécanique plus élevée.

En résumé, on peut dire qu'une lampe à double boudinage construite pour 12 volts, comme déjà les

löst, war eine besonders schwierige Aufgabe. Diese Säure muss von den beiden nahe verwandten Metallen Wolfram und Molybdän das letztgenannte restlos auflösen, ohne den spinngewebefeinen Draht aus Wolfram auch nur im geringsten anzugreifen.

Die auf diese Weise hergestellte Wendel weist eine höhere mechanische Festigkeit und eine bessere Formbeständigkeit auf. Auf dieser Erfindung fussend, konnte man nun auch aus verhältnismässig dünnen Drähten Doppelwendeln herstellen, womit der Anwendung der Doppelwendel auch bei den Lampen für allgemeine Beleuchtungszwecke nichts mehr im Wege stand. Da die Wendellänge der neuen Lampe erheblich kleiner ist als die einer entsprechenden Einfachwendel, so konnte man die Zahl der Drahthalter fast auf die Hälfte herabsetzen. Die Verringerung der Energieverluste in der Lampe und die Verwendung einer hochprozentigen Argonfüllung ermöglichten bei gleicher Lebensdauer eine erhebliche Steigerung der Lichtausbeute gegenüber gleichwertigen Lampen mit Einfachwendel, wie aus folgender Tabelle hervorgeht.

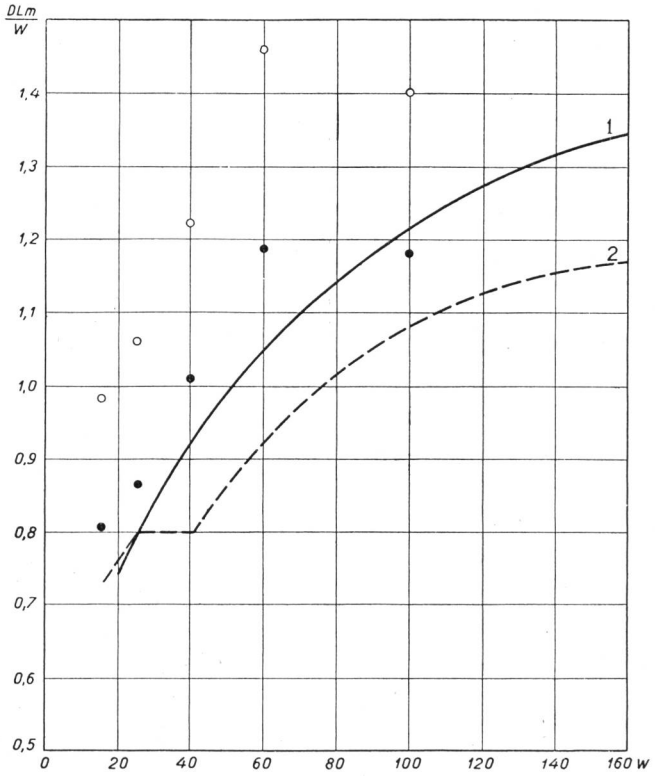
Tabelle der Mehrlichtausbeute.

Lampentyp W	Lichtstrom-D-Lampen 220 V	Lichtstromzunahme gegen Einfachwendel bei 220 V
	Lm	%
40	480	20
60	805	17
75	1060	13
100	1510	9

Die Doppelwendellampe zeichnet sich, abgesehen von den lichttechnischen Vorteilen gegenüber der Einfachwendellampe, auch durch ihren gedrungenen Aufbau aus, der der Lampe eine erhöhte Festigkeit gegen mechanische Beanspruchungen geben soll.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine für 12 V gebaute Doppelwendellampe, wie schon die ersten Metalldrahtlampen und die Einfachwendellampen, bei gleicher Lebensdauer mehr Licht abgibt, als eine für 220 V gebaute. Der Lichtgewinn ist aber, dank der fortwährenden Verbesserung der Glühlampe, bei weitem nicht mehr so gross wie damals, als die noch nicht gewendelten Metalldrahtlampen ohne Gasfüllung statt für 220 Volt für 12 Volt gebaut wurden. Bei den grösseren Lampentypen, die für die allgemeine Raumbeleuchtung hauptsächlich Verwendung finden, ist damit zu rechnen, dass die Transformierungsverluste den Mehrlichtgewinn bei kleiner Spannung aufwiegen. Der Anwendung kleiner Spannungen für allgemeine Beleuchtungszwecke kann deshalb heute keine Bedeutung mehr beigemessen werden. In besonderen Fällen hingegen, z. B. wenn kleine Spannungen aus Sicherheitsgründen gewählt werden, ferner bei Fahrzeugen mit eigener Stromquelle, leistet die Kleinspannung sicher gute Dienste.

premières lampes à filament métallique et les lampes à simple boudinage, a un plus fort rendement lumineux pour une même durée de vie qu'une lampe construite pour 220 volts. Mais, grâce aux améliorations constantes apportées aux lampes à incandescence, le gain est loin d'être aussi considérable que lorsque les lampes à filament métallique non boudiné, sans atmosphère gazeuse, à 220 volts ont été construites pour 12 volts. Pour les gros types de lampes, principalement utilisées pour l'éclairage général, on peut admettre que les pertes par transformation compensent le gain en efficacité lumineuse que donne l'emploi de très basses tensions.



Vergleich der Lichtausbeute von Normal- und Kleinspannungslampen.

Efficacité lumineuse comparée des lampes à tension normale et à très basse tension.

Legende:

1 = Mindestanforderung an Doppelwendellampen 220 V nach SEV. Exigences minimums imposées aux lampes à double boudinage 220 volts, suivant l'A.S.E.

2 = Mindestanforderung an Einfachwendellampen 220 V nach SEV. Exigences minimums imposées aux lampes à simple boudinage 220 volts, suivant l'A.S.E.

o = gemessene 24-V-Glühlampen (ohne Transformator). Lampes à incandescence 24 V. mesurées (sans transformateur).

• = gemessene 24-V-Glühlampen einschl. Transformator 220/24 V. Lampes à incandescence 24 volts mesurées, y compris le transformateur 220/24 volts.

Die Versuche sind mit neuen, nicht eingebrannten Lampen durchgeführt worden. Auch die Mindestanforderung nach SEV bezieht sich auf Anfangswerte.

Les essais ont été faits avec des lampes neuves. Les exigences minimums de l'A.S.E. se rapportent aussi à du matériel neuf.

Par conséquent, aujourd'hui, l'emploi de très bassse tensions pour l'éclairage général a perdu toute son importance. Par contre, dans certains cas particuliers, où on y a recours pour des motifs de sécurité, par exemple, et pour les véhicules à moteur ayant leur propre source de courant, la très basse tension rend certainement de bons services.

Literatur - Bibliographie.

1. Avantages techniques et économiques de l'éclairage à très basse tension. Par Luigi Morati, Docteur-ingénieur à Milan. Revue d'Electricité, août 1937, p. 185.
2. Kleinspannungsbeleuchtung — ein technischer Fortschritt? Mitteilung der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung. Verfasst von Dr. Ing. W. Zimmermann, Berlin, Elektrizitätswirtschaft 1937, Nr. 4, p. 79.
3. Ist die Verwendung von Niedervoltlampen wirtschaftlich? Ergebnis der von den Wiener städtischen Elektrizitätswerken angestellten Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit von Beleuchtungsanlagen mit niederer Betriebsspannung. Verfasst von Dr. Ing. Adolf Velisek, Wien. Herausgegeben von den Wiener städt. Elektrizitätswerken. (ca. 1936.)
4. Low voltage Lighting. By H. C. Cooper, A. M. I. E. E. — A critical review of the recently issued British Standard Specification on „Transformers for Low-voltage Lighting". The Electrical Review, Sept. 9th, 1938, p. 353.
5. Neue Glühlampen für allgemeine Beleuchtungszwecke. R. Fries, Berlin. Bulletin SEV, 1934, Nr. 23, p. 623.
6. Neue Doppelwendellampen für Allgemeinbeleuchtung. Dr. M. Wolff, Berlin. ETZ. 56. Jahrg. 1935, Heft 42, p. 1151.
7. Zur Entwicklung der Doppelwendellampe. W. Geiss, Eindhoven, Bulletin SEV. Nr. 13, 1935, p. 354.
8. Zur Entwicklung der Doppelwendellampe, von W. Geiss, Philips' Technische Rundschau, Heft 4, 1936.

Der Wellenleiter an der Schweiz. Landesausstellung.

W. Gerber, Bern.

621.396.11
621.315.21.029.6

Die zunehmende Bedeutung immer höherer Frequenzen auf dem gesamten Gebiet der Hochfrequenztechnik hat in den letzten Jahren zu vermehrten Untersuchungen über eine besondere Art von Hochfrequenzleitungen geführt, welche in praktischer Hinsicht nur im Bereich sehr hoher Frequenzen anwendbar sind, und als Wellenleiter bezeichnet werden. Es sind dies Metallröhren, in deren Hohlraum sich die Hochfrequenzenergie in Form elektromagnetischer Wellen fortpflanzt.

Das Prinzip der Wellenleiter ist nicht neu; auch sind die Rohrwellen mit den traditionellen Aussenwellen am elektrischen Leiter vorstellungsmässig eng verwandt; es ist aber ein Verdienst der *Bell Telephone Laboratories*, in einem dem Entwicklungsstand der Elektronenröhren angepassten Zeitpunkt, durch theoretische und experimentelle Untersuchungen auf bedeutungsvolle Eigenschaften der Wellenleiter hingewiesen zu haben.

In technischer Hinsicht stehen wir noch am Anfang der Entwicklung. Der Wellenleiter findet gegenwärtig seine ersten Anwendungen als Schaltelement der Hochfrequenztechnik; es ist auch anzunehmen, dass er in absehbarer Zeit als Richtstrahler eine gewisse Bedeutung erlangen wird. Seiner Verwendung als Fernleitung, wofür die prinzipielle Uebertragungsmöglichkeit enorm

Fig. 1. Der Wellenleiter in der Abteilung Elektrizität.