

Über die Überhochdrucklampe und den Tesla-Gedanken

Die Niederdruckgasentladungsröhren, welche besonders als Reklameleuchten in verschiedenen Farben brennen, sind schon seit Jahren überall bekannt. Der Druck in diesen Röhren beträgt einige 1/1.000 mm Quecksilbersäule. Die Stromstärken betragen nur einige mA. Auch kennt man schon die Gasentladungslampen der allerletzten Jahre, welche richtige Beleuchtungslampen sind und welche als Natriumlampen und Quecksilberlampen auf dem Markt erschienen sind. Weil der Druck in diesen Gasentladungs-Quecksilberlampen ungefähr 1—3 Atmosphären beträgt, wurden diese Ausführungen „Hochdruckquecksilberlampen“ genannt. Bekanntlich haben alle Gasentladungslampen ein Linienspektrum. Wie Sie wissen, haben alle glühenden Lichtquellen ein kontinuierliches Spektrum so z. B. die Sonne, das Gaslicht, die Petroleumlampe, die Glühlampe d. h. dass das Licht dieser s. g. Temperaturstrahler alle Wellenlängen im sichtbaren Gebiet enthält. Man kann das Licht dieser Lichtquellen in verschiedene Wellenlängen zerlegen so wie in der Natur das Sonnenlicht oft vom Regen in verschiedene zusammengestellte Wellenlängen zerlegt wird, wenn wir den Regenbogen erscheinen sehen. Die kurzwelligen Strahlen sehen wir als violett und der Reihe nach kommen dann blau, grün, gelb, orange und rot, wobei in dem kontinuierlichen Spektrum, wo alle Wellenlängen vorhanden sind, die Farben kontinuierlich eine in die andere übergehen. Bei den Gasentladungslampen haben wir im allgemeinen nicht ein kontinuierliches Spektrum. Es sind meistens nur ein paar Wellenlängen vorhanden man nennt dieses Spektrum ein Linienspektrum. So z. B. hat die Hochdruckquecksilberlampe Strahlen in folgenden Wellenlängen:

5770 und 5790 Å	gelb	47%
5461	grün	52%
4358 und eine sehr schwache Strahlung von 4047 und 4070 Å	zusammen blau	1%

Obenstehende Verteilung bezieht sich auf die Lichtverteilung und nicht auf die Energieverteilung. Sie sehen deshalb, dass im Lichte dieser Lampen das Rot z. B. vollständig fehlt. Wenn wir

deshalb mit einer derartigen Lampe etwas beleuchten, bleiben selbstverständlich für uns in der beleuchteten Umgebung nur die Farben gelb, grün, blau vorhanden. Alle anderen Farben bleiben schwarz, denn wir dürfen nie vergessen, dass wir ein Objekt z. B. nur rot sehen, wenn in der Beleuchtung rote Strahlen vorhanden sind oder auch nur blau sehen, wenn blaue Strahlen vorhanden sind usw. Weil in einer derartigen Hochdruckquecksilberlampe deshalb nur ein paar Farben vorhanden sind können wir diese Lampen nicht für die allgemeine Beleuchtung verwenden und ist das Verwendungsgebiet beschränkt auf solche Fälle wo die Farbenverzerrung keine Rolle spielt.

Jetzt sind in der letzten Zeit neuartige Quecksilberlampen entwickelt worden, die s. g. „Ueberhochdruck-Quecksilberlampen“. Der innere Druck bei diesen Lampen ist je nach der Ausführung etwa ca. 16 Atmosphären wenn die Lampen mit natürlicher Kühlung betrieben werden, oder 150 - 170 Atmosphären, wenn die Lampen mit Wasserkühlung brennen. Diese Lampen bestehen aus einem ganz dünnen Quarzröhrchen mit einem Aussendurchmesser von 6 mm und einem Innendurchmesser von ungefähr 2 mm. Die Entladung schnürt sich noch ein bisschen zusammen, so dass der Durchmesser der Entladung selbst ungefähr 1,5 mm beträgt. Diese Lampen sind für verschiedene Grössen schon entwickelt worden. Je nachdem man die Spannung per cm höher macht, wird der innere Druck auch höher. Es ist klar, dass die Röhren bei eben genannten Abmessungen eigentlich ganz kleine aber dickwandige Röhrechen sind, so dass man tatsächlich den inneren Druck so hoch machen kann ohne Gefahr, dass die Lampen explodieren. Sobald nun bei einer Quecksilberentladung der innere Druck erhöht wird, werden bekanntlich die Strahlungslinien verbreitert und entstehen Strahlungsbänder. Diese Verbreiterung findet immer in der Richtung der Langwellenstrahlung zu statt. Hierdurch haben diese Lampen bei den vorhandenen obgenannten Wellenlängen der Quecksilberentladung eine viel breitere Strahlung und deshalb werden auch schon an und für sich mehr Wellenlängen d. h. auch mehr Farben umfasst. Diese Verbreiterung findet nicht nur statt in dem sichtbaren Strahlungsgebiet, sondern auch im unsichtbaren Gebiet und zwar speziell in der Ultraviolettenstrahlung. Die bekannte Absorptions— Linie 2537 \AA gibt eine ganz grosse Verbreiterung durch das ganze sichtbare Gebiet bis weit ins Infrarot ($12\,000 \text{ \AA}$) d. h. dass diese Überhochdruck-Quecksilberlampen plötzlich ein kontinuierliches Grundspektrum aufweisen wozu die obgenannten normalen jedoch auch verbreiterte Strahlungen der Quecksilberlampen noch dazu kommen. Jetzt ist eine gewisse Lampe, mit natürlicher Kühlung schon fertig entwickelt, eine Lampe von 75 W welche 3.000 Lumen erzeugt. Die Lichtverteilung dieser Lampe ist folgendermassen:

5770	5790	Å	33%	gelb
5461			56%	grün
4358, 4047, 4070			1%	blau und violett
grün, — blau			5%	
rot (über 5900)			5%	

Diese Lampe enthält deshalb schon eine rote Strahlung, ist jedoch im Vergleich mit dem Sonnenlicht, das ungefähr 13% rotes Licht enthält, noch immer ziemlich rotarm. Weil nun die normalen Glühlampen einen Überschuss von rot aufweisen, kann man diese Lampen ausserordentlich gut zusammen mit Glühlampen verwenden, so dass man ein Licht bekommen kann, das besser als jede andere Lösung, das Taglicht ersetzen kann. Für Verwendung von Schaufensterbeleuchtung sind deshalb diese Lampen ausserordentlich wichtig.

Alle obengenannten Quecksilberlampen können prinzipiell selbstverständlich ebensogut mit Gleichstrom als mit Wechselstrom betrieben werden. Charakteristisch aber für Gasentladungslampen ist immer, dass man eine ziemlich hohe Spannung als Zündspannung braucht und dass sobald die Zündung da ist, die Brennspannung auf einen viel niedrigeren Wert sinkt. Und jetzt wird es Ihnen klar sein, was *die Wechselstrom-Erfindungen von Tesla* für den Betrieb dieser Lampen bedeuten. Mit Gleichstrom würde man gezwungen sein die Zündspannung auf die Brennspannung zu reduzieren, was nicht ohne Verlust möglich ist. Bei Wechselstrom jedoch haben wir die Möglichkeit fast ohne Verluste durch Verwendung einer Drosselspule, eines Sparstroutrafos oder eines L.-C.- Apparates immer die notwendige Herabsetzung der Zündspannung auf Brennspannung zu reduzieren.

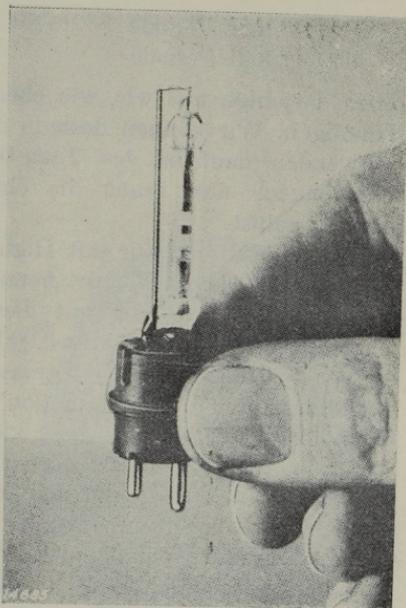
Weil die Gasentladungslampen eine sehr hohe Lichtausbeute aufweisen von 40—80 Lumen pro Watt und deshalb den Glühlampen mit 13-15 L/W in dieser Beziehung weit überlegen sind, verdanken wir es im Grunde *Tesla*, dass wir eine grosse Lichtausbeute ohne Verluste ausnützen können.

Wie oben schon erwähnt, sind diese Lampen auch mit Wasserkühlung ausgeführt. Die Lampen, welche ich Ihnen vorführen will, ist z. B. eine 600 W-Lampe. Sie besteht aus einem Röhrechen mit einer Entladungslänge von 10 mm auch wieder mit 6 mm Aussehdurchmesser usw. wie oben gesagt. Diese ganz kleine Lichtquelle hat eine Lichtausbeute von 60 L/W d. h. dass diese kleine 600 W-Lampe 36.000 Lumen aufweist. Die Leuchtdichte ist bei diesen fast punktörmigen Lichtquellen sehr hoch u. z. 40 000 Kerzen/cm². Der innere Druck beträgt 150 Atmosph., die Spannung pro cm 550 V. Es leuchtet ein, dass sich eine derartige Lichtquelle auszeichnet

für Projektion eignet. Und jetzt möchte ich an diesem Tage des *Tesla-Festes*, auf eine ganz besondere Verwendung der *Tesla-Gedanken* erinnern.

Bei der Kinoprojektion haben wir bekanntlich eine ganze Reihe von kleinen Bildern, welche der Reihe nach vor die Lichtquelle gezogen werden. Sie wissen, auch dass wir — wenn wir z. B. ein Bild 5 auf Bild 6 wechseln — im Augenblick der Wechselung das Licht abdecken müssen. Würde das Licht auch während dieser Wechselung scheinen, so bekommt man, auf was Sie sich vielleicht aus ganz früheren Filmen noch erinnern, ein trübes Bild, man würde sagen, dass es einen Regen auf dem Bilde gebe. Um das Licht abzudecken, ist bei den normalen Kinoapparaturen eine Blende mit 2 Flügeln angeordnet. Diese Blende dreht sich mit einer ständigen Geschwindigkeit. Sobald nun ein Flügel der Blende die Lichtquelle abdeckt, bekommen wir eine „dunkle Periode“ obwohl die Lichtquelle an und für sich weiter brennt. Ausserdem wissen Sie, dass—wenn ein Bild still steht— wir um den Flimmereffekt zu beseitigen bei Verwendung von 50 Perioden Wechselstrom, nochmals abdecken müssen. Bei den üblichen Kinoapparaturen müssen wir 24 Bilder pro Sekunde vorführen. Synchronisiert mit diesem Bildwechsel ist der Tonfilm aufgenommen worden, so dass wir mit Rücksicht auf den bestehenden Tonfilm gezwungen sind diese 24 Wechselungen pro Sekunde beizubehalten. Wir bekommen deshalb 24 „dunkle Perioden“ für die Bildwechselung und dazwischenliegend nochmals 24 „dunkle Perioden“ für Beseitigung des Flimmereffektes d. h. aber auch, dass wir an und für sich bei den normalen Projektionsapparaten jedenfalls 50% vom Licht abblenden.

Und jetzt der *Tesla-Gedanke*. Wechselstrom verwendet für die erwähnten „Überhochdruck - Quecksilberlampen“. Wenn wir diese Lampen speisen mit Wechselstrom mit 24 Perioden pro Sekunde, bekommen wir pro Sekunde 48 Wechselperioden. Bei den normalen Lampen bleibt die Lampe glühen auch wenn die Spannung durch



600 W - 36000 Lm
Überhochdrucklampe 150 at

Null geht. Für die Entladungslampen aber brauchen wir zur Lichterzeugung eine gewisse Zündspannung, nachher eine gewisse Brennspannung und ist während der Periode die Spannung niedriger dann brennt die Lampe nicht, bleibt auch nicht nachher glühen d. h. dass kein Licht vorhanden ist und das heisst, dass wir abwechselnd haben :

hell Periode	dunkel Periode
hell Periode	dunkel Periode

eben dasjenige was wir, wie oben erwähnt, für die Filmprojektion benötigen. Wir können deshalb diese Lampen für Filmprojektionen verwenden, dank sei *dem Tesla-Wechselstrom*, u. z. ohne eine Blende einzubauen, nur durch die charakteristischen Eigenschaften der Lampe selbst.

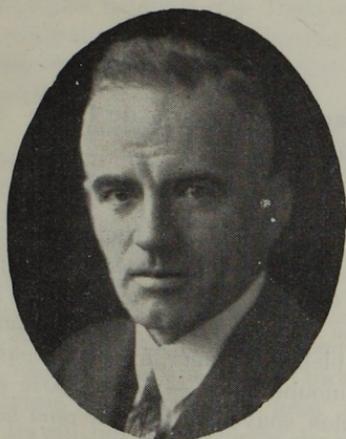
Und während wir mit Highintensity-Kohlenlampen, um 3000 Lumen aus dem Objektiv herauszubekommen, 7.500 W benötigen, kommen wir hier aus mit dieser kleinen 600 W Lampe, welche ebenfalls aus dem Objektiv 3.000 Lumen gibt. Wenn man sich einen Augenblick erinnert, wie grosse Schwierigkeiten die Wärmeentwicklung für die Kinoprojektion mit sich bringt, da ist es aus diesem Grunde schon klar, was diese kleine neue Lampe auf diesem Gebiete bedeuten wird. Und jetzt dürfen wir nicht vergessen, dass bei diesem Hochdruck das obenerwähnte kontinuierliche Spektrum noch viel stärker wird, bei der Lampe, so dass diese Lampe sogar für Farbfilmprojektion verwendbar ist. Untenstehende Tabelle zeigt wie das Rot bei Hochspannung noch immer steigt:

V/cm	W	rotes Licht, mit der Wellenlänge über
570	610	9,2% 5900 Å
826	830	10,8
1010	925	11,9
1210	1135	14,1

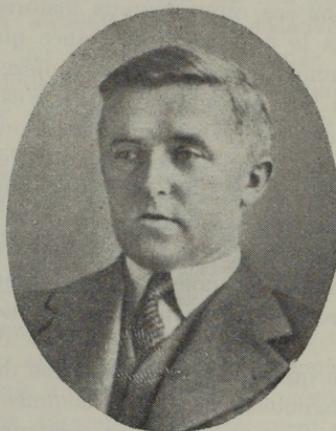
Ich möchte noch erwähnen, dass nach denselben Prinzipien auch schon Lampen gebaut worden sind von nur 3 mm Aussendurchmesser und so mit 80 L W welche eine Lichtdichte aufweisen von 170 Kerzen/cm² d. h. deshalb eine Leuchtdichte grösser als die Sonne.

Ebensogut als wir die jetzt geschilderte Verwendung *Tesla* verdanken und wir deshalb den Namen *Tesla* nennen müssen, ist es auch angebracht die zwei Männer zu nennen, welche diese Überhochdrucklampen entwickelt haben; es sind *Bol* und *Elenhaas* vom Physikalischen Laboratorium der Philips-Gesellschaft.

Prof. Van der Werflorst.
Universitätsprofessor in Utrecht



Prof. Dr. Van der **Werfhorst**,
Universitätsprofessor in Utrecht
Delegierter der Philips A. G. Holland



Prof. Dr. ing. h. c. **J. Biermanns**,
Direktor der A. E. G. Berlin



Alexandar V. Damyanovitch, ingénieur.
Chargé de Cours à l'Université
de Beograd