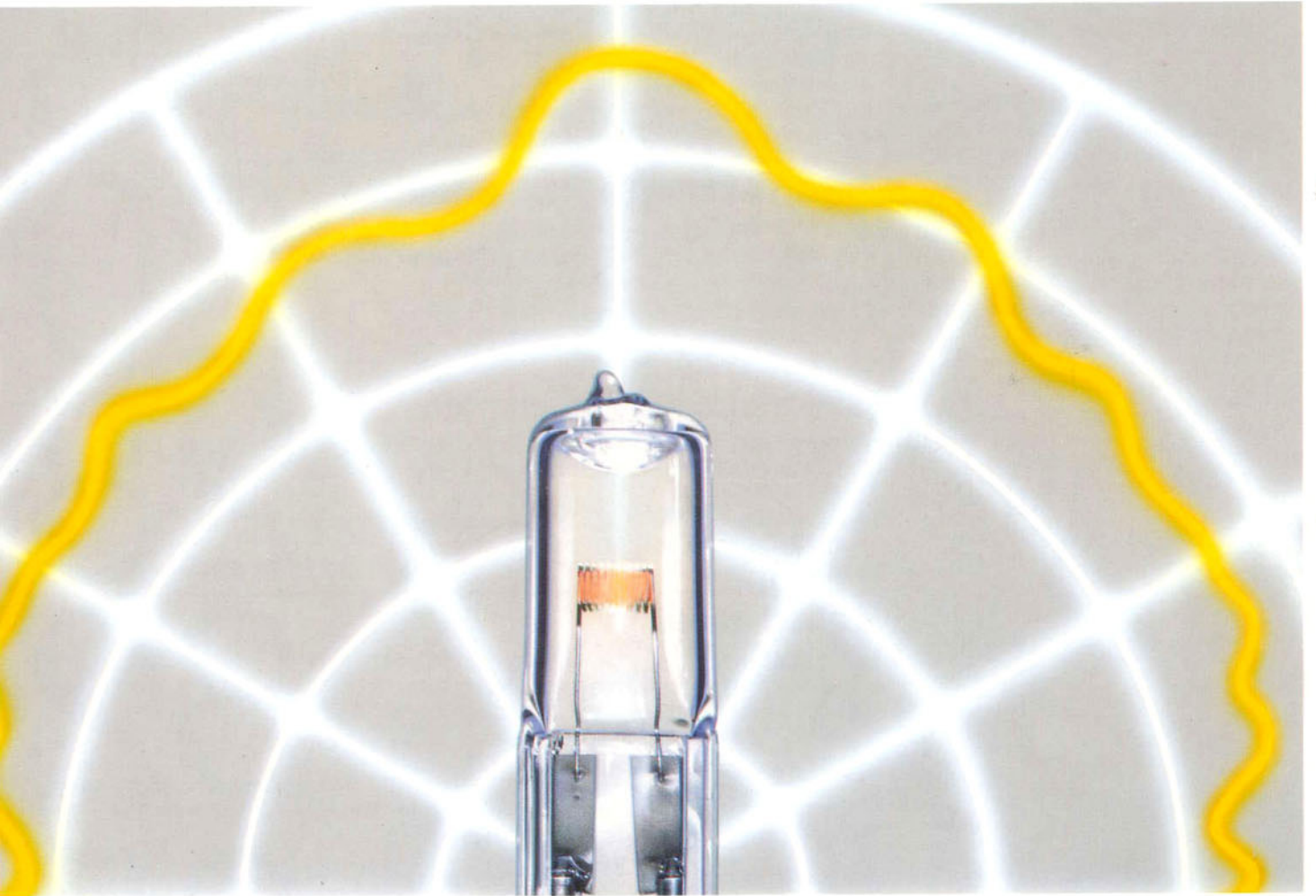


TECHNIK UND ANWENDUNG

HALOGEN-NIEDERVOLTlampen FOTO OPTIK



ES GIBT LICHT. UND ES GIBT OSRAM.

OSRAM

Lampenphysik

Lichterzeugung durch	4	Halogen-Kreisprozeß	6
Glühstrahler		Vorteile der Halogen-	7
Strahlungsbilanz	4	glühlampen	
Wolframtemperatur und	5	XENOPHOT®-Lampen	7
Farbtemperatur			

4

Aufbau von NV-Halogenlampen

Lampenkolben	8	Bezeichnungssystem	14
Glühwendel	9	Reflektorlampen	16
Wendelformen	9	Geometrie	16
Wendelausführungen	11	Material	17
Stromdurchführung	12	Beschichtungsvarianten	18
Lampensockel	13	Abmessungen	19

8

Lichttechnische Eigenschaften

Allgemeines	20	Farbtemperatur	24
Lampengesetze	21	Farbwiedergabeindex	25
Lichtausbeute	22	Dimmen	26
Leuchtdichte	22	Abklingverhalten	27
Spektrum	23		

20

Elektrische Eigenschaften

Allgemeines	28	Konstant-Strombetrieb	30
Einschaltverhalten	28	Serienschaltung	31
Einschaltfestigkeit	30	Akku-Betrieb	31
Absicherung	30	Phasenanschnitt-	31
Konstant-Spannungs-	30	betrieb	
betrieb			

28

Lebensdauer

Definition	32	Veränderungen der	34
Einflußgrößen	32	lichttechnischen und	
Lebensdauer-Ende	33	elektrischen Werte	

32

Handhabung und Betrieb

Handhabung	35	Optische Filter	37
Brennlage	35	Hilfsspiegel	38
Kühlung	36	Lampenauswahl und	38
Freiraum	37	Zweckentfremdung	
Lampenfassung	37	Betrieb im Vakuum,	39
UV- u. Temperaturfestig-	37	Schwerelosigkeit	
keit von Materialien			

35

Sicherheit und Normung

Sicherheit	39	Sicherungstabelle	41
Normung	40	Sockeltabelle	42
Standardlampen	41		

39

**Index
Stichwort**

43

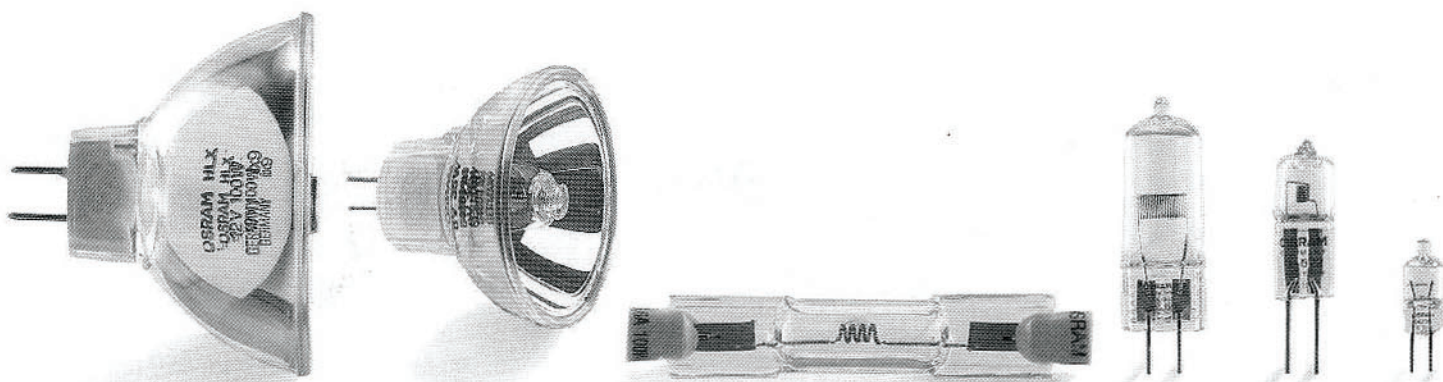
Einleitung

Die internationale Norm IEC 357 unterscheidet je nach Konstruktionsspannung drei Kategorien von Lampen: < 50 V, 50–170 V und > 170–250 V. In dieser Broschüre beziehen wir den Begriff „Niedervolt“ auf die erste Kategorie, d.h. Lampen bis 50 V.

Niedervolt-Halogenglühlampen werden heute in einer Vielzahl von Bereichen verwendet. Ursprünglich für fotografische Aufgaben entwickelt, haben sie sich mittlerweile auch die Anwendungsgebiete in der Verkehrs- und Signaltechnik und der Allgemeinbeleuchtung erobert. Das breiteste Anwendungsfeld finden sie allerdings nach wie vor in der Erfüllung von Spezialaufgaben in Foto, Film, TV, Medizin, Analytik, Flugsicherheit, Wissenschaft und Technik. In den letzten Jahren hat es hierbei eine wahre Explosion des Typenspektrums gegeben, indem immer neue, den unterschiedlichsten Anforderungen angepaßte, Versionen entwickelt wurden.

Diese Broschüre wendet sich an alle interessierten Benutzer von Niedervolt-Halogenglühlampen (im folgenden stets kurz mit 'NV-Halogenlampen' bezeichnet), aber vor allem auch an Konstrukteure von Geräten, die sich die Vorteile, die Halogenglühlampen bieten, optimal zu Nutze machen wollen.

Hauptaugenmerk richtet sich dabei auf die NV-Halogenlampen, entwickelt für Aufgaben außerhalb der Anwendungen Verkehr, Signal- und Allgemeinbeleuchtung; wiewohl ein Großteil der Darlegungen natürlich auch dort gültig ist. Nur mit großen Einschränkungen jedoch sind sie für Netzspannungs-Halogenlampen geeignet. Besonders auf den Gebieten der Normung und Sicherheit bestehen zum Teil wesentliche Unterschiede.



1 NV-Halogenlampen verschiedener Leistung, in Hartglas- und Quarzglas-technologie, einseitig und zweiseitig, mit Rundkern- und Flachkernwendel, mit und ohne Reflektor.

Lampenphysik

Lichterzeugung durch Glühstrahler

Allgemeines

Halogenglühlampen sind – genau wie klassische Glühlampen – Temperaturstrahler. Das bedeutet, daß das Licht dadurch erzeugt wird, daß ein Festkörper auf hohe Temperatur gebracht wird. Je höher seine Temperatur, umso 'heller' leuchtet er. Bei den elektrischen Glühlampen wird die erwünschte Temperatur mittels Stromdurchgang durch einen mehr oder minder guten elektrischen Leiter erzeugt. Um eine möglichst hohe Temperatur zu erreichen, und diese über längere Zeit beibehalten zu können, sind zwei Forderungen an das 'Glühmaterial' zu stellen:

1. hoher Schmelzpunkt
2. niedrige Verdampfungsrate

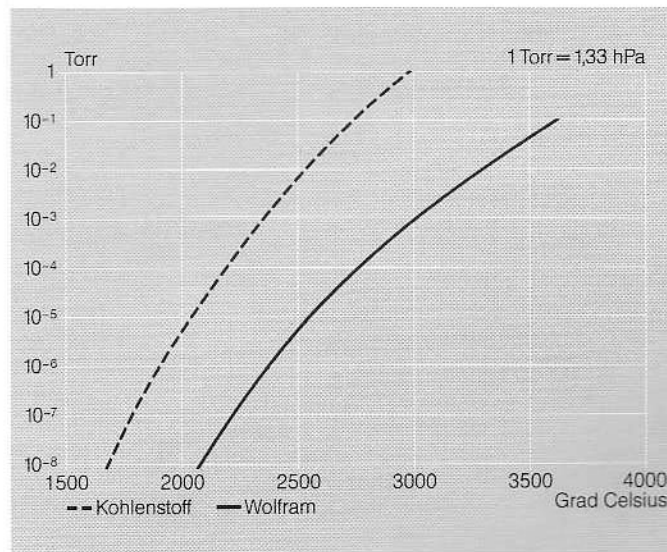
Kohlefaden

In der Frühzeit der elektrischen Lampen wurde Kohlenstoff als Glühfaden-Material verwendet. Sein Schmelzpunkt liegt ausreichend hoch: über 3500°C . Da er aber relativ schnell verdampft, kann für eine praktikable elektrische Lampe die Temperatur nicht wesentlich über 2500°C getrieben werden. Das Ergebnis: das Licht ist gelblich und der Wirkungsgrad ist mit ca. 7 Lumen/Watt gering. Heute werden Kohlefaden-Lampen nur noch zu dekorativen Zwecken verwendet.

Wolfram

Der Kohlefaden als Lichtemitter bei elektrischen Lampen wurde umgehend von Wolframfäden und -wendeln abgelöst, sobald deren Herstellung und vor allem ihre Bearbeitung beherrscht wurde. Das Problem dabei war die Sprödigkeit des reinen Ausgangsmaterials, das einer Formgebung in feinste Drähte im Wege stand. Durch sog. Dotierung, d.h. Zugabe von Fremdelementen in winzigen Mengen, können heute die Eigenschaften des Wolframmetalls in weiten Grenzen gesteuert werden.

Aufgrund seines Schmelzpunktes von 3383°C ist Wolfram zwar nicht ganz so gut wie Kohlenstoff als Temperaturstrahler geeignet, doch macht seine geringe Verdampfungsrate auch nahe seinem Schmelzpunkt diesen Nachteil mehr als wett. Siehe Abb. 2. Heute werden alle elektrischen Glühlampen mit Wolframdrähten und -wendeln hergestellt. Trotz intensiver Suche ist es bislang nicht gelungen, ein Glühmaterial mit besseren Eigenschaften zu finden.

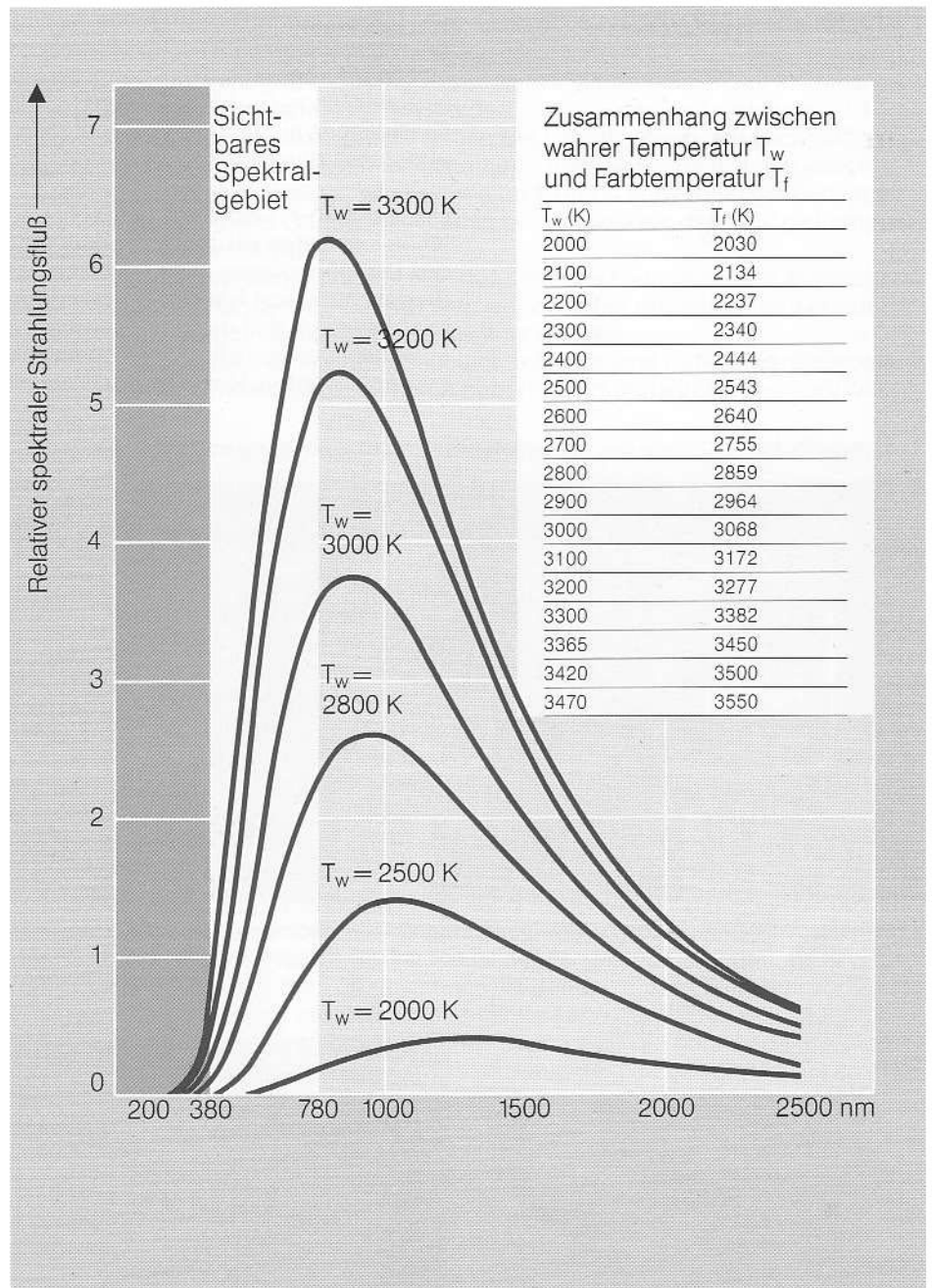


2 Dampfdruckkurven von Kohlenstoff und Wolfram. Unter gleichen Bedingungen ist die Verdampfungsrate proportional dem Dampfdruck.
Quelle: D'Ans-Lax

Strahlungsbilanz

Die von dem Glühdraht aufgenommene elektrische Leistung wird zum weitaus größten Teil durch (elektromagnetische) Strahlung abgegeben. Die Gesamtmenge der Strahlung wächst mit der vierten Potenz der Materialtemperatur. Die spektrale Verteilung der Strahlung – d.h. die Verteilung der abgegebenen Strahlung auf die Bereiche Ultraviolett, Sichtbar und Infrarot (Wärme) – verschiebt sich dabei mit zunehmender Temperatur als eine Art Glockenkurve zu kürzeren Wellenlängen. Das Maximum wandert aus dem Infrarotbereich in Richtung 'Sichtbar'. Siehe Abb. 3. Leider läßt es der Schmelzpunkt des Wolframs nicht zu, das Maximum bis in den sichtbaren Spektralbereich zu verschieben.

Bei den höchsten praktikablen Temperaturen liegt dieses bei etwa 850 nm (Nanometer); der sichtbare Bereich endet schon bei 780 nm. In diesem Fall werden etwa 20% der gesamten abgegebenen Strahlung als 'Licht' abgegeben; etwa 0,3% im UV-Bereich und der (überwiegende) Rest als Wärmestrahlung.



3 Relativer, spektraler Strahlungsfluß für Wolframwendeln bei verschiedenen wahren Temperaturen. Vergleichstabelle 'wahre Temperatur' zu 'Farbtemperatur'.

Wolframtemperatur und Farbtemperatur

Für einen idealen 'Schwarzen Körper' – im physikalischen Sinn – ist die Farbtemperatur gleich seiner wahren Temperatur. Die Farbtemperatur wird in Kelvin (K) angegeben, die wahre Temperatur zweckmäßigerweise in Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Beide unterscheiden sich nur um den Wert 273,15: Kelvin = Celsius plus 273,15. Je höher die Farbtemperatur, umso weißer das Licht; je tiefer diese, umso gelblicher und rötlicher das Licht.

Wolfram ist jedoch kein 'Schwarzer Körper'; seine Emissionsfähigkeit ist geringer, d.h. die abgegebene Gesamtstrahlung ist geringer als im idealen Fall. Man könnte sagen, Wolfram sei ein grauer Strahler. Aber auch das wäre nur halb richtig, denn im kurzwelligen Bereich emittiert Wolfram besser – wenn auch immer noch schlechter als der ideale schwarze Strahler – als im langwelligen (roten) Bereich. Dieser 'Gang des Emissionskoeffizienten' wirkt sich positiv auf die Strahlungseigenschaften von Wolfram aus: seine Farbtemperatur ist höher als sie seiner wahren, körperlichen Temperatur entspricht. In dem in der Lampentechnik interessierenden Gebiet um 3000 K macht dies 60–80 K aus. Siehe auch Tabelle in Abb. 3.

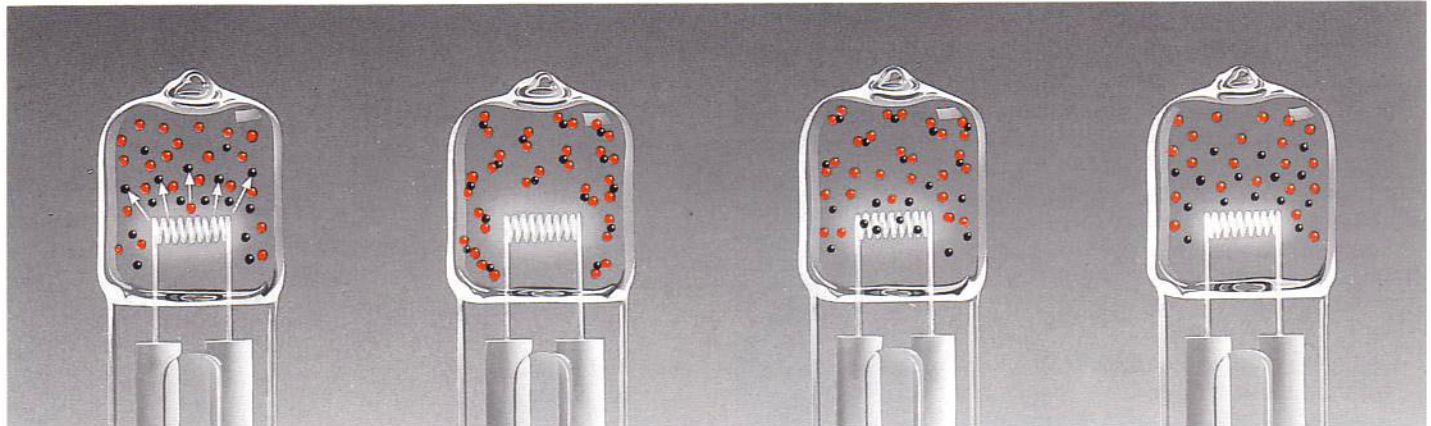
Eine obere Grenze für die Farbtemperatur ist durch den Schmelzpunkt des Wolframs und der Forderung nach einer minimalen Lebensdauer der Lampe bzw. ihrer Einschaltfestigkeit (siehe Kapitel: 'Elektrische Eigenschaften') gegeben; sie liegt bei etwa 3550 K.

Halogen-Kreisprozeß

Die bisherigen Ausführungen gelten für alle Glühlampen – mit oder ohne Halogen. Ein wesentlicher Nachteil der klassischen Glühlampen ohne Halogen ist die Lichtstromabnahme (Rückgang der Helligkeit) während der Lebensdauer. Das verdampfende Glühdrahtmaterial schlägt sich auf der Innenwandung des Glaskolbens nieder und schwärzt diesen. Das erzeugte Licht wird dort zum Teil absorbiert, ehe es die Lampe verlassen kann.

Der Halogen-Kreisprozeß – erdacht und erprobt vor 40 Jahren und in der Lampentechnik seit etwa 30 Jahren angewendet – schafft hier Abhilfe. Durch eine Füllung des Lampenkolbens mit einem Edelgas (meistens Krypton oder Xenon) und Beimischung von Spuren eines Halogens (meistens Brom oder Jod) kann erreicht werden, daß die vom Glühdraht abdampfenden Wolframteilchen (Atome, Moleküle) vor Erreichen der Kolbenwandung abgefangen und zur Wendel zurückgebracht werden. Resultat: der Glaskolben bleibt sauber (siehe Abb. 4).

4 Schematische Darstellung des Wolfram-Kreisprozesses in NV-Halogen Lampen (Schwarz=Wolfram; Rot=Halogen)



Verdampfende Wolfram-Atome

Freigewordene Wolfram-Atome verbinden sich mit den Halogen-Atomen

Die Wolfram-Halogen-Verbindung lagert sich wieder an der heißen Wendel ab

Das Halogen steht erneut für den Kreisprozeß zur Verfügung

Halogen-Kreisprozeß

Zusatz von Halogenen verhindert Kolbenschwärzung

- ➔ Kolben kann kleiner werden
- ➔ Teures Quarzglas kann benutzt werden
- ➔ Seine hohe Festigkeit erlaubt höheren inneren Druck
- ➔ Wolfram-Verdampfung verlangsamt sich
- ➔ Wendeltemperatur kann erhöht werden
- ➔ Lichtausbeute ist höher

5 Unterdrückung der Kolbenschwärzung durch den Halogen-Kreisprozeß führt zu helleren Lampen

Leider werden die abgedampften Atome nicht wieder an ihre alte Stelle gebracht, sondern irgendwo anders abgelagert. Sonst gäbe es theoretisch die 'Ewige Glühlampe'.

Obwohl im Prinzip simpel, ist der Halogen-Kreisprozeß ein äußerst sensibles chemisches System, abhängig von einer Vielzahl von Parametern. Eine wichtige Kenngröße ist z. B. die Kolbenwandtemperatur, mitverantwortlich für die Rückführung der Verdampfungsprodukte zum Glühfaden.

Halogenglühlampen haben aber nicht nur den Vorteil, daß sie bis zum Lebensdauerende gleich hell bleiben, sondern sie wandeln den elektrischen Strom auch effizienter in Licht um.

Und das kommt so:

- Bei konventionellen Glühlampen schlägt sich das verdampfende Wolfram auf dem Glaskolben nieder. Um den Lichtverlust möglichst gering zu halten, ist die Kolbenoberfläche groß, sodaß sich die absorbierende Schicht dünn und weit verteilen kann. Da bei Halogenglühlampen der Kolben nicht schwärzt, kann er sehr klein gebaut werden

- Dadurch, daß der Kolben sehr klein ist, kann ein teureres Glas verwendet werden: in der Regel Quarzglas
- Weil Quarzglas eine sehr hohe Festigkeit aufweist und der Kolben klein ist, kann der Gasdruck in der Lampe erhöht werden
- Der höhere Gasdruck unterdrückt stärker die Verdampfung des Glühfadens
- Da das Lampenvolumen klein ist, kann auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ein teureres Füllgas wie Krypton und Xenon verwendet werden, das die Verdampfung des Glühfadens stärker unterdrückt als das übliche Lampengas (Stickstoff und Argon)
- Eine reduzierte Verdampfungsrate des Glühfadens kann entweder zu einer Lebensdauererlängerung benutzt werden; oder bei ungeänderter Lebensdauer kann die Glühfadentemperatur erhöht werden
- Eine höhere Wolframtemperatur bedeutet nicht nur eine höhere Farbtemperatur ('weißeres' Licht), sondern auch einen höheren Wirkungsgrad in Lumen/Watt!

Vorteile der Halogenglühlampen

Halogenglühlampen

- sind klein
- schwärzen nicht
- haben einen höheren Wirkungsgrad
- haben eine höhere Farbtemperatur

XENOPHOT®-Lampen

Im Bereich der NV-Halogenglühlampen für Spezialanwendungen (Foto, Film, Airport, etc.) wurde von OSRAM vor einigen Jahren die sog. XENOPHOT®-Technologie eingeführt. Ihr liegt folgendes Prinzip zu Grunde:

Die Verdampfung des Wolframmaterials kann nicht nur durch den Druck des im Lampenkolben eingeschlossenen Gases beeinflusst werden, sondern auch durch die Auswahl des Gases. In der Regel werden Halogenlampen mit Krypton gefüllt. Dieses wird aus der Luft gewonnen, in der es zu etwa 0,0001% vorkommt. Eine stärkere Minderung der Verdampfungsrate kann durch die Verwendung von Xenon als Füllgas erreicht werden. Der Grund sind die gegenüber Krypton größeren Xenonatome. Auch dieses Gas wird aus der Luft gewonnen. Da es aber sehr viel seltener ist (Vorkommen nur 0,00001%) ist seine Gewinnung entsprechend teuer.

XENOPHOT®-Technologie für höherwertige Lampen

Füllgas: Xenon anstelle Krypton

- Höhere atomare Masse
- Bessere Unterdrückung der Wolframverdampfung
- Höhere Wendeltemperatur
- Gewinn an Lichtausbeute (bis ca. 10%)

Die reduzierte Verdampfungsrate des Wolframs kann entweder zu einer Lebensdauererlängerung der Lampen genutzt werden, oder – bei gleichbleibender Lebensdauer – über die Erhöhung der Wolframtemperatur zu einer Anhebung der Lichtausbeute und der Farbtemperatur. In beiden Fällen ist ausgehend von der Standard-Krypton-Lampe eine Neuberechnung der Abmessungen des Glühdrahtes und eine Anpassung der Lampenfüllung notwendig.

Durch den 'Xenon'-Effekt kann die Lichtausbeute um etwa 5–10% angehoben werden, was sich in einer Erhöhung der Farbtemperatur von etwa 100 K niederschlägt.

Die XENOPHOT®-Technologie ist nur für Niedervolt-Lampen möglich. Bei Hochvolt-Lampen würde die geringere Ionisierungsspannung von Xenon zu einem elektrischen Durchschlag im Lampenkolben führen. Siehe auch Kapitel 'Lebensdauer' (Seite 32).