

Halogen- Metaldampflampen

Hinweise für den Gebrauch und die Anwendung

SEE THE WORLD IN A NEW LIGHT

OSRAM



Inhalt

1	Einführung.....	4
2	Funktionsprinzip einer Halogen-Metall dampflampe	5
2.1	Entladungsgefäß aus Quarz	6
2.2	Entladungsgefäß aus Keramik (PCA = polycrystalline Alumina).....	6
2.2.1	Erste Generation: zylindrische Bauform	6
2.2.2	Zweite Generation: frei formbare Keramik, POWERBALL®	6
3	Vorschaltgeräte für Entladungslampen	8
3.1	Induktive Vorschaltgeräte (Drosseln)	8
3.1.1	Amerikanische Schaltungen für Vorschaltgeräte.....	9
3.1.2	Variation der Versorgungsspannung bei angepasster Induktivität	10
3.1.3	Einfluss von Versorgungsspannungsabweichungen.....	11
3.1.4	Kompensationskondensator	11
3.2	Elektronische Vorschaltgeräte (EVG)	12
3.2.1	Aufbau und Funktionsweise eines Elektronischen Betriebsgerätes.....	12
3.2.2	Lebensdauer und Temperatur	13
3.2.3	Vorteile des Betriebs am elektronischen Vorschaltgerät POWERTRONIC® PTi.....	13
3.3	Einfluss von Oberwellen und deren Filterung.....	15
3.4	Kurzzeitige Stromunterbrechungen	16
3.5	Stroboskopischer Effekt und Flickern.....	17
4	Zündung und Anlauf von Entladungslampen.....	19
4.1	Externe Zündgeräte	19
4.1.1	Paralleles Zündgerät.....	19
4.1.2	Semi-paralleles Zündgerät	19
4.1.3	Überlagerungszündgerät	20
4.2	Warmwiederzündung	20
4.3	Heißwiederzündung	20
4.4	Zündung an niedriger Zündspannung (Penning-Effekt)	20
4.5	Zündung bei niedrigen Umgebungstemperaturen	20
4.6	Kabelkapazität	21
4.7	Anlaufverhalten von Halogen-Metall dampflampen.....	21
5	Leistungsreduzierung von Hochdruckentladungslampen	23
5.1	Einleitung.....	23
5.2	Techniken der Leistungsreduktion	23
5.2.1	Absenken der Versorgungsspannung	23
5.2.2	Phasenregelung: Phasenanschnitt, -abschnitt.....	24
5.2.3	Erhöhen der Drosselimpedanz bzw. Verringerung des Lampenstroms	24
5.2.4	Ändern der Frequenz bei Hochfrequenzbetrieb	24
5.3	Empfehlungen zur Leistungsreduktion von Entladungslampen	25
5.3.1	Halogen-Metall dampflampen	25
5.3.2	Dimmung bei anderen Entladungslampen	25
6	Lampenlebensdauer, Alterung und Ausfallverhalten.....	26
6.1	Lampenlebensdauer und Alterungsverhalten.....	26
6.2	Lagerung von Halogenmetall dampflampen.....	26
6.3	Ausfallmechanismen von Halogen-Metall dampflampen.....	26

6.3.1	Undichter Brenner	27
6.3.2	Anstieg der Wiedertzündspitze	27
6.3.3	Bruch der Stromzuführung bzw. einer Schweißung	28
6.3.4	Undichter Außenkolben	28
6.3.5	Nichtzündende Lampen	29
6.3.6	Bruch einer oder unterschiedliche Abnutzung der Elektroden	29
6.3.7	Verzunderung von Sockel/Fassung	29
6.3.8	Lampenplatzer	29
6.3.9	Gleichrichteffekt	29
6.3.10	Schlussfolgerung	31
7	Leuchtendesign und Planung von Beleuchtungsanlagen	32
7.1	Temperaturmessung, Umgebungstemperatur	32
7.1.1	Physikalische Randbedingungen für Grenztemperaturen für Außenkolben und Quetschung bei Halogen-Metaldampflampen	32
7.1.2	Messung mit Thermoelement	32
7.1.3	Messpunkte für Thermoelement der verschiedenen Lampentypen	33
7.2	Einfluss der Umgebungstemperatur auf Vorschaltgeräte und Leuchte	36
7.3	Lampenfassungen	36
7.4	Zuleitungen zu Leuchten	37
7.5	Wartung von Beleuchtungsanlagen mit Halogen-Metaldampflampen	37
7.6	Normen und Richtlinien für Entladungslampen	39
7.6.1	Normen	39
7.6.2	Richtlinien	41
7.6.3	Zertifikate	42
7.7	Funkstörungen	42
7.8	RoHS Konformität	42
7.9	Optisches Design von Reflektoren	42
7.9.1	Kondensat der Lampe	42
7.9.2	Abbildung des Kondensats	43
7.9.3	Reflektorhals	43
8	Licht und Farbe	45
8.1	Nachtsehen	46
8.2	Farbwiedergabe	48
8.2.1	Testfarben aus der Norm DIN 6169	49
8.3	Licht und Lebensqualität	50
8.4	UV-Strahlung	51
8.4.1	Ausbleichwirkung	52
8.4.2	Schutzmaßnahmen zur Reduzierung der Ausbleichwirkung	52
9	Entsorgung von Entladungslampen	53
9.1	Gesetzliche Grundlagen	53
9.2	Sammlung, Transport und Entsorgung von ausgedienten Entladungslampen	53
9.3	Gefahrstoffverordnung	53
10	Abkürzungsverzeichnis	54
11	Literatur	55

1 Einführung

Halogen-Metaldampflampen weisen eine Reihe von Vorteilen auf, die ihren Einsatz in immer weitergehenden Anwendungsfeldern begünstigen. Dazu zählen die hohe Lichtausbeute, eine lange Lebensdauer und eine

gute Farbwiedergabe. Da das Licht auf kleinem Raum erzeugt wird, entsprechen Entladungslampen nahezu einer Punktlichtquelle, was Vorteile bei der Lichtlenkung und Brillanz der Beleuchtung verschafft.

Tabelle 1: Die Eigenschaften der Halogen-Metaldampflampen und daraus folgende Anwendungsfelder

Anforderung in der Anwendung	Eigenschaft der Halogen-Metaldampflampen	Hoher Raum, Halle			Laden	Strasse	Gebäudeanstrahlung	Sportstätte
		Industrie	Messe	Foyer				
Aufgrund der Höhe wird viel Licht benötigt	Hoher Lichtstrom ermöglicht wenige Lichtpunkte	X	X	X			X	X
Lampenwechsel schwierig und teuer	Hohe Lebensdauer verlängern Wechselintervalle	X	X	X		X	X	X
Hohe Betriebsstunden	Hoher Wirkungsgrad und lange Lebensdauer	X		X	X	X	X	
Hochwertige Oberflächen, Bilder, Produkte und Fernsehbilder sollen lebensecht wiedergegeben werden	Gute Farbwiedergabe			X	X			X
Hohe Beleuchtungsstärkewerte	Hoher Lichtstrom ermöglicht wenige Lichtpunkte				X			X
Leuchten sollen klein bzw. zurückhaltend sein	Geringe Abmessungen ermöglichen kompakte Leuchten			X	X		X	
Hohe Lichtpunkte, weiter Abstand erfordern präzise Lichtlenkung	Kleine Brenner ermöglichen sehr gute Lichtlenkung					X	X	X

Die Art der Lichterzeugung ist aber technisch aufwendig. Nachstehend finden Sie die wesentlichen Grundlagen rund um den Betrieb dieser Lampen und Hinweise zu ihrer Anwendung.

Diese Anwendungshinweise wenden sich an eine Vielfalt von Anwendern wie zum Beispiel Leuchtenkonstrukteure, Lichtplaner, Betriebsgeräteentwickler und Fachhändler. Naturgemäß sind nicht alle Bereiche für alle Nutzer interessant, es wurden aber die Interessen möglichst vieler Anwender abgedeckt.

2 Funktionsprinzip einer Halogen-Metaldampf Lampe

Halogen-Metaldampf Lampen gehören zu der Gruppe der Entladungslampen, wie z.B. auch die Quecksilberhochdruckdampf Lampen und Natriumhochdruckdampf Lampen. Zu den Niederdruckentladungslampen zählen die Leuchtstoff Lampen und Kompaktleuchtstoff Lampen.

Das Licht bei Entladungslampen wird in einer Gasentladung erzeugt, die in einem Brennergefäß zwischen zwei Elektroden nach der Zündung entsteht. In dem Entladungsbogen sind die Füllungsbestandteile zum Teil ionisiert, wodurch die elektrische Leitfähigkeit hergestellt wird, es entsteht ein „Plasma“. Die Elektroden sind so in das Entladungsgefäß eingeführt, dass dieses vollständig dicht abschließt. Bei Hochdruckentladungslampen ist der Brenner üblicherweise in einem evakuierten Außenkolben untergebracht, der den heißen Brenner thermisch von der Umgebung isoliert, ähnlich dem Prinzip einer Thermoskanne. Es gibt aber auch außenkolbenlose Entladungslampen, sowie Lampen mit einem gasgefüllten Außenkolben. Im Unterschied zur Niederdruckentladung herrschen im Entladungsgefäß ein hoher Druck und eine hohe Temperatur.

In der Gasentladung werden durch den Stromfluss die Leuchtzusätze (Metallhalogenide) und das Quecksilber angeregt und geben die Anregungsenergie in Form von für die jeweiligen Elemente charakteristischer Strahlung ab. Die Mischung von Strahlungsanteilen

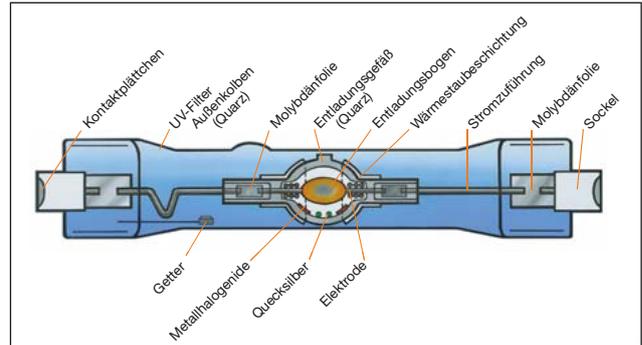


Abbildung 1: Funktionsprinzip einer Halogen-Metaldampf Lampe am Beispiel einer zweiseitig gesockelten Lampe mit Quarzbrenner

verschiedener Elemente ergibt die gewünschte Farbtemperatur und Farbwiedergabe. Das Quecksilber ist im Betriebszustand vollständig verdampft. Die anderen beteiligten Elemente liegen bei den vorliegenden Temperaturen in gesättigter Form vor, d.h. nur ein Teil ist verdampft, der Rest befindet sich in flüssiger Form an der kältesten Stelle im Brenner. Der Anteil der Füllung, der verdampft ist, hängt von der Temperatur der kältesten Stelle der Brennerwand ab und ist zudem unterschiedlich für die unterschiedlichen Füllungsbestandteile. Bei Veränderung der Brennerwandtemperatur können sich also die Zusammensetzung der Metallhalogenide im Entladungsbogen verändern und damit auch die Farbeigenschaften der Lampe.

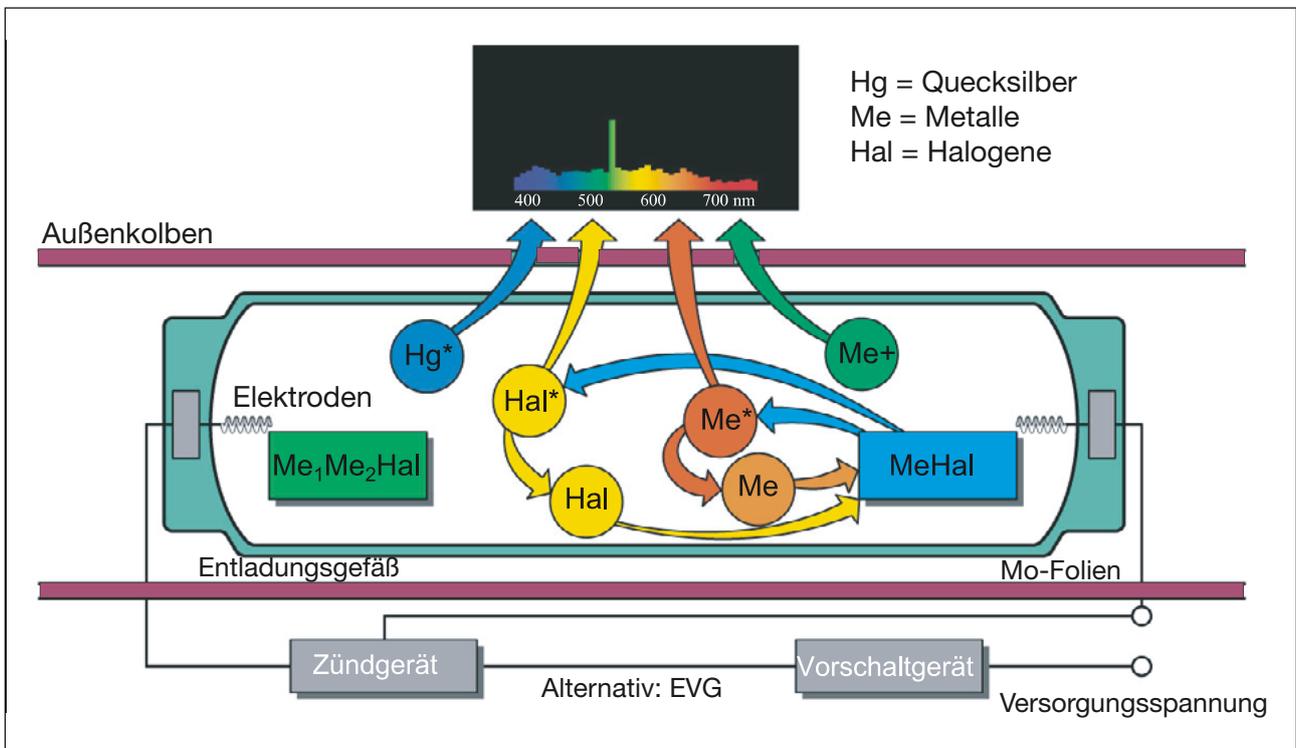


Abbildung 2: Aufgaben der Metalle [Natrium (Na), Thallium (Tl), Indium (In), Zinn (Sn), Lithium (Li); Seltene Erden: Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Thulium (Tm)]

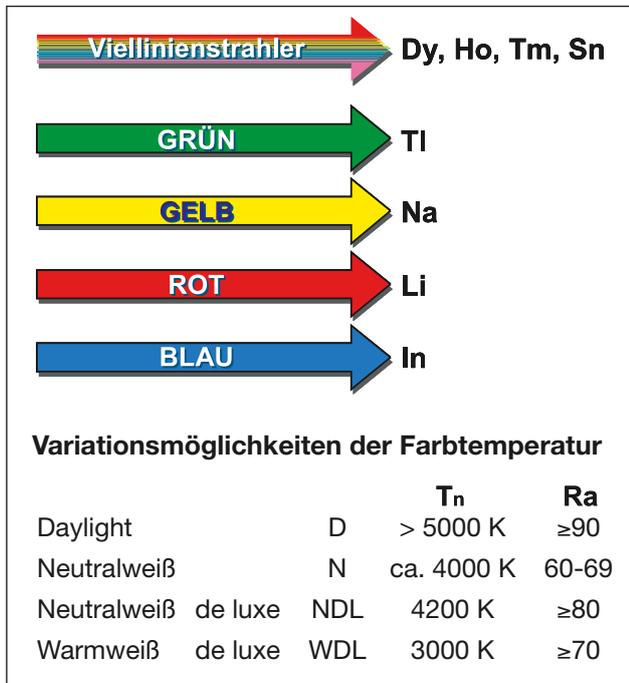


Abbildung 2a: Erzeugung der gewünschten spektralen Strahlungsanteile zur Erreichung hoher Lichtausbeuten und guter Farbwiedergabe

2.1 Entladungsgefäß aus Quarz

Halogen-Metaldampflampen der ersten Generation besitzen Entladungsgefäße aus hochtemperaturfestem Quarzglas. Dieses ist temperaturwechselbeständig und transparent, also durchsichtig. Mit dieser Technologie werden die bewährten HQI-Lampen in verschiedenen Bauformen hergestellt.

H	...	Hydrargyrum (gr.-lat. für Quecksilber)
Q	...	Quarz
I	...	Iodid

- Bewährte Lampentechnologie
- Großes Leistungsspektrum 70 W – 2000 W
- Lichtfarben bis 7250 K
- Gute optische Eigenschaften, da transparentes Entladungsgefäß

2.2 Entladungsgefäß aus Keramik (PCA = polycrystalline Alumina)

Durch den Einsatz von Brennern aus keramischen Material konnten einige der Eigenschaften der Halogen-Metaldampflampe weiter verbessert werden.

Keramik widersteht höheren Temperaturen als Quarzglas. Eine damit mögliche Erhöhung der Wandtemperaturen erhöht den Anteil an Füllung im Plasma. Damit lässt sich die Lichtausbeute und die Farbwiedergabe der Lampe verbessern.

In keramischer Bauform lassen sich die Brenner mit geringeren Maßtoleranzen herstellen, was die Streuung der lichttechnischen und elektrischen Parameter verringert.

Keramik ist weniger empfänglich für Angriffe der aggressiven Metallhalogenidfüllung und weniger durchlässig für Füllungsbestandteile, wodurch sich die Lebensdauer gegenüber Lampen mit Quarzbrenner verbessert.

Die Brenner aus Keramik gibt es mittlerweile in unterschiedlichen Bauformen, die ursprüngliche zylindrische Variante und die verbesserte in runder Bauform.

2.2.1 Erste Generation: zylindrische Bauform

In einer ersten Variante wurde der keramische Brenner, ausgehend von der Herstellungstechnologie für die Natriumhochdrucklampe, in zylindrischer Form ausgeführt. Der Brenner war dabei aus zylindrischen Teilabschnitten zusammengesetzt, die miteinander versintert wurden. Bestandteil des Brenners war ein relativ dicker Stopfen an beiden Enden des Brenners, der für Haltbarkeit und Funktion des Brenners notwendig war.

2.2.2 Zweite Generation: frei formbare Keramik, POWERBALL®

In einem weiteren Schritt mit veränderter Herstellungstechnologie war es möglich, frei formbare Brennergeometrien zu fertigen. Jetzt konnten runde keramische Brenner mit konstanter Wanddicke, die POWERBALL®-Brenner, hergestellt werden. Die runde Form und die gleichmäßige Wandstärkenverteilung führen zu erheblichen Vorteilen. Die Möglichkeit, die Wandtemperatur weiter anzuheben, erhöht die Lichtausbeute und die Farbwiedergabe weiter. Das Fehlen der dicken Stopfen am Brennerende verringert die Absorption in diesem Bereich und führt damit zu einem höheren Lichtstrom. Die Abstrahlungscharakteristik ist gleichmäßiger. Die Unterschiede in der Wandtemperatur zwischen den verschiedenen Brennlagen sind geringer und damit sind auch die Farbunterschiede zwischen den Brennlagen kleiner. Die geringere Keramikmasse des runden Brenners sorgt für ein schnelleres Aufheizen des Brenners und damit für ein zügiges Erreichen der lichttechnischen Werte. Ebenso ist bei Verlöschen der Lampe ein schnelleres Warmwiederzünden möglich, da das Abkühlen auf die zum Starten an normalen Zündgeräten nötige niedrigere Temperatur schneller erreicht ist.

Durch die gleichmäßige Wandstärke und die runde Bauform erreicht man einen gleichmäßigeren Temperaturverlauf entlang der Brennerinnenwand wie in Abbildung 3 anhand der Temperaturdarstellung in Falschfarben zu sehen ist. Der stärkere Temperaturgradient in der zylindrischen Keramik begünstigt Transportprozesse. Hierbei löst sich Aluminiumoxidkeramik in der flüssigen Metallhalogenidschmelze und lagert

sich an kühleren Stellen im Brenner wieder ab. Wenn der Wandabtrag zu weit fortgeschritten ist, kann es zu Undichtigkeiten des Brennergefäßes und damit zum Ausfall der Lampe kommen. Ausfälle wegen dieser

sogenannten „Keramikkorrosion“ sind damit bei Lampen mit runden Keramikbrennern wesentlich unwahrscheinlicher geworden.

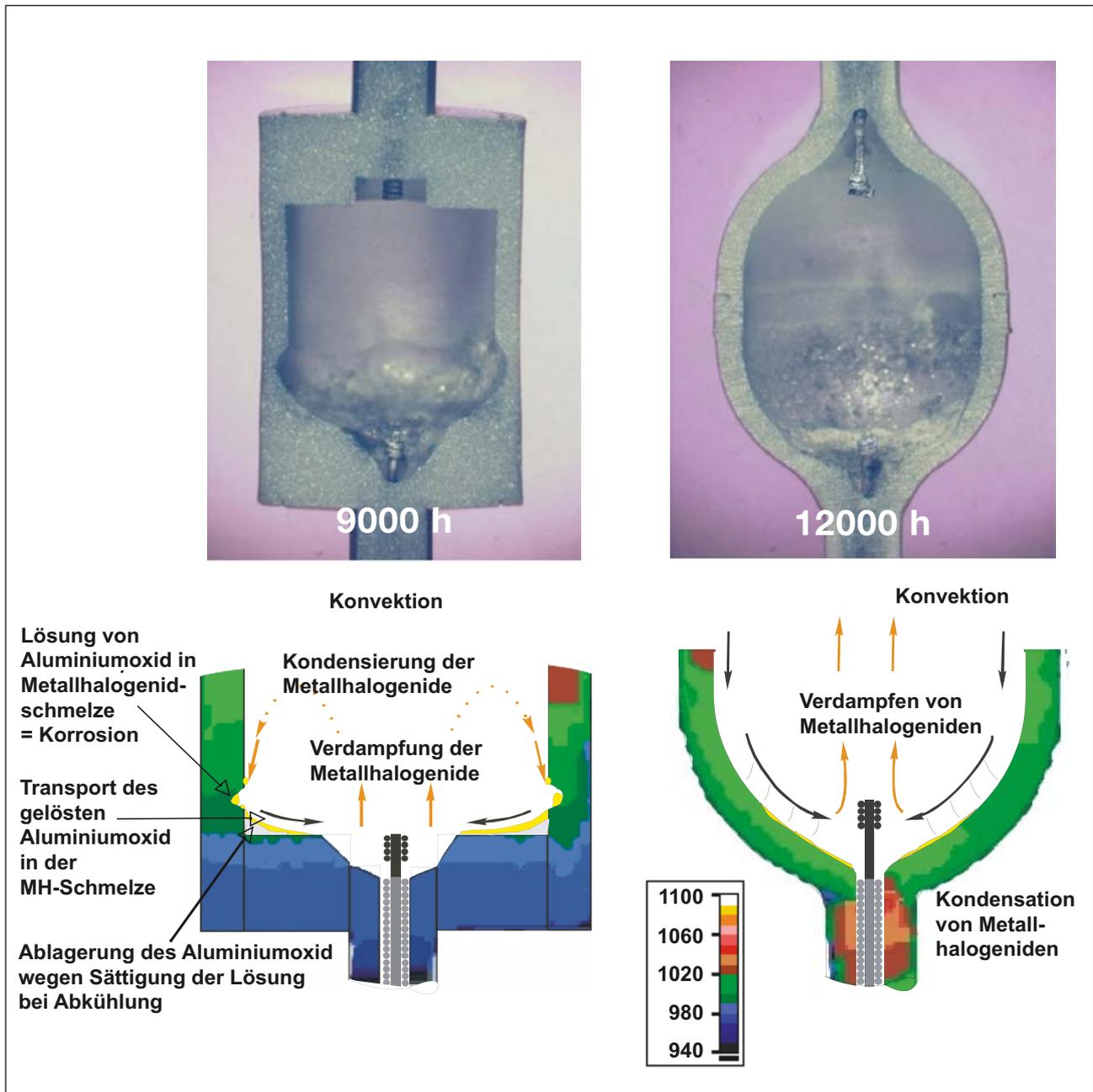


Abbildung 3: Vergleich der Ceramikkorrosion zwischen den verschiedenen Brennerformen

Die Vorteile der POWERBALL® Technologie gegenüber zylindrischer Technik

- Geringere Lichtstromabnahme über die Lebensdauer
- Bessere Farbwiedergabe, im besonderen höherer Rotwiedergabeindex
- Verbesserte Farbstabilität während der Lebensdauer
- Geringere Brennlagenabhängigkeit
- Gleichmäßigere Lichtverteilung
- Schnelleres Anlaufverhalten

3 Vorschaltgeräte für Entladungslampen

Da die Entladung bei steigendem Lampenstrom mit fallender Spannung reagiert, muss der Lampenstrom im Betrieb durch ein Vorschaltgerät begrenzt werden. Dies geschieht üblicherweise durch eine Induktivität (Drossel), es werden in seltenen Fällen bis 400 W auch kapazitive Schaltungen realisiert. (Letzteres führt aber in der Regel zu einer Verringerung der Lebensdauer) Bei der Mischlichtlampe (HWL) dient der ohmsche Widerstand des Glühfadens als Vorwiderstand für die Quecksilberdampfhochdrucklampe. Zu dem strombegrenzenden Element ist in den meisten Fällen auch ein Zündgerät zum Starten der Entladung notwendig (siehe Kapitel 4 „Zündung“)

In modernen Leuchten erfüllt ein elektronisches Vorschaltgerät die Funktion der Lampenstrombegrenzung und auch der Zündung der Lampe.

3.1 Induktive Vorschaltgeräte (Drosseln)

Da über dem elektromagnetischen Vorschaltgerät bei steigendem Strom eine steigende Spannung abfällt, kann sich bei der Reihenschaltung von Entladungslampe und Drossel ein stabiler Arbeitspunkt einstellen.

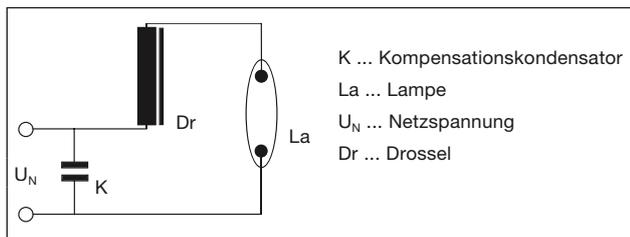


Abbildung 4: Entladungslampe mit induktivem Vorschaltgerät (Zündgerät wurde weggelassen, die verschiedenen Varianten sind in Kapitel 4 Zündung und Anlauf von Entladungslampen aufgeführt)

Zur Beschreibung der Zusammenhänge von Strom und Spannung ist ein System von Differential-Gleichungen erforderlich, das nicht allgemein lösbar ist. Folgende Näherungsformeln beschreiben die Abhängigkeit des Lampenstroms und der Lampenleistung von dem Verhältnis aus Lampenspannung und Netzspannung [3]:

$$P_L = \frac{U_N^2}{Z} \cdot n \left(1 - \frac{n}{3}\right) \left[\left(1 - n^2\right)^{1/2} - 0,25n \right] \quad (\text{Gl. 4.1})$$

$$I_L \approx \frac{U_N}{Z} \left[\left(1 - n^2\right)^{1/2} - 0,25n \right] \quad (\text{Gl. 4.2})$$

dabei: $(1-n/3)$ Näherung für den Lampenleistungs-faktor λ_L

P_L Lampenleistung in W

U_N Netzspannung in V

n Verhältnis von Lampenspannung U_L zu Netzspannung U_N

Z Drosselimpedanz

Stellt man die Formeln grafisch dar, so ergeben sich die Kurven in Abbildung 5. Den Unterschied zwischen Lampenleistung und dem Produkt aus Lampenspannung und Lampenstrom nennt man Lampenleistungs-faktor. Er erreicht Werte zwischen 0,7 und 0,95 abhängig von der Betriebsweise. Die gelbe Kurve wurde durch Verwendung eines höheren Lampenleistungs-faktors λ_L [genauer: $1.05 \cdot (1-n/3)$] erzeugt.

Im zeitlichen Verlauf (Abbildung 6) ist der Strom zwar (annähernd) sinusförmig, die Spannung aber nicht. So steigt die Spannung nach dem Stromnulldurchgang zunächst deutlich an (sogenannte Wiederezündspitze), um dann auf einen relativ konstanten Wert (Sattel) zu sinken (siehe auch Kapitel 6.2.2 und Abbildung 30). Die Spannung bleibt über das Strommaximum hinaus annähernd gleich und hat dann mit dem Strom den Null-durchgang. Es gibt also Bereiche mit hoher Spannung, die in der Effektivspannung mitgewertet werden, da aber der Strom in dem Moment nahezu Null ist, keine Lampenleistung bewirken. Daraus ergeben sich von dem Wert 1 abweichende Lampenleistungsfaktoren. Wenn die Lampenspannung gleich Null ist, fällt die gesamte Netzspannung über der Drossel ab und es stellt sich der Drosselkurzschlussstrom ein. Das ist der maximale Strom der durch die Drossel fließen kann, sofern der Strom keinen Gleichstromanteil aufweist. (Auswirkungen von Gleichstromanteilen siehe Kapitel 6.2.9) Die folgenden Grafiken sind für beispielhaft für 150 W dargestellt, sie gelten analog für andere Wattagen.

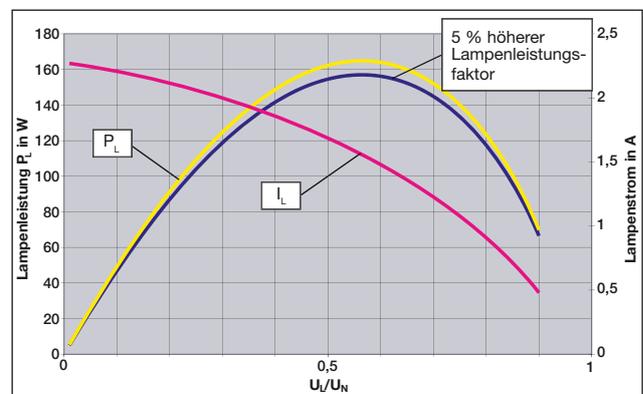


Abbildung 5: Lampenstrom I_L , Lampenleistung P_L in Abhängigkeit vom Verhältnis der Lampenspannung von der Netzspannung U_L/U_N ; $Z=99 \Omega$ für eine 150 W Lampe

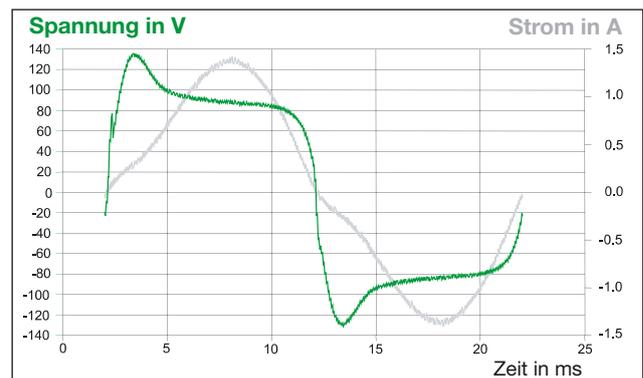


Abbildung 6: Verlauf von Lampenspannung und -strom einer 150 W Lampe bei Betrieb an einer Drossel (gilt analog für andere Wattagen)

Dieses Lampenverhalten ergibt sich aus dem relativ flachen Nulldurchgang bei sinusförmigem Strom. Bei fallendem Strom sinkt die Plasmatemperatur und auch die Elektroden kühlen ab. Durch Rekombination von Elektronen mit Ionen nimmt die Leitfähigkeit ab. Nach dem Nulldurchgang ist die Leitfähigkeit zu gering, um den Strom aufzunehmen, den die Drossel treiben will. In Folge dessen steigt die Spannung über der Lampe deutlich an, bis die Lampe „wiederzündet“. Die höhere Spannung bewirkt eine höhere Ionisierungsrate, wodurch die Leitfähigkeit wieder erhöht wird und damit Spannung wieder absinkt.

Bei Rechteckbetrieb (am elektronischen Vorschaltgerät = EVG) dagegen sind die Wechsel von positiver zu negativer Halbwelle (Kommutierungszeiten) sehr kurz (siehe Kapitel 3.2 Elektronische Vorschaltgeräte (EVG)), das Plasma hat wenig Gelegenheit abzukühlen. Die Wiederzündspitze am EVG ist deswegen deutlich niedriger, als am KVG (Drossel). Das ist im Übrigen einer der Vorteile eines EVG, da ein Ausfallmechanismus von Halogen-Metaldampflampen das Verlöschen ist. Die Wiederzündspitze steigt nämlich im Verlauf der Lebensdauer an und wenn die Wiederzündspitze höher wird, als das was die Versorgungsspannung momentan zur Verfügung stellen kann, kommt es nicht zur „Wiederzündung“ und die Lampe verlischt (Siehe auch Kapitel 6.2.2 „Anstieg der Wiederzündspitze“).

Bei Betrieb an einer konventionellen Drossel durchläuft die Lampenleistung in Abhängigkeit von der Lampenspannung ein Maximum (siehe Abbildung 5). Dieses tritt auf, wenn die Lampenspannung etwas mehr als die halbe Netzspannung aufweist. In der Nähe des Maximums ändert sich die Lampenleistung nur wenig bei Veränderung der Lampenspannung. Im Verlauf der Lampenlebensdauer steigt die Lampenspannung an, wie auch in Kapitel 6 „Lampenlebensdauer, Alterung und Ausfallverhalten“ zu sehen ist. Damit sich die Lampenleistung also möglichst wenig über die Lebensdauer ändert, wählt man die Lampenbrennspannung in der Nähe des Maximums, also bei etwa halber Netzspannung.

Die Impedanz der Drossel ist auf eine bestimmte Netzfrequenz und auf eine bestimmte Netzspannung ausgelegt. Bei Abweichungen z.B. von der nominellen Versorgungsspannung ergibt sich ein anderer Arbeitspunkt der Lampe und damit eine unterschiedliche Lampenleistung. Um die damit verbundene stärkere Streuung der Lampenparameter zu begrenzen, ist kurzzeitig eine maximale Abweichung der Netzspannung von Nominalwerten von 5 % zugelassen, langfristig maximal 3 %. Bei länger dauernden Abweichungen ist eine geeignete Drosselanzapfung auszuwählen. Analog dazu darf die Drosselimpedanz maximal 2 % von den nominellen Werten abweichen (Siehe auch Kapitel 3.1.3 „Einfluss von Versorgungsspannungsabweichungen“).

- **Maximal zulässige Netzspannungsabweichungen kurzfristig 5 %, langfristig 3 %, gegebenenfalls andere Anzapfung verwenden**
- **Maximale Abweichung der Drosselimpedanz 2 %**
- **Schutz der Drossel gegen Überhitzung nach Norm notwendig (Thermosicherung)**

Gemäß Norm IEC 61167 müssen Vorschaltgeräte für MH Lampen einen Schutz gegen Gleichrichteffekt aufweisen und damit gegen Überhitzung geschützt sein. Dies kann z.B. durch eine Thermosicherung geschehen (Prüfung gemäß IEC 598-1, Anhang C).

3.1.1 Amerikanische Schaltungen für Vorschaltgeräte

Hierbei ist auch zu beachten, dass in den USA die Versorgungsspannung eine andere Frequenz aufweist (60 Hz). Da der induktive Widerstand der Drossel frequenzabhängig ist, muss ein für die entsprechende Frequenz vorgesehene Vorschaltgerät eingesetzt werden. Die Vorschaltgeräte in den USA sind durch die Lampennormen (ANSI Normen) gekennzeichnet, die das Vorschaltgerät betreiben kann. Um die Lampen richtig zu betreiben, müssen die Nenndaten des entsprechenden Vorschaltgerätes mit den Lampennenn-daten übereinstimmen.

3.1.1.1 Autoleak transformer oder high reactance autotransformer

Wenn die Versorgungsspannung kleiner als etwa die doppelte Lampenspannung ist, wie dies z.B. in den USA oder Japan der Fall ist, muss die Versorgungsspannung zunächst hochtransformiert werden. Dies lässt sich gut durch den Einsatz eines Spartrafos durchführen. Ein Teil der sekundären Windungen wirkt als Lampendrossel. Dies sorgt zum einen für Materialeinsparungen, zum anderen steht für den Start auch eine höhere Spannung (open-circuit voltage) zur Verfügung.

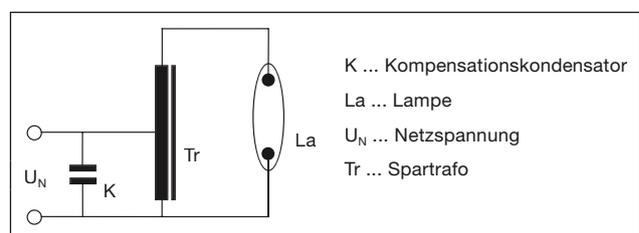


Abbildung 7: Spartrafo (autoleak transformer)

3.1.1.2 Constant wattage Vorschaltgeräte

Ein Konstantleistungsvorschaltgerät, wie sie in den USA weit verbreitet sind, besteht aus einem Spartransformator (autoleak transformer) in Reihe mit einem Kondensator. Ein Vorteil dieser Schaltung ist der verringerte Einfluss von Schwankungen in der Versorgungsspannung und die Möglichkeit die Lampe überhaupt an Netzspannungen (110/120 V in den USA, 100 V in Japan) zu betreiben, die in Höhe der Lampenbrennspannung liegen.

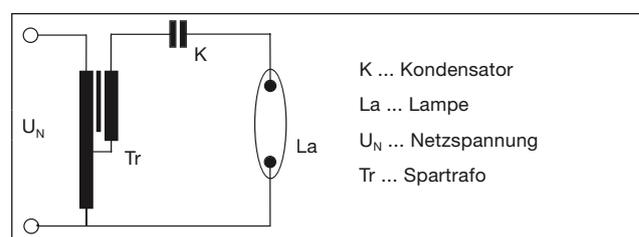


Abbildung 8: Constant Wattage Vorschaltgerät

3.1.2 Variation der Versorgungsspannung bei angepasster Induktivität

In einigen Ländern kommen Versorgungsspannungen abweichend von 230 V dauerhaft vor. Bei Verwendung von dafür angepassten Induktivitäten sind die folgenden Punkte in Betracht zu ziehen.

3.1.2.1 Betrieb an Netzspannung höher als 230 V mit angepasster Drosselimpedanz

Bei Erhöhung der Netzspannung verschiebt sich das Maximum der Drosselkennlinie (P_L in Abhängigkeit von U_L/U_N). In dem Brennspannungsbereich von OSRAM-Lampen (ca. 100 V) ist die Veränderung der Lampenleistung mit der Brennspannung steiler. Außerdem ist der Maximalwert der Leistung, der sich mit steigender Brennspannung einstellen kann, größer, wie in Abbildung 9 zu sehen ist. Üblicherweise steigt die Lampenbrennspannung mit zunehmender Lebensdauer an (siehe auch Kapitel 6 Lampenlebensdauer, Alterung und Ausfallverhalten).

Gemäß Formel Gl. 4.1 wird für eine 150 W Drossel bei einer Lampenbrennspannung von 100 V eine Leistung von etwa 150 W erzielt. Die Lampenleistung kann dabei im Maximalfall bei einer Lampenbrennspannung von 150 V auf bis zu 175 W ansteigen. Die höhere erreichbare Lampenleistung kann dabei zu einer Verkürzung der Lebensdauer und eventuell zu einer Verstärkung von unerwünschten Effekten am Lebensdauerende führen (z.B. Platzer).

OSRAM-Lampen werden im Allgemeinen für einen Betrieb an 230 V Netzspannung konstruiert und entsprechenden Lebensdauerprüfungen unterzogen. Es existieren allerdings auch Systeme an 400 V z.B. für einige Entladungslampen > 1000 W. Für diese Lampen gelten die folgenden Ausführungen analog. Der Einsatz von Hochdruckentladungslampen ist bei angepasster Impedanz und Zündgeräten theoretisch auch an 277 V Betriebsspannung möglich, der Betrieb ist aber dann mit erheblichen Nachteilen verbunden.

- Da die Leistung bei Brennspannungsanstieg wegen der verschobenen Drosselkennlinie deutlich über die Nominaleistung ansteigt, ist mit einer Verschärfung von Effekten am Lebensdauerende zu rechnen. Der verstärkte Leistungseintrag bei schon gealterter Brennerwand kann zum Beispiel zu vermehrten Platzen führen. Der Überlastbetrieb wird voraussichtlich zu beschleunigter Alterung führen.
- Die steilere Kennlinie $P_L(U_L)$ im Bereich der üblichen Lampenbrennspannung wird zu einer höheren Streuung der Leistung und damit auch der lichttechnischen Daten führen.

Wir raten von demzufolge von einem Betrieb an 277 V Versorgungsspannung ab. Da Entwicklung und Lebensdauerprüfungen unserer Lampen an 230 V Netzspannung durchgeführt werden, kann für einen davon

abweichenden Betrieb keine Gewährleistung für das Lebensdauerverhalten und die lichttechnischen Daten übernommen werden.

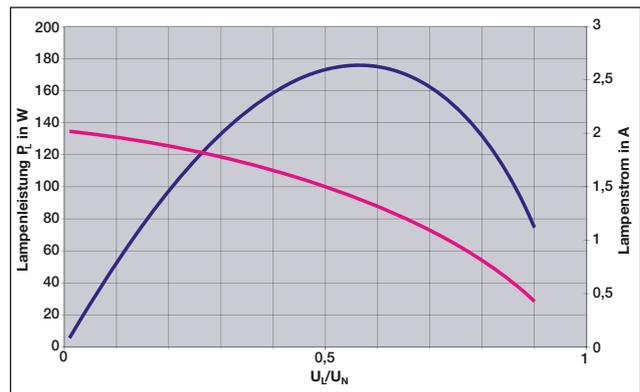


Abbildung 9: Lampenstrom I_L , Lampenleistung P_L in Abhängigkeit vom Verhältnis der Lampenspannung von der Netzspannung U_L/U_N bei $U_N=277$ V

3.1.2.2 Betrieb an Netzspannung niedriger als 230 V mit angepasster Drosselimpedanz

Bei niedriger Netzspannung als bei 230 V **verschiebt sich das Maximum der Drosselkennlinie (P_L in Abhängigkeit von U_L/U_N)**. Der Betrieb an z.B. 200 V Netzspannung ist, was die Änderung der Lampenleistung mit der Lampenbrennspannung anbelangt, günstiger als der Betrieb an 230 V. Die $P_L(U_L)$ Kennlinie verläuft im üblichen Bereich der Lampenspannung flacher. Mit Brennspannungen über 130 V sinkt die Leistung wieder.

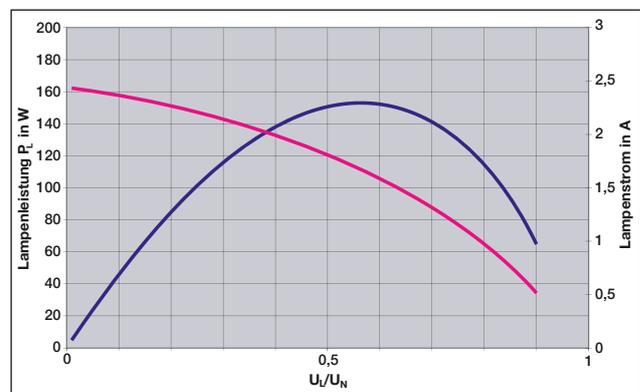


Abbildung 10: Lampenstrom I_L , Lampenleistung P_L in Abhängigkeit vom Verhältnis der Lampenspannung von der Netzspannung U_L/U_N bei $U_N=200$ V

Ein gravierender Nachteil ist jedoch, dass mit niedrigerer Versorgungsspannung auch weniger Spannung für die Wiederezündung nach jedem Nulldurchgang des Stromes bereitsteht. Wenn die momentane Versorgungsspannung niedriger als die Wiederezündspannung ist, erlischt die Lampe. Üblicherweise steigt die Lampenbrennspannung und auch die Wiederezündspitze mit zunehmender Lebensdauer an (siehe auch Kapitel 6 Lampenlebensdauer, Alterung und Ausfallverhalten). Somit führt ein Absenken der Versorgungsspannung zu einer Verkürzung der Lebensdauer bei vielen Lampen.

3.1.3 Einfluss von Versorgungsspannungsabweichungen

Bei Betrieb von Halogen-Metaldampflampen an einer Drossel ändern sich die Lampenparameter in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung. Um die damit verbundene stärkere Streuung der Lampenparameter zu begrenzen, ist kurzzeitig eine maximale Abweichung der Netzspannung von Nominalwerten von 5 % zugelassen, langfristig maximal 3 %. Bei länger dauernden Abweichungen ist eine geeignete Drosselanzapfung auszuwählen. Da die Drosselimpedanz über den damit eingestellten Lampenstrom ebenfalls die Lampenparameter beeinflusst, darf diese maximal 2 % von den nominellen Werten abweichen.

Durch lange Zuleitungen zu den Leuchten sind auch merkliche Spannungsverringerungen möglich (siehe auch Kapitel 7.4 „Zuleitungen“).

Bei länger dauernder Abweichung der Lampenleistung nach unten geht der Lichtstrom zurück, die Lebensdauer nimmt ab und die Farbe weicht von Nominalwerten ab, wie auch im Kapitel 5 „Leistungsreduzierung von Hochdruckentladungslampen“ ausgeführt ist.

Bei zu hohen Versorgungsspannungen wird der Brenner zu heiß betrieben, was zu verstärkter Schwärzung und zu einer Abnahme der Lebensdauer führt.

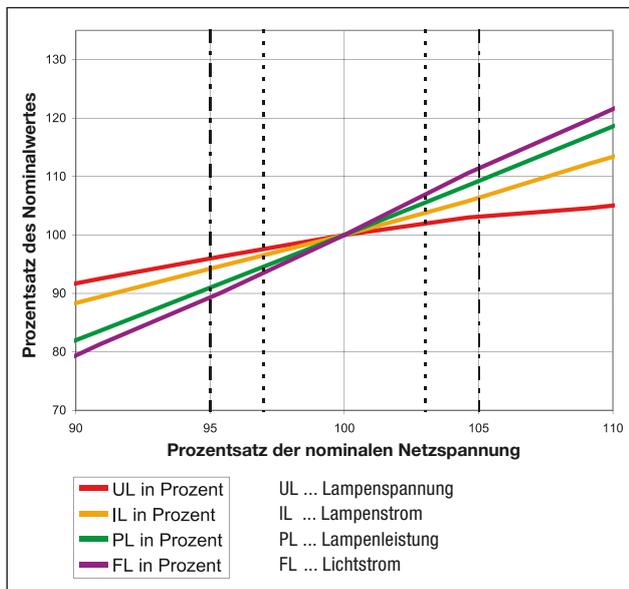


Abbildung 11: Lampenparameter einer typischen OSRAM HQI®-Lampe in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung

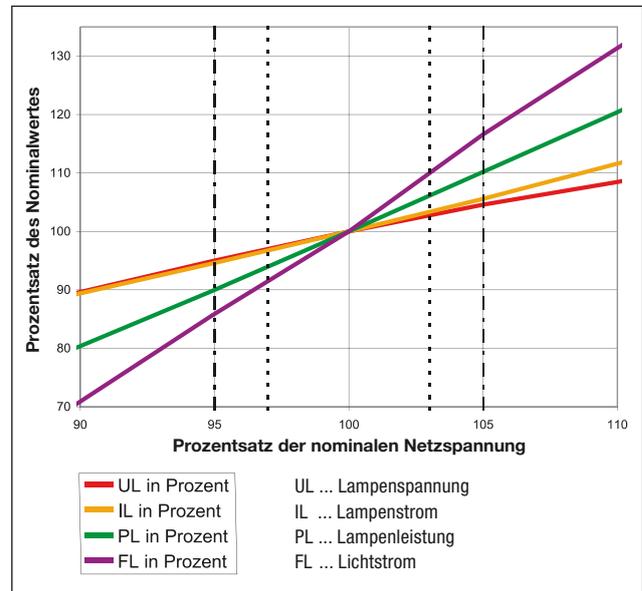


Abbildung 12: Lampenparameter einer typischen OSRAM HCI®-Lampe in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung

3.1.4 Kompensationskondensator

Der Kompensationskondensator ist notwendig, um bei Betrieb von Entladungslampen an elektromagnetischen Vorschaltgeräten den Leistungsfaktor des Systems zu korrigieren. Induktiv stabilisierte Entladungslampen erreichen wegen der phasenverschobenen Stromaufnahme Leistungsfaktoren von nur etwa 0,5. Der Leistungsfaktor eines Verbrauchers ist als das Verhältnis von umgesetzter Wirkleistung zu der dem Netz tatsächlich entnommenen Scheinleistung (kW zu kvar) definiert und wird als $\cos\varphi$ bezeichnet. Die Scheinleistung setzt sich zusammen aus der Wirkleistung, die beim Verbraucher z.B. in Wärme oder mechanische Energie umgesetzt wird, und der Blindleistung, die zum Aufbau des magnetischen oder elektrischen Feldes von Induktivitäten und Kapazitäten genutzt wird. Letztere fließt aber nach jeweils einer halben Periodendauer wieder in das Netz zurück, wird also tatsächlich nicht „verbraucht“.

Je näher der $\cos\varphi$ bei eins liegt, umso geringer ist der Anteil von Blindleistung, die dem Netz entnommen wird. Bei einem höheren Anteil an Blindleistung fließt ein entsprechend höherer Strom, wofür die Leitungen ausgelegt werden müssen. Ebenso steigt die Verlustleistung in den Leitungen quadratisch mit dem Strom an. Um die von den Stromversorgern geforderten Werte von mehr als 0,85 zu erreichen, muss ein netzparalleler Kondensator (Parallelkondensator) abhängig von Lampen bzw. Drosselstrom so gewählt sein, so dass die Phasenverschiebung annähernd korrigiert wird. Durch die Zuschaltung eines exakt berechneten Kondensators kann man der induktiven Blindlast, die durch einen elektrischen Verbraucher benötigt wird, eine kapazitive Blindlast entgegensetzen. Dies ermöglicht eine Reduzierung der Blindleistung, die dem Netz entnommen wird und wird Leistungsfaktorkorrektur oder Blindleistungskompensation genannt.

Je nach Anordnung und Einsatzform der Kondensatoren unterscheidet man:

EINZEL- BZW. FESTKOMPENSATION, bei der die induktive Blindleistung unmittelbar am Entstehungsort kompensiert wird, was zu einer Entlastung der Zuleitungen führt (typisch für einzelne, meist im Dauerbetrieb arbeitende Verbraucher mit konstanter oder relativ großer Leistung – Entladungslampen, Asynchronmotoren, Transformatoren, Schweißgeräte, u. a.).

Der Parallelkondensator hat keinen Einfluss auf das Lampenverhalten.

GRUPPENKOMPENSATION, bei der ähnlich der Einzelkompensation bestimmten gleichzeitig arbeitenden induktiven Verbrauchern ein gemeinsamer Festkondensator zugeordnet wird (örtlich beieinander liegende Motoren, Entladungslampen) – auch hier werden die Zuleitungen entlastet, allerdings nur bis zur Verteilung auf die einzelnen Verbraucher. Unter ungünstigen Bedingungen kann es bei zweiphasigen Netzen zu Resonanzen kommen.

ZENTRALKOMPENSATION, bei der eine Anzahl von Kondensatoren an eine Haupt- oder Unterverteilerstation angeschlossen wird. Sie ist in großen elektrischen Systemen mit veränderlicher Last üblich. Die Kondensatoren werden hier durch einen elektronischen Regler gesteuert, welcher kontinuierlich den Blindleistungsbedarf im Netz analysiert. Dieser Regler schaltet die Kondensatoren zu bzw. ab, um die momentane Blindleistung der Gesamtlast zu kompensieren und somit den Gesamtbedarf im Netz zu reduzieren.

Werte für den Kompensationskondensator sind für jeden Lampentyp in der Technischen Information enthalten. Sie lassen sich auch über folgende Formel ausrechnen:

$$C = \frac{1}{2 \times \pi \times f_N \times U_N^2} \times \left(\sqrt{U_N^2 \times I_L^2 - P_W^2} - (P_W \times \tan \varphi_K) \right) \quad \text{Gl. 4.3}$$

C in F	Kapazität des Kompensationskondensators
U_N in V	Nenn-Netzspannung
f_N in Hz	Netzfrequenz
I_L in A	Lampen-Nennstrom
P_W in W	Gesamte Wirkleistung (Lampen-Nennleistung plus Drossel-Verlustleistung)
φ_K	Zulässige bzw. gewünschte Phasenverschiebung zwischen den Grundwellen der Netzspannung und des Netzstromes

Der Leistungsfaktor wird so aber nur für die Grundwelle korrigiert. Für die Verzerrungen, d.h. die Oberwellen besteht immer noch eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Der gesamte Leistungsfaktor kann aus diesem Grund auch in der Praxis nur Werte zwischen 0,95 und 0,98 erreichen.

Bei einem höheren Anteil von Oberwellen kann es zu Resonanzeffekten und damit zur Zerstörung der Lampe kommen. Ein Leistungsfaktor von 1 ist zu vermeiden, da es dann zu Resonanzen zwischen Drossel und Kompensationskondensator kommen kann.

Während des Anlaufs einer Entladungslampe verändert der Leistungsfaktor noch deutlich seinen Wert. Nach der Zündung ist die Lampenspannung noch sehr niedrig, der Strom höher als im stationären Zustand. Deswegen ist der Leistungsfaktor in diesem Zustand noch niedrig (induktiv). Während des Anstiegs der Lampenbrennspannung und damit dem Absinken des Lampenstroms steigt der Leistungsfaktor auf seinen nominellen Wert von 0,85 – 0,9.

Mit der Alterung von Entladungslampen steigt üblicherweise die Lampenbrennspannung und gemäß der Drosselkennlinie sinkt damit der Lampenstrom. Da der Kompensationskondensator für einen bestimmten Lampen- und Drosselstrom ausgelegt ist, variiert der Leistungsfaktor abhängig vom Lampenstrom. Bei extrem hoher Lampenspannung ist der Drosselstrom so niedrig, dass der kapazitive Strom den induktiven übersteigt und die Gesamtschaltung kapazitiv wird.

Unter Umständen sind bei der Installation Tonfrequenzrundsteueranlagen zu berücksichtigen. In diesen Fällen sind geeignete Tonfrequenz-Sperrdrosseln vorzusehen. Diese Art von Anlagen wird derzeit noch z.T. in der Straßenbeleuchtung für Tag-Nacht-Schaltung eingesetzt. Zunehmend werden hier aber Richtfunkanlagen eingesetzt.

3.2 Elektronische Vorschaltgeräte (EVG)

Neben dem Betrieb mit konventionellen Vorschaltgeräten hat sich mittlerweile vor allem in der Innenraumbeleuchtung die Verwendung von Elektronischen Betriebsgeräten etabliert.

EVG bieten auf Grund ihrer Wirkungsweise deutliche Vorteile im Vergleich zu KVG. Vereinfachte Handhabung, geringerer Energieverbrauch, positive Einflüsse auf Lampenlebensdauer und Lichtqualität und nicht zuletzt das kontrollierte und sichere Abschalten der Lampen am Lebensdauerende sind als Hauptvorteile hervorzuheben.

Grundsätzlich gelten viele der in dieser Dokumentation dargestellten technischen Informationen sowohl für den KVG-, wie auch für den EVG-Betrieb. Dies trifft z.B. auf die Anforderungen an die Verkabelung, den leistungsreduzierten Betrieb von MH-Lampen oder die Hinweise zum Leuchtendesign zu.

Es gibt darüber hinaus jedoch auch erhebliche Unterschiede zwischen dem Betrieb am elektronischen oder magnetischen Vorschaltgerät. Die wichtigsten Unterschiede inklusive ihrer Auswirkungen sollen im Folgenden kurz erläutert werden.

3.2.1 Aufbau und Funktionsweise eines Elektronischen Betriebsgerätes

Bei den elektronischen Betriebsweisen überwiegen deutlich Geräte mit rechteckförmigem Strom und Spannung. Prinzipiell ist auch der Betrieb bei hochfrequentem sinusförmigem Strom ähnlich der Leuchtstofflampe möglich. In jedem Falle muss darauf geachtet werden, dass keine akustischen Resonanzen auftreten.

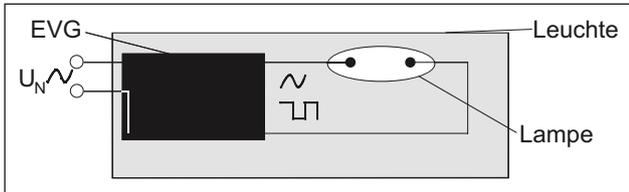


Abbildung 13: Prinzipschaltbild des elektronischen Betriebes von Hochdruckentladungslampen

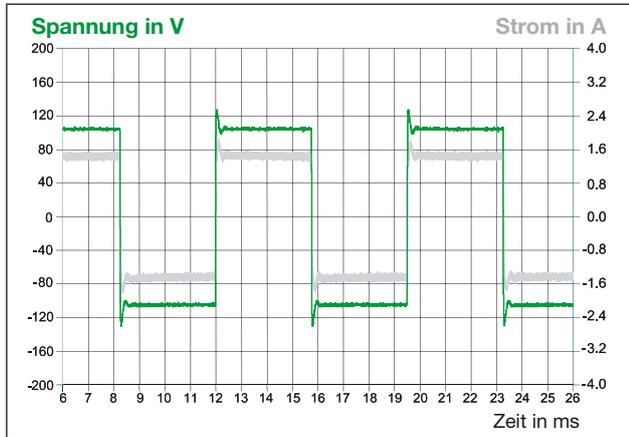


Abbildung 14: Strom und Spannung einer Halogen-Metaldampf Lampe bei Betrieb an einem Rechteck-EVG

3.2.2 Lebensdauer und Temperatur

Ein signifikanter Unterschied zwischen KVG und EVG zeigt sich vor allem in der Bestimmung der Gerätelebensdauer sowie deren thermischem Verhalten.

Bei KVG Betrieb kann davon ausgegangen werden, dass die Lebensdauer durch die Drosseltemperatur t_w bestimmt wird. Ein Anstieg der t_w Temperatur von $10\text{ }^\circ\text{C}$ bedeutet dabei etwa eine Halbierung der Lebensdauer.

Bei Elektronischen Vorschaltgeräten sind diese Zusammenhänge deutlich komplizierter. Die Mortalitätsraten der einzelnen Komponenten, das Schaltungsdesign, vor allem aber auch die elektrische Beanspruchung und die Temperaturen, bei denen die Geräte betrieben werden, haben einen erheblichen Einfluß auf das Lebensdauerverhalten.

Aus diesem Grund wird die Nennlebensdauer von EVG in Kombination mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit angegeben. So haben beispielsweise alle Geräte der Produktfamilie POWERTRONIC® PTi bei maximal zulässigen Temperaturen eine Nennlebensdauer von 40.000 Stunden – mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von maximal 10 %.

Direkten Einfluß auf die Lebensdauer der EVG hat die Temperatur, bei denen die Geräte betrieben werden. Um das thermische Verhalten zu beschreiben, wurden daher 2 Temperaturwerte definiert. Die Umgebungstemperatur t_a beschreibt die Temperatur, welche unmittelbar um das Gerät und damit um die elektronischen Komponenten herrscht. Es handelt sich dabei also nicht um die Raumtemperatur oder die Leuchtenumgebungstemperatur. Werden EVG in eine Leuchte eingebaut, kann die reale EVG Umgebungstemperatur t_a nur sehr schwer und mit erheblichem Aufwand bestimmt werden. Aus diesem

Grund wurde eine zweite Temperatur, die t_c -Temperatur festgelegt. Prinzipiell ist diese Gehäusetemperatur, welche mittels eines Thermoelements an einer festgelegten Stelle – dem t_c -Punkt – gemessen werden kann, als maximal zulässige Temperatur definiert, bei der ein sicherer Betrieb des EVG gewährleistet ist. Darüber hinaus wurde die t_c -Temperatur mit der EVG-Lebensdauer in Beziehung gesetzt. Das bedeutet, dass man mittels der gemessenen t_c -Temperatur sehr präzise Rückschlüsse auf die zu erwartende EVG-Lebensdauer erhalten kann.

OSRAM HID-EVG etwa erreichen dabei ihre volle Nennlebensdauer grundsätzlich an der maximal erlaubten t_c -Temperatur. Das bedeutet, dass eine Unterschreitung der t_c -Temperatur in der Praxis immer einer Verlängerung der effektiven Lebensdauer zur Folge hat. Als Faustformel kann man bei einer Unterschreitung der aufgedruckten maximalen t_c -Temperatur um $10\text{ }^\circ\text{C}$ von einer Verdopplung der EVG-Lebensdauer ausgehen.

Alleine über die Höhe des absoluten, maximal zulässigen t_c -Wertes auf die Güte und die Lebensdauer eines EVG zu schließen empfiehlt sich jedoch nicht. Denn einerseits ist die Lage – und damit indirekt auch der Wert des t_c -Punktes durch jeden EVG Hersteller frei bestimmbar. Andererseits ist die Regel, die Nennlebensdauer bei maximal erlaubter t_c -Temperatur anzugeben, in der EVG Industrie noch nicht durchgehend etabliert. In der Praxis bedeutet das, dass viele EVG beim Betrieb mit maximaler t_c -Temperatur nur noch ca. 50 % ihrer Nennlebensdauer erzielen.

Nennlebensdauer (B10): max. 10 % der EVG sind ausgefallen.

Eine seriöse Bewertung der EVG Lebensdauer ist nur über den Vergleich der EVG Umgebungstemperatur t_a mit der entsprechenden Lebensdauer möglich.

Vergleichbarkeit der Lebensdauer rein über t_c -Temperatur ist nicht gegeben.

3.2.3 Vorteile des Betriebs am elektronischen Vorschaltgerät POWERTRONIC® PTi

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Vorteile des Lampenbetriebs am elektronischen Vorschaltgerät.

Die aufgeführten Werte und Aussagen basieren auf Untersuchungen und Erfahrungen mit POWERTRONIC® PTi Geräten und sind daher nicht 1:1 auf die Geräte anderer Hersteller übertragbar.

Bei dem Vergleich zwischen KVG und EVG stellt die Performance des KVG die Bezugsgröße dar und wird mit dem Wert 100 bewertet. Dies beruht auch auf der Tatsache, dass die Lampenparameter am Referenz-KVG bestimmt werden.

Weitere Details können Sie der POWERTRONIC® Technischen Fibel – Elektronische Betriebsgeräte für Halogen-Metaldampflampen entnehmen.

	Magnetisches Vorschaltgerät	Elektronisches Betriebsgerät POWERTRONIC®
Energieverbrauch	100	10 bis 15 % Einsparung über die Lebensdauer
Lampenlebensdauer	100	Bis zu 30 % Verlängerung je nach Lampentyp und Art der Anwendung
Lampenanlauf	Typabhängig: in der Regel ca. 60 – 90 Sek. bis 90 % des Lichtstromniveaus	Bis zu 50 % schneller
Farbstabilität	Farbstreuung möglich	Deutlich reduzierte Streuung; Initial und über Lebensdauer
Abschalten am Lampen- lebensdauerende	Keine oder nur einfache Abschaltmechanismen	Permanente Parameterkontrolle, intelligente Abschaltmechanismen
Abschaltung der Zündung	Nur mit Timer-Zündgeräten	Zündzeitbegrenzung 18 Minuten
Licht Flicker	Sichtbares Flickern	Flickerfrei dank 165 Hz Betrieb
Leistungskonstanz	Leistungsanstieg über die Lebensdauer, zudem abhängig von Temperatur- und Netzspan- nungsschwankungen und der Leitungslänge	± 3 % über die gesamte Lebens- dauer, unabhängig von Temperatur- und Netzspannungsschwankungen oder Leitungslänge
Handhabung	3 Komponenten, hoher Verdrahtungsaufwand	1 Gerät, geringer Verdrahtungs- aufwand
Größe und Gewicht	Schwer, mehrere Komponenten, teilweise groß	Leicht und kompakt
Blindleistungskompensation (PFC)	0,5 – 0,95, erhebliche Alterungs- schwankungen	> 0,95
Geräusentwicklung	Deutliches Brummen möglich	Nahezu geräuschlos
Bidirektionaler Datenaustausch	Nicht möglich	Grundsätzlich möglich

Im Folgenden werden die Hauptvorteile des EVG-Betriebs detaillierter beschrieben

3.2.3.1 Reduzierung des Energieverbrauchs

EVG können im Vergleich zu KVG den Energieverbrauch über die Lebensdauer erheblich senken. Die Energieersparnis resultiert dabei aus 2 Teilen:

- 1) Geräte-Verlustleistung:
Bei KVG geht konstruktionsbedingt ein großer Teil der Energie über Wärmeverluste verloren. EVG hingegen können durch verlustarme Designs und die Verwendung hochwertiger Komponenten ihre Verlustleistung auf unter 10 % der Nennleistung reduzieren.
- 2) Leistungsaufnahme über die Lebensdauer:
Die Systemleistung mit konventionellen Betriebsgeräten schwankt erheblich über die Lebensdauer der Lampe. Dies ergibt sich aus der Veränderung der Lampenbrennspannung. Diese kann im Laufe der Lebensdauer um bis zu 30 % ansteigen (s. auch Kapitel 3.1.2), was erheblichen

Schwankungen der Lampenleistung zur Folge haben kann.

EVG hingegen betreiben die Lampen über die gesamte Lebensdauer immer mit konstanter Leistung. Die max. tolerierte Schwankungsbreite beträgt 3 %. Das bedeutet, dass z.B. bei einer 70 W Keramikkbrennerlampe das EVG der Lampe konstant 73 W zur Verfügung stellt.

3.2.3.2 Lampenlebensdauer und Abschaltung am Lebensdauerende

Eine detaillierte Beschreibung von Lampenlebensdauer und Ausfallverhalten am KVG-Betrieb befindet sich im Kapitel 6.

Der EVG-Betrieb bietet auch bezüglich der Lampenlebensdauer und des Abschaltverhaltens am Lebensdauerende beträchtliche Vorteile.

Umfangreiche Untersuchungen im Labor und umfassende praktische Erfahrungen belegen, dass der Betrieb am EVG einen deutlich positiven Einfluß auf die Lampenlebensdauer hat. Die präzise, aber sanftere

Lampenzündung, ein stabileres thermisches Gleichgewicht durch die konstante Leistungsversorgung und vor allem auch eine deutlich reduzierte Verlöschneigung durch das Vermeiden von Wiederzündspitzen ergibt in Summe eine durchschnittliche Verlängerung der Lampennutzlebensdauer bei Keramikbrennerlampen um bis zu 30 %.

Auch am Lampenlebensdauerende spielt das EVG seine Stärke aus. Die Zündzeitbegrenzung sorgt dafür, dass gealterte Lampen, welche nicht mehr stabil betrieben werden können, nicht mit endlosen Zündversuchen beaufschlagt werden. Nach maximal 18 Minuten und genau festgelegten Zündintervallen schaltet das POWERTRONIC® EVG automatisch ab. Kommt es zudem zu 3-maligem Verlöschen einer Lampe, schaltet das EVG ebenfalls ab. Dadurch wird störendes, flackerndes Licht, EMV Belastung auf den Leitungen und eine zu starke Belastung des EVG selbst vermieden. Die permanente Überwachung von Parametern wie Lampenspannung oder Lampenstrom durch den integrierten Microcontroller und der Abgleich mit vordefinierten Sollwerten ermöglicht darüber hinaus, Lampen rechtzeitig abzuschalten, bevor sie in kritische oder undefinierte, oftmals kaum noch zu beherrschende Zustände übergehen.

3.2.3.3 Lichtqualität, Lichtfarbe, Lichtstromrückgang, Anlauf

HID Lampen am EVG bieten eine wesentlich verbesserte Farbqualität, sowohl initial bei der Erstausrüstung einer Anlage, als auch über die Lebensdauer. Durch die konstante Leistung, welche das EVG der Lampe einprägt, können Unterschiede in der Lichtqualität, wie sie z.B. durch Fertigungstoleranzen oder unterschiedliche Alterungsstände entstehen können, zumindest teilweise kompensiert werden. Das Ergebnis sind sichtbar gleichmäßigere Lichtfarben und ein einheitlicherer Farbort.

Ebenso spielen am EVG Netzspannungsschwankungen oder die Länge der Versorgungsleitungen keine Rolle mehr, da diese durch die konstante Leistungseinprägung an der Lampe nicht wirksam werden.

Lampenelektroden kühlen am Rechteck-EVG durch die steilen Flanken während des Nulldurchgangs weniger stark aus. Geringeres Auskühlen hat reduzierte Sputtereffekte an den Elektroden zu Folge, was wiederum geringere Kolbenschwärzung bedeutet. Durch die konstantere, im Durchschnitt etwas höhere Lampenplasmatemperatur lassen sich darüber hinaus 3 % bis 5 % höhere Lichtausbeuten erzielen, welche sich zusätzlich zu den reduzierten Schwärzungseffekten positiv auf das Lichtstromverhalten auswirken.

EVG zeigen darüber hinaus ein deutlich schnelleres Anlaufverhalten als magnetische Vorschaltgeräte. In Abbildung 24 im Kapitel 4.7 erkennt man beispielweise, dass eine zweiseitig gesockelte Quarzbrennerlampe am EVG bereits nach ca. 40 Sekunden bei mehr als 90 % ihres max. Lichtstromes angelangt ist. Ein identisches Lichtstromniveau am KVG erreicht man frühestens 25 – 30 Sekunden später. Dieser im Mittel um mindestens 50 % schnellere Anlauf am EVG ist auf

den höheren Anlaufstrom des EVG zurückzuführen, welcher einen höheren Leistungseintrag und somit ein schnelleres Erwärmen der Lampe bedeutet.

3.2.3.4 Größe, Gewicht und Handhabung

EVG vereinen Zündgerät, Kompensationseinheit und die Drossel in einem Gerät. Diese 3 in 1 Kombination reduziert deutlich den Installationsaufwand, die Gefahr von Fehlinstallationen und das Austauschen einzelner, fehlerhafter Geräte wird deutlich minimiert. Mehrflamige EVG (z.B. 2x35 W oder 2x70 W) duplizieren diese Vorteile, denn für den Anschluß von 2 Leuchtmitteln wird nur der Anschluß einer Versorgungsleitung plus 2 Leuchtenleitungen benötigt.

EVG sind zudem Leichtgewichte. Verglichen mit den magnetischen Vorschaltgeräten sind sie 50 bis 60 % leichter, was natürlich direkt der Leuchtenkonstruktion zu gute kommt. Designs können filigraner ausgeführt werden, die Palette der verwendbaren Werkstoffe erweitert sich erheblich und auch die Befestigungstechnik wird deutlich weniger belastet.

3.2.3.5 Bidirektionaler Datenaustausch

Intelligente, elektronische Betriebsgeräte werden zukünftig mittels bidirektionalen Datenaustauschs völlig neue Möglichkeiten der Ansteuerung und der Überwachung von Beleuchtungsanlagen ermöglichen. Abfragen des Lampen- oder Gerätestatus, die Einbindung in Building Management Systemen (BMS) und das zentrale oder auch dezentrale Ansteuern und Verwalten von Beleuchtungslösungen werden einerseits eine deutliche Erweiterung des Funktionsumfangs, andererseits eine Optimierung der Wartungsarbeit zur Folge haben. Entwicklungen analog der Niederdruckentladungstechnologie erscheinen hierbei mittelfristig durchaus realisierbar.

- **Elektronische Vorschaltgeräte repräsentieren den Stand der Technik**
- **Mit EVG läßt sich die Qualität, die Zuverlässigkeit und die Sicherheit von Beleuchtungssystemen mit Halogenmetaldampflampen signifikant steigern**
- **Der überwiegende Teil neuer MH-Beleuchtungsanlagen wird heute bereits mit EVG ausgerüstet**

3.3 Einfluss von Oberwellen und deren Filterung

Die Entwicklung der modernen Halbleitertechnologien mit einer entscheidenden Erhöhung der Anzahl von thyristor- und konvertergesteuerten Verbrauchern führt leider zu unerwünschten Nebeneffekten auf das Wechselspannungsnetz, indem sie eine beachtliche induktive Blindleistung und einen nichtsinusförmigen Strom verursachen.

Ein typischer Konverterstrom ist aus einer Überlagerung von verschiedenen sinusförmigen Teilströmen zusammengesetzt, d.h. einer Grundschwingung, welche die Frequenz des Netzes aufweist, und einer Anzahl von sogenannten Harmonischen oder Oberwellen, deren Frequenzen ein Vielfaches der Netzfrequenz betragen (in Dreiphasennetzen treten vorwiegend die fünfte, siebte und elfte Oberwelle auf).

Diese Oberwellen führen zu einem erhöhten Strom des Kompensationskondensators, da sich der Blindwiderstand eines Kondensators mit steigender Frequenz verringert. Dem steigenden Kondensatorstrom kann man durch konstruktive Verbesserungen des Kondensators begegnen, allerdings wird dadurch nicht das Risiko von Resonanzerscheinungen zwischen den Leistungskondensatoren auf der einen Seite sowie der Induktivität des einspeisenden Transformators und des Netzes auf der anderen Seite beseitigt.

Ist die Resonanzfrequenz eines Resonanzkreises aus Leistungskondensatoren und Induktivität des einspeisenden Transformators nahe genug an der Frequenz einer der Oberwellen im Netz, so kann dieser Resonanzkreis die Schwingung der Oberwelle verstärken und zu immensen Überströmen und Überspannungen führen.

Die Oberwellenverunreinigung eines Wechselspannungsnetzes kann einige oder alle der nachstehenden Auswirkungen haben:

- frühzeitiges Ausfallen von Kondensatoren
- verfrühtes Ansprechen von Schutzschaltern und anderen Sicherungseinrichtungen
- Ausfall oder Fehlfunktion von Computern, Antrieben, Beleuchtungseinrichtungen und anderen empfindlichen Verbrauchern
- Thermische Überlastung von Transformatoren wegen Steigerung der Eisenverluste
- Überlastung des Neutralleiters (besonders durch 3. Oberwelle)
- Zerspringen oder Platzen von Entladungslampen
- Thermische Überlastung der Lampendrossel durch Resonanz zwischen Drossel und Kompensationskondensator. Die Effekte können ähnlich wie bei Gleichrichtbetrieb (siehe Kapitel 6.2.9) sein, weswegen hier der Einsatz einer Drossel mit Thermoschutz ebenfalls die Leuchte vor Abbrand schützen kann.

Die Installation von sogenannten verdrosselten Kondensatoren (Kondensator in Reihe mit Filterdrossel) soll die Resonanzfrequenz des Netzes unter die Frequenz der niedrigsten vorhandenen Oberwelle zwingen. Dadurch wird eine Resonanz zwischen den Kondensatoren und dem Netz und damit auch eine Verstärkung von Oberwellenströmen verhindert. Eine solche Installation hat auch einen Filtereffekt, indem sie den Grad der Spannungsverzerrung im Netz verringert. Sie wird deshalb für alle Fälle empfohlen, in denen der Leistungsanteil der oberwellenerzeugenden Verbrau-

cher mehr als 20 % der Gesamtleistung beträgt. Die Resonanzfrequenz eines verdrosselten Kondensators liegt immer unterhalb der Frequenz der 5. Oberwelle. Beim elektronischen Vorschaltgerät OSRAM POWERTRONIC® PTi wird der Einfluss von Oberwellen auf die Lampe konstruktiv durch den Zwischenkreis weitgehend von der Lampe ferngehalten. Die Störfestigkeit der Eingangsstufe des PTi gegenüber leitungsgebundenen Störungen wird durch Tests gemäß Norm IEC 61000 sichergestellt.

Diese leitungsgebundenen Störungen sind z.B.:

- schnelle transiente (Burst) nach IEC61000-4-4, 1000V peak, Wiederholffrequenz 5kHz, Pulse mit wenig Energie
- eingespeiste Ströme nach IEC61000-4-6, Frequenzbereich 0,15 – 80MHz, 3Vrms
- Stoßspannungen (surge) nach IEC61000-4-5, 1000V symmetrisch, 2000V asymmetrisch, Pulse mit hoher Energie
- Spannungseinbrüche nach IEC61000-4-11
- Spannungsschwankungen

3.4 Kurzzeitige Stromunterbrechungen

Bei Absenkung des Lampenstroms beginnt die Rekombinationsrate die Ionisationsrate zu übersteigen, das heißt, die Leitfähigkeit des Plasmas nimmt ab. Dies tritt bei Betrieb am magnetischen Vorschaltgerät in jeder Halbwelle beim Nulldurchgang auf und führt zum Auftreten der sogenannten Wiederezündspitze. Wenn die Rekombination der geladenen Teilchen weit genug fortgeschritten ist, reicht die noch vorhandenen Ladungsträgerzahl nicht mehr aus, um bei Wiederanstieg der Spannung ausreichend neu Ladungsträger zu erzeugen – die Lampe erlischt. Es reicht dann wegen der hohen Drücke im Brenner auch die Zündspannung nicht mehr aus, um die Lampe wiederzuzünden. Sie muss erst für einige Minuten abkühlen, bis sie wieder zünden kann. (siehe auch Kapitel 4.2 *Warmwiederezündung*)

Bei einer Unterbrechung der Versorgungsspannung spielt sowohl die Dauer der Unterbrechung, die Tiefe des Einbruchs (100 % bei völliger Unterbrechung) als auch die Phasenlage des Einbruchs eine Rolle. Ältere Lampen sind mit ihrem Brennspannungsanstieg und der höheren Wiederezündspannung empfindlicher als ungealterte Lampen. Der Kompensationskondensator kann bei Spannungsunterbrechung zumindest kurzfristig als Spannungsquelle sorgen und die Zeit, in der ein Spannungseinbruch vorliegen kann, bevor die Lampe erlischt, verlängern. Spannungsunterbrechungen kurz nach dem Nulldurchgang sind gravierender, da das Plasma ohnehin stark abgekühlt ist.

3.5 Stroboskopischer Effekt und Flickern

Der Betrieb einer Halogen-Metaldampflampe an einem magnetischen Vorschaltgerät bei einer Versorgungsspannung mit der Frequenz von 50 Hz führt zu einer periodischen Schwankung des Lichtstroms mit der doppelten Netzfrequenz. Bei Rückgang des Stromflusses in der Nähe des Nulldurchganges strahlt auch das Plasma entsprechend weniger ab. Der Lichtstrom geht aber auch bei Nulldurchgang des Stromes nicht auf Null zurück, das Plasma strahlt also noch nach. Das menschliche Auge ist unterschiedlich empfindlich für verschiedene Frequenzen des Flickerns und kann z.B. Lichtstromschwankungen, die oberhalb 100 Hz auftreten, nicht mehr wahrnehmen. Es gibt in der Literatur unterschiedliche Darstellungen für die Empfindlichkeit des menschlichen Auges für periodische Lichtstromschwankungen bei verschiedenen Frequenzen. In Abbildung 17 ist ein Beispiel nach Kelly und Henger [1] angegeben. Bei 50 Hz-Betrieb schwankt der Lichtstrom bzw. die Lichtstärke mit der Leistung, also mit 100 Hz wie in Abbildung 15 zu sehen ist. Um eine Bewertung von für das Auge sichtbaren Lichtstärkeänderungen vorzunehmen, werden in der Literatur verschiedene Formeln verwendet. Eine Auswertung des Flickerns gemäß der Norm EN 50006 verwendet z.B. einen Flickerfaktor F_{10} als

$$F_{10} = \sqrt{\sum_i m^2(f_i) G^2(f_i)}$$

- mit
- m(f) zeitabhängige Modulationstiefe der Lichtstärke
 - G Filterkurve für die Flickerempfindlichkeit in Abhängigkeit von der Flickerfrequenz

Die Anpassung der Bewertung an auch kurzzeitige Änderungen und Umsetzung in einen Filter nach Afshar [2] ergibt für ein Lichtsignal wie Abbildung 15 Werte für den Flickerfaktor in wie in Abbildung 16 dargestellt. Die Wahrnehmbarkeitsschwelle wird als 1 angenommen. Die Werte in diesem Beispiel bleiben unter 1, es sind also keine sichtbaren Änderungen im Licht wahrnehmbar.

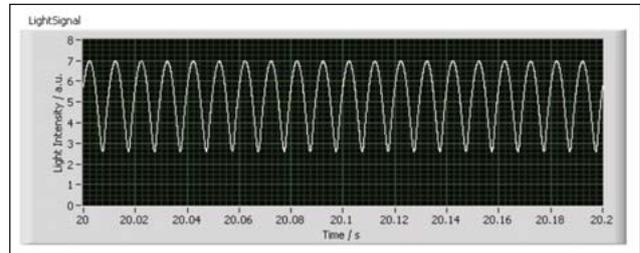


Abbildung 15: Lichtstärke einer Halogen-Metaldampflampe bei 50 Hz Drosselbetrieb, Darstellung in willkürlichen Einheiten

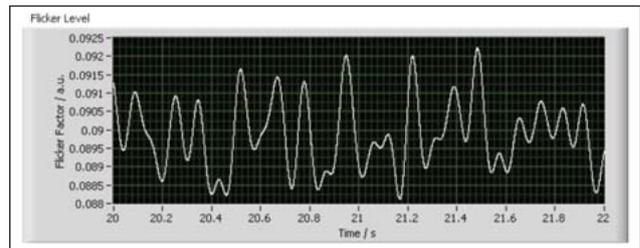


Abbildung 16: Aus Lichtstärkesignal berechneter Flickerfaktor einer Halogen-Metaldampflampe bei 50 Hz Drosselbetrieb in willkürlichen Einheiten

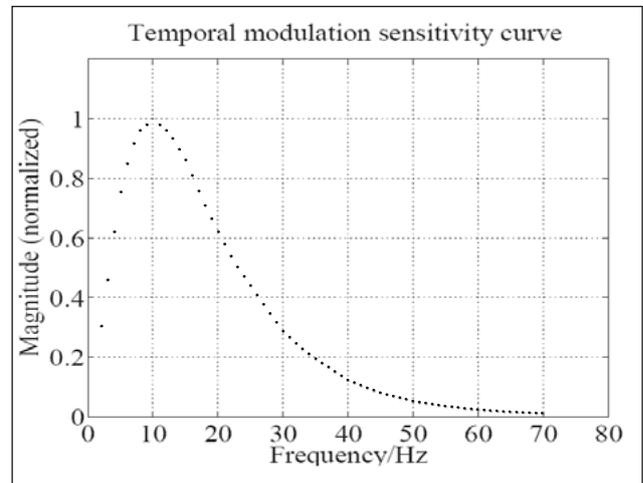


Abbildung 17: Augenempfindlichkeitskurve für Flickern nach Kelly 1960 und Henger 1985

Zwischen dem Maximum des Stromes und dem Maximum des Lichtstromes liegt ein zeitlicher Versatz von

einer knappen Millisekunde wie in folgender Darstellung zu erkennen ist.

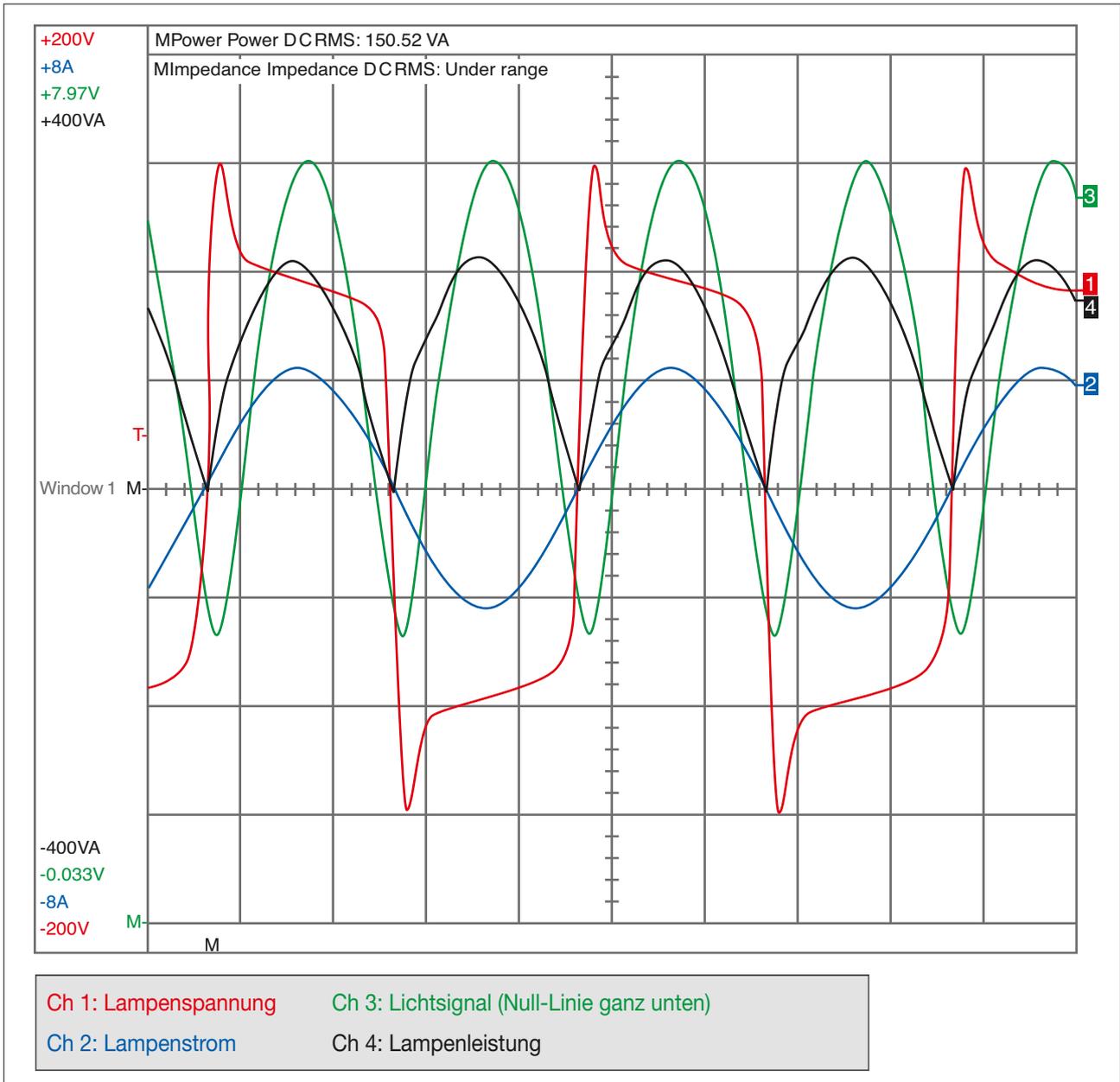


Abbildung 18: Zeitlicher Verlauf von Lichtsignal und den elektrischen Größen einer Halogen-Metaldampflampe

Bei sich schnell bewegenden oder rotierenden Objekten kann es durch den Stroboskopeffekt zu der optischen Illusion kommen, dass das Objekt sich langsamer oder in gegenläufiger Richtung bewegt oder zu stehen scheint.

Stroboskopeffekte können durch den Betrieb von Leuchtengruppen an drei unterschiedlichen Phasen oder den Einsatz von elektronischen Vorschaltgeräten vermindert oder ausgeschlossen werden.

4 Zündung und Anlauf von Entladungslampen

Einige Entladungslampen benötigen kein externes Zündgerät, da die Netzspannung zur Zündung der Lampe ausreicht oder weil in der Lampe eine integrierte Zündeinheit eingebaut ist. Diese Lampen dürfen **nicht** in Anlagen mit externem Zündgerät eingesetzt werden.

Bei allen anderen Entladungslampen muss aber die Entladung durch ein zusätzliches Gerät gezündet werden. Dafür werden Zündgeräte bzw. Schaltungen unterschiedlicher Bauart verwendet.

Bei Raumtemperatur liegen die Füllungsbestandteile noch in fester Form (Metallhalogenide bzw. Amalgam) oder in flüssiger Form (Quecksilber) vor. Im Brenner befindet sich zwischen den Elektroden das Startgas, üblicherweise ein Edelgas wie Argon oder Xenon. Zur Erzeugung eines heißen Plasmas muss die an sich isolierende Gasfüllung des Brenners leitfähig gemacht werden. Dies geschieht durch Hochspannungsimpulse, die von einem separaten Zündgerät bzw. von der Zündeinheit in einem elektronischen Vorschaltgerät erzeugt werden. Durch die hohe Spannung werden ständig vorhandene freie Ladungsträger (Elektronen) beschleunigt. Diese erhalten dadurch genügend Energie, um beim Zusammenstoß mit Atomen diese zu ionisieren und weitere freie Ladungsträger zu erzeugen. Dieser lawinenartige Vorgang erzeugt letztendlich ein leitfähiges, heißes Plasma, in dem durch den Stromfluss die dann teilweise verdampfte Metallhalogenidfüllung zur Abstrahlung von Licht angeregt wird.

Die notwendige Zündspannung, um einen Durchschlag zwischen den Elektroden zu erzeugen, hängt von dem Abstand zwischen den Elektroden, dem Fülldruck des Gases zwischen den Elektroden und der Art des Gases ab. Beispiele für die Nutzung dieser Prinzipien ist die Verwendung von Zündhilfselektroden oder der Einsatz von Penninggasen (siehe Kapitel 14.4 *Zündung an niedriger Zündspannung (Penning-Effekt)*).

Die Fassungen und Kabel müssen für die jeweiligen hohen Zündspannungen ausgelegt sein. So ist insbesondere bei der Fassungen RX7s für zweiseitig gesockelte Entladungslampen darauf zu achten, dass nicht eine ähnliche Fassung (R7s) für Halogenleuchtampen verwendet wird, die diesen Bedingungen nicht genügt.

Bei defekten Lampen bzw. bei nicht eingesetzter Lampe kann der fortwährende Betrieb des Zündgerätes eventuell zu Schäden am Zündgerät bzw. der Leuchte führen. Deswegen ist es anzuraten, das Zündgerät nach einer gewissen Zeit der erfolglosen Zündung abzuschalten, bzw. ein Zündgerät mit Timerfunktion einzusetzen.

Der Einsatz eines Timerzündgerätes ist zu bevorzugen.

4.1 Externe Zündgeräte

4.1.1 Paralleles Zündgerät

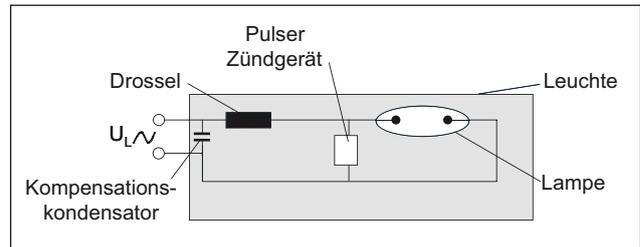


Abbildung 19: Prinzipschaltbild des konventionellen Betriebes von Hochdruckentladungslampen mit einem Pulserzündgerät

Bei einem Pulserzündgerät muss die Drossel für dessen auftretende Stossspannungen isoliert sein. Die Pulserzündgeräte können üblicherweise mit 1000 pF belastet werden, so dass zwischen Lampe und Drossel Leitungslängen von etwa 15 m zulässig sind. Bei diesem Zündverfahren führt die Leitung von der Drossel zur Lampe Hochspannung, so dass für die Zuleitung, Fassung und Leuchte für die jeweilige hohe Zündspannung auf eine ausreichende Isolierung geachtet werden muss. Diese Art von Zündgeräten wird in einphasigen Netzen eingesetzt.

4.1.2 Semi-paralleles Zündgerät

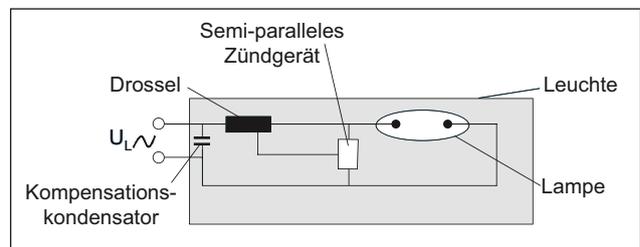


Abbildung 20: Prinzipschaltbild des konventionellen Betriebes von Hochdruckentladungslampen mit einem semi-parallelen Zündgerät

Beim semiparallelen Zündgerät wird ein Teil der Windungen der Drossel als Überträger für die Zündimpulse genutzt. Die Drossel muss also entsprechend für die Hochspannung ausreichend isoliert sein und eine Anzapfung für das Zündgerät besitzen. Wie bei Pulserzündgeräten ist das Gerät im Allgemeinen mit 1000 pF bzw. etwa 15 m Leitungslänge belastbar und die Verbindungsleitung zwischen Drossel und Lampe muss für die auftretenden Spannungen isoliert sein. Wegen Einhaltung von EMV des Zündgerätes muss auf der Netzseite ein Kondensator mit einer geräteabhängigen Mindestkapazität angeordnet sein.

4.1.3 Überlagerungszündgerät

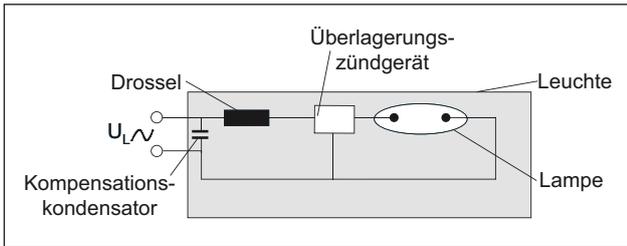


Abbildung 21: Prinzipschaltbild des konventionellen Betriebes von Hochdruckentladungslampen mit einem Überlagerungszündgerät

Bei einem Überlagerungszündgerät liegt die Hochspannung nur an den lampenseitigen Ausgängen des Zündgerätes. Zündgeräte dieser Bauart können üblicherweise mit 100 pF belastet werden, was, abhängig von Kabel und Aufbau, einer Leitungslänge von etwa 1.5 m entsprechen kann.

4.2 Warmwiederzündung

Die üblichen Zündspannungen im Bereich bis zu 5 kV erlauben keine sofortige Wiederzündung einer noch heißen Lampe. Die hohen Betriebsdrücke erfordern Zündspannungen von z.B. 25 kV. Erlischt eine Lampe z.B. durch eine kurzzeitige Unterbrechung der Spannungsversorgung, muss sie (bei Lampenleistungen ≤ 150 W) einige Minuten abkühlen, bis der sinkende Druck im Brenner eine Wiederzündung an den üblichen Zündgeräten erlaubt. Bei höheren Leistungsstufen sind wegen der höheren Wärmekapazität auch deutlich längere Abkühlzeiten nötig. Der Abkühlvorgang hängt auch von der Umgebungstemperatur und der Leuchte ab. Eine enge, heiße Leuchte verzögert das Abkühlen und verlängert die Zeit, bis die Lampe wieder gezündet werden kann.

Bei Zündgeräten mit einer Timerabschaltung, die bei defekten Lampen bzw. bei nicht eingesetzter Lampe die Zündung nach einer gewissen Zeit der erfolglosen Zündung abschaltet, ist dies zu beachten. Die Timerzeit muss so lange gewählt werden, dass bei kurzzeitiger Spannungsunterbrechung und Verlöschen der Lampe diese genügend Zeit hatte, um soweit abzukühlen, dass eine erneute Wiederzündung möglich ist. Die Warmwiederzündzeiten der POWERBALL® sind deutlich kürzer als die der zylindrischen Variante und liegen unterhalb von 10 Minuten.

Die Timer-Zeit bei Zündgeräten für Warmwiederzündung muss genügend lang sein.

4.3 Heißwiederzündung

Für die sofortige Wiederzündung von heißen Halogen-Metall dampflampen (Heißwiederzündung) sind wegen der hohen Dampfdrücke hohe Zündspannungen von 16 bis 60 kV nötig. Für diese hohen Spannungen müssen die Lampen, die Lampenfassungen und die Leuchte

ausgelegt sein und es müssen dafür geeignete Zündgeräte verwendet werden. Es gibt zwei Varianten von Heißwiederzündgeräten mit symmetrischen und asymmetrischen Zündimpulsen. Bei den asymmetrischen Geräten ist auf die richtige Polung der Lampenanschlüsse zu achten!

Die Heißwiederzündung ist bislang für zweiseitig gesockelte Quarzlampen (mit wenigen Ausnahmen) zulässig. Bei den Keramiklampen ist die einseitig gesockelte HCI®-TM Serie mit GY22 Sockel zur Heißwiederzündung freigegeben. Die Freigabe von weiteren zweiseitig gesockelten Keramiklampen ist in Vorbereitung.

4.4 Zündung an niedriger Zündspannung (Penning-Effekt)

Um die für die Zündung der Lampe notwendige Spannung zu senken, sind verschiedene Methoden anwendbar. Eine davon ist die Ausnutzung des sogenannten Penning-Effektes. Wenn die in einer metastabilen Anregungsstufe des Grundgases gespeicherte Energie größer als die Ionisationsenergie der Beimengung ist, dann beginnt die Volumen-Ionisierung bereits bei niedrigeren Feldstärken und ergibt bei gleicher Spannung eine größere Ladungsträgerzahl als im Reingas. Beispiele für den Penning-Effekt ist das Quecksilber in Argon bei Halogen-Metall dampflampen und Argon in Neon bei einigen Entladungslampen.

4.5 Zündung bei niedrigen Umgebungstemperaturen

Die meisten Halogen-Metall dampflampen mit Leistungen ≤ 400 W können bis zu Umgebungstemperaturen von -50 °C betrieben werden. Der meist evakuierte Außenkolben und die Leuchte sorgen für eine thermische Entkopplung des Brenners von der Umgebung und somit dafür, dass die üblichen Betriebsparameter weitestgehend erreicht werden. Bei den HQI® 2000 W NI und 2000 W DI ist die Zündung nur bis -20 °C zugelassen.

Bei den Zündgeräten ist der Ferritkern temperatursensibel, das heißt bei niedrigeren Temperaturen sinkt die abgegebene Zündspannung. Von einigen Zündgeräteherstellern wird die Verwendung von Zündgeräten ohne Abschaltung empfohlen, da sich hier der Ferritkern bei vergeblichen Zündversuchen durch die Verluste aufheizt und damit wieder die spezifizierten Zündimpulshöhen erreicht werden. Es gibt auch Zündgeräte mit integriertem zusätzlichem Widerstand zum Heizen des Zündgerätes, so dass diese bis -50 °C zugelassen ist. Auch hier vergeht einige Zeit nach dem Zuschalten des Zündgerätes, bis sich dieses soweit erwärmt hat, dass die spezifizierten Zündimpulshöhen erreicht werden.

Für spezielle Anwendungen, wie z.B. Kühlhäusern können semiparallele Zündgeräten verwendet werden (die längere Leitungslängen zulassen), die außerhalb der Leuchten in wärmeren Bereichen angebracht werden.

4.6 Kabelkapazität

Die Zuleitungskabel zwischen Lampe und Zündgerät weisen eine Kapazität auf, deren Größe von verschiedenen Randbedingungen abhängt. Die Größe und Konstruktion des Kabels spielen eine Rolle (Durchmesser, Abstände und Isolierung sowie Zahl der Einzelleitungen, Dielektrizitätskonstanten der Materialien). Die Kapazität hängt auch von der Erdung und Abschirmung des Kabels sowie der Befestigung wie z.B. der Nähe zu geerdeten Flächen ab. Übliche Netzkabel sind wegen ihrer relativ dünnen Isolierung aus PVC, in der die Adern vergleichsweise eng beieinander liegen, für diesen Zweck ungeeignet. Ihre Kapazität beträgt typischerweise 100 pF/m Leitungslänge. Wegen der hohen Zündspannung bei Entladungslampen muss die Isolierung dicker als bei Netzkabeln sein und die Kabel werden üblicherweise auch nicht direkt nebeneinander angebracht. Die Leitungskapazitäten werden also abhängig vom Aufbau niedrigere Werte aufweisen. Kapazitäten bilden einen nur geringen Widerstand für hochfrequente Spannungsanteile des Zündimpulses. Durch die Kapazität wird der Zündimpuls also gedämpft und erreicht dadurch eventuell nicht die für die Zündung der Lampe nötigen Amplituden. In Abhängigkeit von den Spezifikationen des Zündgerätes sind deshalb bestimmte Belastungskapazitäten nicht zu überschreiten.

4.7 Anlaufverhalten von Halogen-Metaldampflampen

Nach der Zündung der Lampe und dem Aufheizen der Entladung brennt die Entladung zunächst nur in dem Startgas. Das Quecksilber und die Metallhalogenide befinden sich noch in flüssiger bzw. fester Form an der Brennerwand. Die Spannung der Entladung ist zunächst noch sehr niedrig. Das Startgas Argon strahlt wenig im sichtbaren Bereich ab (schwaches violettes Leuchten), weswegen der Lichtstrom in der Anfangsphase noch sehr niedrig ist.

Durch den Leistungsumsatz in der Lampe beginnen zunächst das Quecksilber und im Folgenden auch die Metallhalogenide zu verdampfen. Da die einzelnen Füllungsbestandteile in unterschiedlichem Maße verdampfen, ergeben sich unterschiedliche Verhältnisse der Bestandteile im Verlaufe des Hochbrennens. Die Dominanz einzelner Bestandteile im Anlauf führt zu Farberscheinungen in diesem Zeitraum, wie in Abbildung 22 zu sehen ist. Erst nach einigen Minuten, im stationären Gleichgewicht, stellt sich die gewünschte Zusammensetzung ein und es wird der volle Lichtstrom und die gewünschte Lichtfarbe abgegeben.

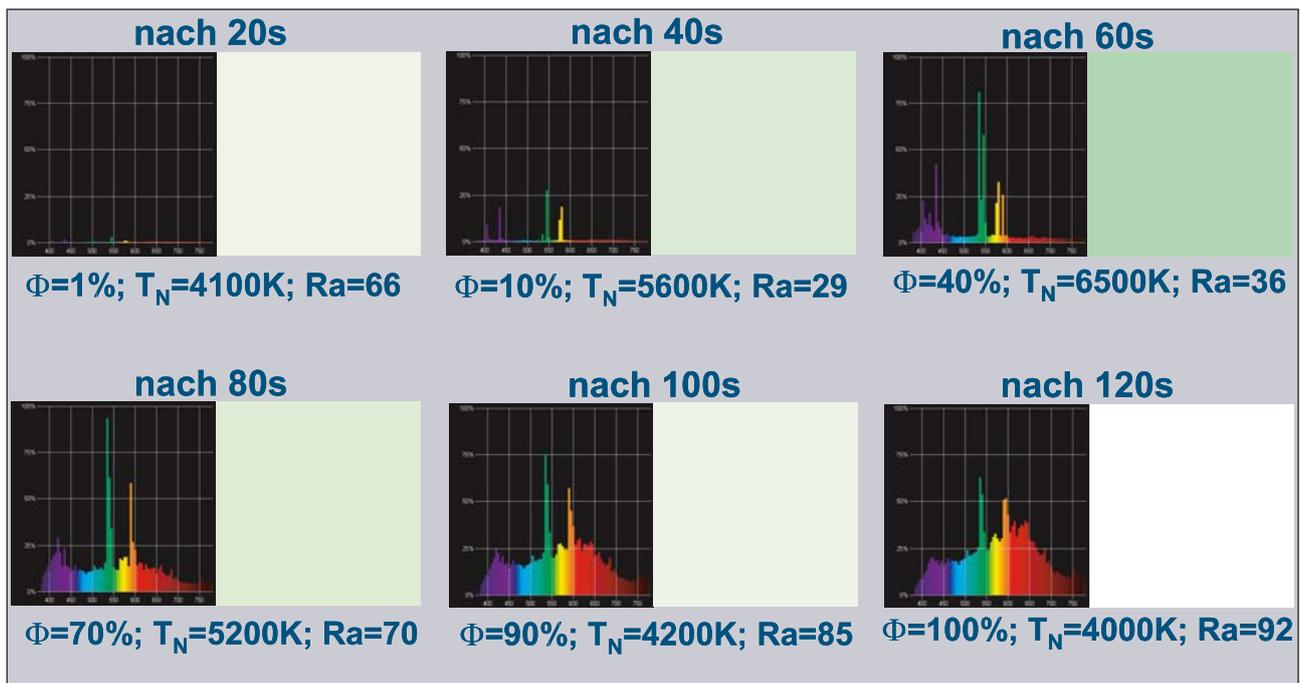


Abbildung 22: Verlauf lichttechnischer Parameter einer HCl®-T 150 W/NDL im Anlauf

Der neuartige runde Keramikbrenner (POWERBALL®) besitzt eine gleichmäßige Wandstärke ohne dicke Keramikstopfen wie bei der zylindrischen Keramik. Die Masse ist deswegen gegenüber der zylindrischen Variante nur etwa halb so groß. Um die Brennerkeramik auf Betriebstemperatur zu bringen, sind deswegen ein geringerer Energieeintrag und damit eine geringere Zeit nötig. Die Zeiten, um den eingebrannten Zustand zu erreichen, sind deswegen gegenüber der zylindrischen Variante deutlich verringert, wie in der Abbildung 23 zu sehen ist.

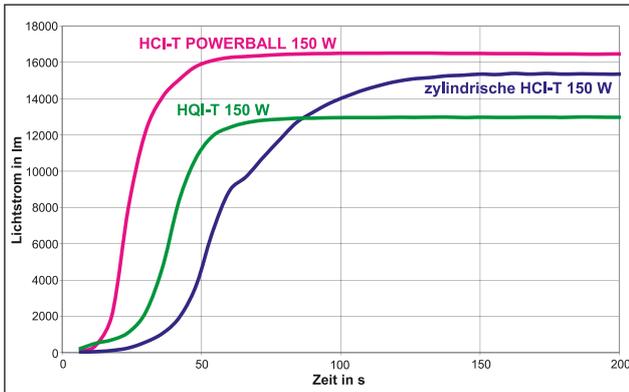


Abbildung 23: Anlaufverhalten des Lichtstromes verschiedener Halogen-Metaldampflampen am OSRAM EVG

Die Zeit bis zum Erreichen des stationären Zustandes ist abhängig von dem Anlaufstrom und der damit verbundenen Leistungseinkopplung. Da bei zu hohen Strömen die Elektroden geschädigt werden und es zu Wandschwärzungen kommt, ist der Anlaufstrom in der Norm für Halogen-Metaldampflampen (IEC 61167) auf das zweifache des nominellen Lampenstroms begrenzt. Am OSRAM POWERTRONIC® erfolgt der Anlauf schneller als an einem konventionellen Vorschaltgerät wie in folgender Abbildung 24 zu erkennen ist.

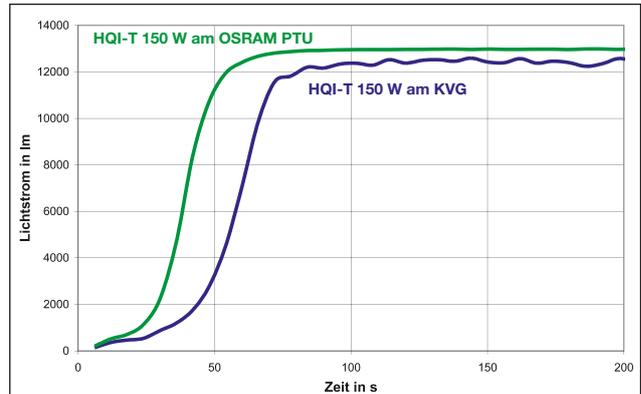


Abbildung 24: Anlaufverhalten des Lichtstromes einer HQI®-T an verschiedenen Vorschaltgeräten

5 Leistungsreduzierung von Hochdruckentladungslampen

5.1 Einleitung

Hochdruckentladungslampen erzeugen das Licht durch die Anregung von Quecksilber und anderen Metallen in einem Plasma, das in einem Brennergefäß durch Stromfluss zwischen zwei Elektroden erzeugt wird.

Entladungslampen müssen mit einem Vorschaltgerät betrieben werden und sind auf eine bestimmte Lampenleistung ausgelegt. Als Vorschaltgeräte werden konventionelle Drosseln oder elektronische Vorschaltgeräte eingesetzt.

Will man die nominelle Lampenleistung einer Lampe verändern, so sind für die sich daraus ergebenden Auswirkungen die folgenden physikalischen Randbedingungen von Bedeutung:

- Die **Elektroden** von Entladungslampen sind für einen bestimmten Lampenstrom ausgelegt. Wenn der Strom zu hoch wird, schmelzen und verdampfen Teile der Elektrode. Ist der Strom zu niedrig, wird die Elektrode zu kalt betrieben. Als Folge davon verändern sich die Mechanismen der Elektronenauslösung aus der Elektrode und es wird vermehrt Elektrodenmaterial zur Brennerwand abgetragen. Bei Abweichung des Lampenstroms vom Nominalwert in beide Richtungen können damit eine **Schwärzung der Brennerwand mit Rückgang des Lichtstroms** sowie negative Effekte auf die Lichtfarbe und eventuell auch auf die Lebensdauer die Folge sein.
- Der Partialdampfdruck der für die Lichterzeugung zuständigen Füllungsbestandteile hängt von der **Temperatur der Brennerwand** ab. Eine Änderung der Brennerwandtemperatur durch Änderung der Lampenleistung beeinflusst die Zusammensetzung der Füllung im Plasmabogen und damit die **elektrischen und photometrischen Eigenschaften** der Lampe.
- Bei höherer Brennerwandtemperatur rekombinieren die Metalle nicht mit den Iodiden und die reinen Metalle können in die Wand einwandern (gilt für Quarzbrenner).

Leistungsreduzierung hat folgende Nebenwirkungen:

- Lichtstromrückgang durch Brennerschwärzung
- Änderung der Farbeigenschaften
- Mögliche Reduzierung der Lebensdauer

5.2 Techniken der Leistungsreduktion

Allgemein sind folgende Methoden der Dimmung bekannt (konventionell oder mittels EVG):

- Absenkung der Versorgungsspannung
- Phasenregelung: Phasenanschnitt, -abschnitt
- Erhöhen der Drosselimpedanz bzw. Verringerung des Lampenstroms (Amplitudenmodulation)
- Ändern der Frequenz bei Hochfrequenzbetrieb

5.2.1 Absenken der Versorgungsspannung

Bei Absenken der Versorgungsspannung sinkt auch die Lampenleistung mit ab. Mit dem Absenken der Lampenleistung sinken zwar auch die Lampenspannung und die Wiederzündspitze, aber im Allgemeinen in geringerem Maße als die Versorgungsspannung. Damit sinkt der Abstand der Wiederzündspitze zur Versorgungsspannung und es steigt die Wahrscheinlichkeit des **Verlöschens der Lampe**. Das gilt besonders für gealterte Lampen, bei denen die Lampenspannung und die Wiederzündspannung bereits angestiegen sind.

In Abbildung 25 kann man beispielhaft das Verhalten für einige Lampentypen bei Absenken der Versorgungsspannung sehen. Das Verhältnis von Wiederzündspannung zum Effektivwert der Versorgungsspannung (U_{LS}/U_N) wurde hierin bei 220 V Versorgungsspannung zu 1 normiert. Man erkennt, dass beim Absenken der Versorgungsspannung dieses Verhältnis

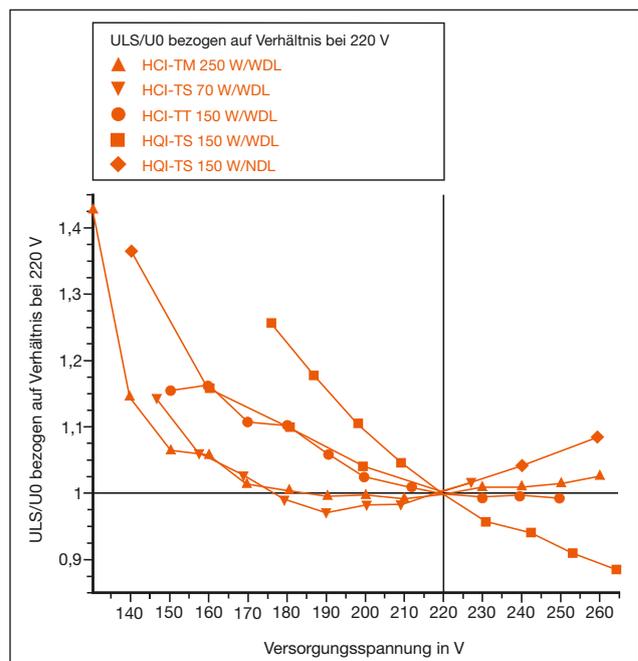


Abbildung 25: relative Veränderung der Wiederzündspitze (U_{LS}) zur Versorgungsspannung (U_N) bezogen auf das Verhältnis bei 220 V für verschiedene Halogen-Metaldampflampen

im Allgemeinen Werte größer als 1 annimmt. Das heißt auch, dass der Abstand der Wiederzündspannung zum Augenblickswert der Versorgungsspannung abnimmt. Überschreitet die Wiederzündspannung die Versorgungsspannung, erlischt die Lampe (siehe auch Kapitel 6.2.2 Anstieg der Wiederzündspitze).

Die Dimmung von POWERBALL HCI® darf demzufolge **nicht durch Absenkung der Versorgungsspannung** durchgeführt werden, da die Wiederzündspitze früher zum Verlöschen führt bzw. Flickern die Folge sein kann.

5.2.2 Phasenregelung: Phasenanschnitt, -abschnitt

In Abbildung 26 und 27 ist die Verringerung der effektiven Versorgungsspannung durch Phasen- bzw. Phasenabschnitt dargestellt. Es gibt außerdem auch Varianten, in denen die Versorgungsspannung nicht vor oder nach dem Nulldurchgang sondern in der Mitte gesenkt wird. In anderen Ausführungen wird die Versorgungsspannung in den Anschnittphasen nur verringert und nicht ganz auf Null abgesenkt.

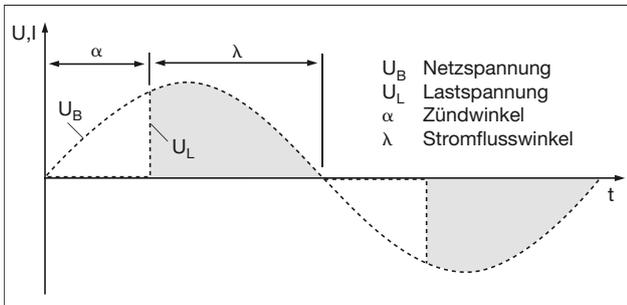


Abbildung 26: Prinzip des Phasenanschnitts (idealisierte Darstellung)

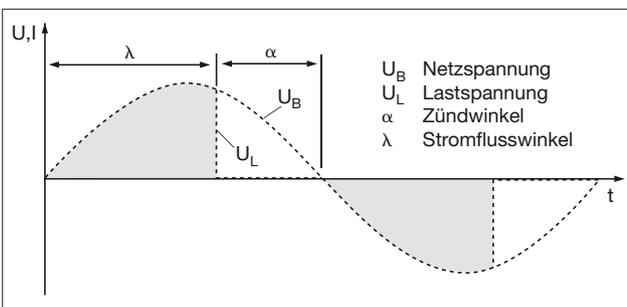


Abbildung 27: Prinzip des Phasenabschnitts (idealisierte Darstellung)

Bei Phasenanschnitt sorgen die dadurch entstehenden stromlosen Pausen für ein verstärktes Abkühlen von Plasma und Elektroden und damit zu einer Erhöhung der Wiederzündspitze und zu früherem Verlöschen der Lampe.

Bei Phasenabschnitt oder anderen Methoden der zeitweiligen Abschaltung oder Reduzierung der Versorgungsspannung ist mit geeigneten Mitteln für einen unterbrechungsfreien und „glatten“ Lampenstrom zu sorgen, da sonst Flickern und Verlöschen auftreten können.

In allen Varianten ist gegenüber dem Volllastbetrieb mit verstärkter Schwärzung und damit Lichtstromrückgang zu rechnen.

5.2.3 Erhöhen der Drosselimpedanz bzw. Verringerung des Lampenstroms

Durch Erhöhen der Drosselimpedanz wird der Strom durch die Lampe reduziert. Die Versorgungsspannung bleibt dabei gleich und damit ist die Spannung weiterhin genügend hoch für die Wiederzündung der Lampe. Durch den flacheren Nulldurchgang des Stromes ist aber ein stärkeres Abkühlen des Plasmas und der Elektroden zu erwarten und damit eine stärkere Schwärzung über die Vorgänge an der Elektrode beim „Wiederzünden“. Die Schwärzung führt also zu einem stärkeren Lichtstromrückgang gegenüber dem Volllastbetrieb.

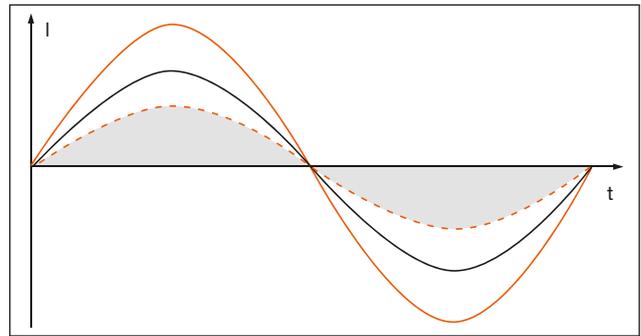


Abbildung 28: Amplitudenmodulation z.B. durch Drosselumschaltung

Die geringsten Nachteile sind bei der Stromverringern im Rechteckbetrieb zu erwarten. Durch die steilen Nulldurchgänge sind geringe Wiederzündspitzen und wenig Schwärzung durch Sputtern zu erwarten.

Wenn bei Lampen mit Leistungen ≥ 400 W zur Dimmung das Umschalten auf andere Drosseln angewandt wird, ist ein Einbrennen bei 100 % von mindestens 1 h notwendig.

5.2.4 Ändern der Frequenz bei Hochfrequenzbetrieb

Eine Leistungsänderung kann bei Verwendung eines induktiven Vorschaltgerätes auch durch Variation der Frequenz der Versorgungsspannung erreicht werden, da der induktive Widerstand der Drossel von der Frequenz abhängig ist. Änderung der Drosselimpedanz bei niedrigen Frequenzen ist im vorherigen Kapitel 5.2.3 behandelt.

Wird die Impedanzänderung durch Änderung der Frequenz im Hochfrequenzbetrieb durchgeführt, ist bei Entladungslampen das mögliche Auftreten von akustischen Resonanzen zu beachten. Im Entladungsgefäß kann es in Abhängigkeit von Brennergeometrie und Plasmatemperatur zu einem Aufschwingen von Resonanzen kommen, wenn die hochfrequenten Anteile der Lampenleistung eine Resonanzfrequenz der Lampe treffen. Dies kann zu Flickern, zum Verlöschen und im Extremfall zur Zerstörung der Lampe führen. Deswegen wird in einem aktuellen Normvorschlag zum elektronischen Betrieb von Halogen-Metaldampflampen der Anteil an hochfrequenten Schwingungen beschränkt.

Sicher resonanzfreie Betriebsfenster zu finden ist aus verschiedenen Gründen schwierig: Die Resonanzfrequenzen verändern sich während des Anlaufs und auch im Verlauf der Lebensdauer. Lampen verschiedener Geometrie und Füllung weisen zudem unterschiedliche Resonanzfrequenzen auf. Auch durch eine Leistungsreduzierung ändern sich wegen Veränderung der Plasmatemperatur die Resonanzfrequenzen.

5.3 Empfehlungen zur Leistungsreduktion von Entladungslampen

5.3.1 Halogen-Metaldampflampen:

Der leistungsreduzierte Betrieb von OSRAM POWERSTAR HCI® (zylindrischer Brenner) und OSRAM HQI®-Lampen ist nicht zulässig, da erhebliche Farbabweichungen, deutlich schlechtere Lichtstrom-Maintenance und Lebensdauerverkürzung auftreten können.

Die Dimmung von POWERBALL HCI® ist grundsätzlich technisch durchführbar.

Die höhere thermische Belastbarkeit der runden Keramik ermöglicht zwar ein verbessertes Dimmverhalten in Lichtausbeute und Farbwiedergabe gegenüber Halogen-Metaldampflampen mit Quarzbrenner bzw. mit der üblichen zylindrischen Keramik. Bei Dimmung tritt aber nach wie vor eine Farbortwanderung auf. Gedimmt betriebene Lampen zeigen über die Lebensdauer im Allgemeinen einen stärkeren Lichtstromrückgang und eine stärkere Farbabweichung. Diese Effekte sind insbesondere in der Innenbeleuchtung unerwünscht. Sie sind bei KVG-Betrieb stärker ausgeprägt als bei EVG-Betrieb. OSRAM rät deshalb bei KVG-Betrieb und in der Innenbeleuchtung für die heute verfügbaren Lampen von der Dimmung ab.

Die Art der Dimmung hat dabei großen Einfluss auf die Ergebnisse. Empfohlen wird die Dimmung mittels regelbaren Rechteck-EVG, gänzlich abzuraten ist von Dimmung durch Spannungsabsenkung und durch Phasen- und Phasenabschnitt. Für gedimmt betriebene Lampen kann die Einhaltung der Produkteigenschaften nicht gewährleistet werden.

In jedem Fall muss die Lampe nach jedem Einschalten für min. 15 Minuten mit 100 % Leistung betrieben werden, um ein korrektes Einbrennen der Lampe zu erreichen.

Nur bei Dimm-Betrieb von dafür freigegebenen POWERBALL HCI® (vgl. Online-Katalog) am POWERTRONIC® PTo wird eine Gewährleistung bezüglich der Lebensdauer übernommen.

Betrieb von POWERBALL HCI® am POWERTRONIC® PTo:

Die Kombination von POWERBALL HCI® und POWERTRONIC® PTo ermöglicht überall dort einen energiesparenden Betrieb, wo es – wie in der Außenbeleuchtung – nicht auf eine optimale Farbwiedergabe ankommt.

Das PTo mit Rechteckbetrieb und optimierter Zündung betreibt POWERBALL HCI®-Lampen bestmöglich bis herunter auf 60 % der Lampen-Leistung (Bemessungswert). Dabei treten bei einer Leistungsreduzierung bis herunter auf 85 % der Bemessungsleistung keine signifikanten negativen Effekte auf.

Ein Betrieb zwischen 85 % und 60 % der Bemessungsleistung hat ebenfalls keinen Einfluss auf die Ausfallrate. Die Lampen zeigen jedoch zunehmend einen leichten Grünstich und können farblich voneinander abweichen (Farbstreuung).

Der Lichtstrom geht über die Lebensdauer bei Dimmbetrieb etwas stärker als bei 100 %-Betrieb am PTo zurück. Dieser Effekt kann durch einen Mischbetrieb zwischen Dimmbetrieb und 100 %-Betrieb reduziert werden.

Dimmen führt zu Lichtstromrückgang und Farbabweichung.

Für Dimmung wird Rechteckbetrieb empfohlen.

In der Außenbeleuchtung optimaler Betrieb von dafür freigegebenen POWERBALL HCI® am POWERTRONIC® PTo.

Keine Gewährleistung für gedimmt betriebene POWERBALL HCI®. Nur bei Dimm-Betrieb von dafür freigegebenen POWERBALL HCI® (vgl. Online-Katalog) am POWERTRONIC® PTo wird eine Gewährleistung bezüglich der Lebensdauer übernommen.

5.3.2 Dimmung bei anderen Entladungslampen

Quecksilberhochdruckdampflampen:

Diese Lampen lassen sich bis 50 % der Nennleistung dimmen, wobei das Anlaufen bei 100 % der Leistung stattfinden muss. Eine Dimmung ist mit Spannungsabsenkung, Phasenregelung und Amplitudenmodulation möglich.

Natriumhochdruckdampflampen:

Eine Leistungsabsenkung ist bei allen VIALOX® NAV® bis auf 50 % der Lampen-Nennleistung ohne Einfluss auf die Lebensdauer möglich und zulässig

- bei Stufenschaltung mit Übergang auf Betrieb am Vorschaltgerät der nächst niedrigeren Leistungseinheit bzw.

• bei Stufenschaltung mit Zusatzinduktivitäten, wobei in beiden Fällen elektronische Leistungsschalter zu verwenden sind.

Bei Leistungsreduktion ist zu beachten, dass die Lampen bei Nennleistung zu starten und vor dem Dimmbetrieb ca. 10 Minuten an Nennleistung zu betreiben sind.

Eine Leistungsreduktion durch Phasenanschnittsteuerung oder durch Absenkung der Netzspannung ist nicht zulässig.

OSRAM empfiehlt für den Dimmbetrieb das elektronische Vorschaltgerät POWERTRONIC® PTo.

6 Lampenlebensdauer, Alterung und Ausfallverhalten

6.1 Lampenlebensdauer und Alterungsverhalten

Alle lampenspezifischen elektrischen und lichttechnischen Daten werden nach einer Betriebsdauer von 100 Stunden unter Laborbedingungen an Referenzgeräten (gemäß IEC) ermittelt. Die Lebensdauerdaten werden unter kontrollierten Laborbedingungen bei einem Schaltrhythmus von 11 h ein/1 h aus bestimmt. In der Praxis können wegen abweichender Versorgungsspannung, Umgebungstemperatur und anderer Randbedingungen teils merkliche Abweichungen auftreten. Bei allen Halogen-Metall dampflampen können vereinzelt Farbunterschiede von Lampe zu Lampe auftreten – beeinflusst durch äußere Einflüsse wie Netzspannung, Betriebsgeräte, Brennlage und Leuchtenausführung.

Falls nicht anders angegeben, gelten die Angaben für TS-Typen für waagerechte Brennlage, bei T- und E-Typen bis 250 W für hängende Brennlage. Bei Lampen > 400 W gilt für die T-Lampe die waagerechte Brennlage. Bei Lampen mit 400 W ist die Brennlage typabhängig (siehe Katalogangaben). Sollten in der Praxis hiervon abweichenden Brennlagen verwendet werden, können sich Veränderungen bei Lichtstrom, Farbtemperatur und Lebensdauer ergeben. Die POWERBALL HCI® mit ihrem runden Brenner verhält sich dabei unkritischer als die herkömmliche zylindrische Keramik.

Der Lichtstrom ist von der Umgebungstemperatur außerhalb des Leuchtenkörpers nur wenig abhängig. Zu hohe Umgebungstemperaturen können allerdings auf Dauer zu verstärkter Brennerschwärzung führen. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen bis ca. -50 °C müssen spezielle Zündgeräte eingesetzt werden. HQI®-2000 W Lampen mit eingebauter Hilfsentladung sind nur bis -20 °C zugelassen.

Für eine korrekte Messung der elektrischen, lichttechnischen und Farbeigenschaften sind HQI®-TS und HCI®-TS Lampen in einem Leuchtensimulator zu betreiben. Detaillierte Angaben zu Leuchtensimulatoren (Wärmestau-Rohre aus Quarz) zur Bestimmung von Lampendaten für HQI®-TS und HCI®-TS sind der IEC 61167, Annex B.2, zu entnehmen.

Die in den Unterlagen angegebene mittlere Lebensdauer (B50 Wert) ist die Brenndauer, innerhalb der maximal die Hälfte der Leuchtmittel ausgefallen sein können, d.h. die Überlebensrate ist zu diesem Zeitpunkt mindestens 50 %. Dies ist ein Wert, den üblicherweise alle Lampenhersteller angeben. Außer dem B50 Wert ist auch die Angabe von Zeiten, bei denen z.B. 10 % oder 3 % der Leuchtmittel ausgefallen sind, üblich (B10 bzw. B3).

Mittlere Lebensdauer (B50):
Max. die Hälfte der Lampen ist ausgefallen.

Nutzlebensdauer:
Das Beleuchtungsniveau der Anlage sinkt auf Grund des Lichtstromrückganges und der zunehmenden Ausfallquote unter einen gewünschten Wert.

Eine Nutzlebensdauer ergibt sich, wenn man zusätzlich den Lichtstromrückgang über die Lebensdauer mit einberechnet. Eine Multiplikation der Überlebensrate mit der Lichtstrom-Maintenance ergibt den Rückgang des Anlagenlichtstroms. Diese Faktoren werden bei Erstellung eines Wartungsplans gemäß EN12464 in Betracht gezogen. (Siehe auch 7.5 „Wartung von Beleuchtungsanlagen mit Halogen-Metall dampflampen“)

Daten zu Lampenüberlebensverhalten und Lichtstromverhalten sind in den jeweiligen Technischen Informationen enthalten.

Ein Hauptgrund für den Lichtstromrückgang ist die Schwärzung des Brenners durch Elektrodenmaterial, das sich im Verlauf der Lebensdauer auf der Brennerwand niedergeschlagen hat. Häufiges Schalten, Überlastbetrieb, Betrieb in enger Leuchte oder hohe Umgebungstemperaturen können diese Schwärzungsprozesse verstärken und so die Nutzlebensdauer deutlich verringern. Auch der Betrieb bei verringerter Leistung führt zu verstärkter Brennerschwärzung, wie in dem Kapitel 5 „Leistungsreduzierung von Hochdruckentladungslampen“ aufgeführt ist.

6.2 Lagerung von Halogenmetall dampflampen

Nicht ordnungsgemäß gelagerte Lampen (z.B. feucht und warm) können nach längerer Zeit Korrosion an den Kontakten zeigen, welche vor dem Einsetzen vollständig zu entfernen ist. In ungünstigen Umständen können auch hier in Einzelfällen Zündprobleme auftreten. Kittbehaltete Lampen können bei unsachgemäßer Lagerung unter Umständen den Kitt verlieren und den Sockelkontakt freilegen. Es besteht die Gefahr von Überschlügen während des Zündvorganges bzw. die Gefahr, spannungsführende Teile zu berühren.

6.3 Ausfallmechanismen von Halogen-Metall dampflampen

Folgende Ausfallmechanismen sind bei kompakten Halogen-Metall dampflampen möglich und das Auftreten wird mit fortschreitendem Alter der Lampe immer häufiger.

- Undichter Brenner
- Anstieg der Wiederezündspitze, schließlich erlischt die Lampe
- Bruch der Stromzuführungen
- Undichter Außenkolben
- Nichtzündler
- Bruch oder Abnutzung der Elektrode im Brenner
- Verzundern der Sockelkontakte durch Überschlüge in der Fassung
- Platzen der Lampe

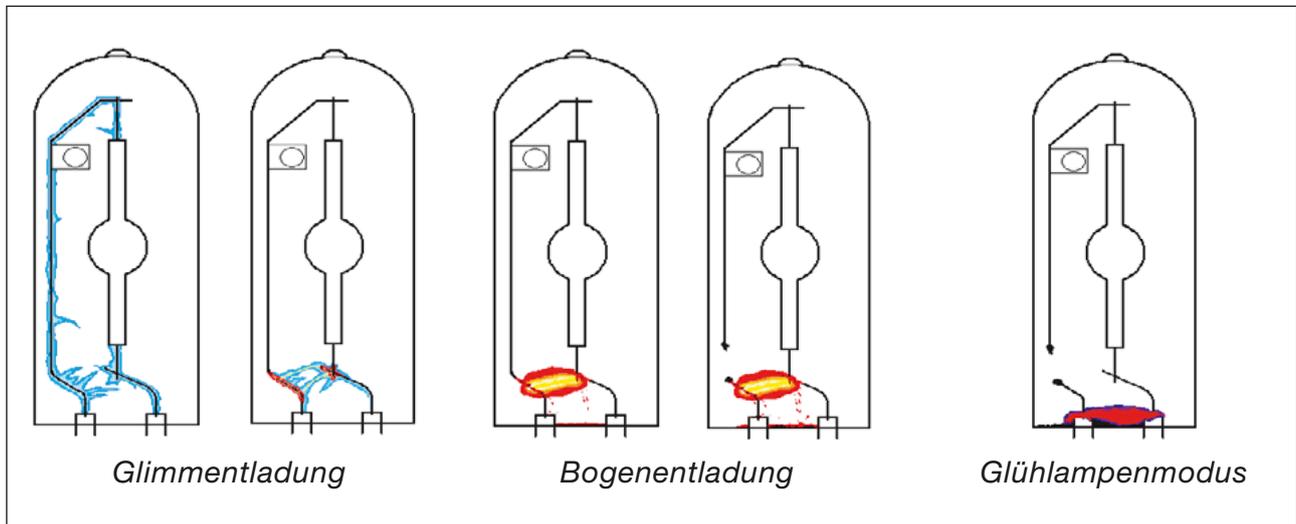


Abbildung 29: Stadien der Außenkolbenentladung

6.3.1 Undichter Brenner

Durch die hohen Temperaturen und Drücke im Brenner, die aggressiven chemischen Substanzen im Brenner und die Wechselbelastungen zwischen heißer und kalter Lampe werden die Brennerbestandteile stark belastet und Undichtigkeiten des Brenners können die Folge sein. Dadurch können das Startgas und Füllungsmaterial dann in den Außenkolben austreten. Abhängig von der Größe der Undichtigkeit tritt dieser Effekt zumeist schleichend auf. Zunächst macht sich dies durch eine deutliche Veränderung der Lichtfarbe bemerkbar. Bei zunehmendem Austritt von Startgas in den Außenkolben kann die Entladung vom Brenner in eine Außenkolbenentladung umschlagen.

- Bei Lampen mit evakuierten Außenkolben können, abhängig vom Brennerfülldruck und Außenkolbenvolumen verschiedene, anomale Entladungszustände auftreten.
- Bei Lampen mit gasgefülltem Außenkolben, in der Regel Lampen $\geq 400\text{W}$ treten Glimmentladung und incandescent mode nicht auf. Insbesondere bei Lampen mit Zündgerätebetrieb kommt es bei den beschriebenen Fehlerfällen direkt zu einer Bogenentladung. Dies kann im Extremfall zum Platzen der Lampe führen.

Im Falle einer **Glimmentladung** ist die Spannung über der Lampe hoch, der Strom nur sehr niedrig. Durch Absputtern wird hier Material auf dem Außenkolben deponiert. Es kann vorkommen, dass die Glimmentladung der Bogenentladung vorausgeht. Die Temperaturen im Quetschungsbereich sind niedriger als im normalen Betrieb.

Im Fall einer **Bogenentladung** ist die Spannung über der Lampe niedrig, der Strom wird durch die Drossel begrenzt. Durch den Ansatz des Bogens im Außenkolben auf den Stromzuführungen können diese schmelzen. Durch die hohen Temperaturen wird Material der Stromzuführung verdampft und schlägt sich auf dem

Außenkolben nieder. Wegen des heißen Bogens in Quetschungsnähe können dort hohe Temperaturen (im Extremfall über 800 °C) auftreten. An der Kontaktstelle Sockel/Fassung und an dem elektrischen Kontakt sind die Temperaturen deutlich niedriger. Hier wurden im Extremfall 300 °C an der Auflage zwischen Sockel und Fassung und 250 °C an dem elektrischen Kontakt zwischen Fassung und Kontaktstift der Lampe gemessen. Der elektrische Kontakt ist auch maßgeblich für die sogenannte T-Kennzeichnung einer Fassung (siehe auch Kapitel 7.3 Lampenfassungen).

Wenn metallische Beläge im Quetschungsbereich durch Materialabtrag von der Stromzuführung so ausgedehnt sind, dass eine durchgehend leitfähige Fläche zwischen den Stromdurchführungen entsteht, dann kommt es zum sogenannten **incandescent mode** oder Glühlampenmodus. Der Belag bietet genügend Widerstand, dass hier Leistung umgesetzt wird und der Belag zu glühen beginnt. Dabei können elektrische Werte ähnlich wie bei dem normalen Betrieb erreicht werden, was es einer Elektronik z.B. im EVG unmöglich machen würde, diesen anomalen Betriebszustand zu erkennen. Auch dieser Zustand führt zu hohen Temperaturen im Quetschungsbereich.

Glimm- und Bogenentladung können durch von Normalwerten abweichende Strom- und Spannungswerte detektiert werden, so dass ein elektronisches Vorschaltgerät mit entsprechender Abschaltautomatik eine solche Lampe abschalten kann. Zusätzlich müssen aber auch bei der Leuchtenkonstruktion thermisch entsprechend belastbare Komponenten verwendet werden, die bei den möglichen hohen Temperaturen nicht zu für den Anwender gefährlichen Zuständen führen.

6.3.2 Anstieg der Wiederzündspitze

Die Wiederzündspitze ist ein Peak in der Lampenbrennspannung nach dem Nulldurchgang von Strom und Spannung. Bei sinusförmigem Lampenstrom nimmt der Strom vor dem Nulldurchgang allmählich

ab. Da das Plasma durch den Stromfluss geheizt wird, beginnt das Plasma bei abnehmendem Strom abzukühlen und verringert dadurch seine Leitfähigkeit. Nach dem Nulldurchgang kann das abgekühlte Plasma zunächst den Strom nicht mehr durch die Lampe treiben. Da der Strom durch die Lampe nicht ansteigt, fällt ein zunehmender Teil der Versorgungsspannung über der Lampe ab. Der Anstieg der Spannung sorgt wieder für zunehmende Ionisierung des Plasmas und damit wieder für einen Anstieg des Stroms, sozusagen eine Wiederspitzung des Plasmas, daher der Name für die Wiederspitzung. Überschreitet die Höhe der Wiederspitzung das, was die Versorgungsspannung bereitstellen kann, so erlischt die Lampe.

Hierin liegt einer der Vorteile von Rechteck-EVGs. Da hier der Nulldurchgang des Stroms sehr steil ist, sind die Zeiten, in denen geringe oder keine Ströme fließen, sehr kurz und das Plasma hat wenig Gelegenheit abzukühlen.

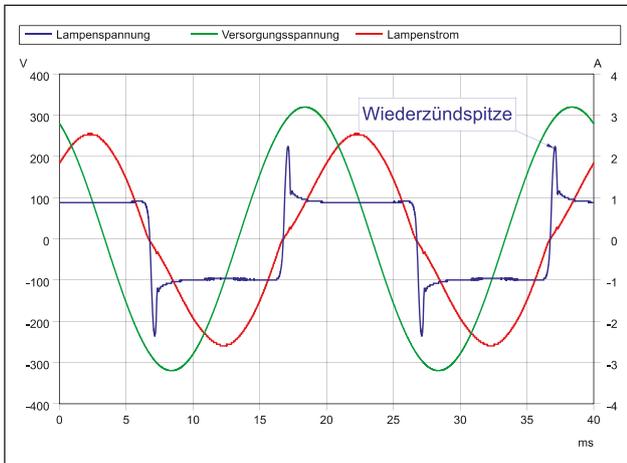


Abbildung 30: Wiederspitzung, Versorgungsspannung und Lampenstrom

Die Brennspannung und die Wiederspitzung nehmen mit fortschreitendem Lampenalter zu, außerdem hängt diese Größe auch von der Umgebungstemperatur ab und steigt während des Hochbrennens. So kommt es zu dem bekannten „Cyclen“, dass die Lampe periodisch verlöscht und wieder angeht. Die Wiederspitzung steigt im Verlauf des Hochbrennens und zusätzlich noch weiter, bis auch die Leuchte vollständig erwärmt ist. So kann es geschehen, dass die Lampe erst nach einigen bis vielen Minuten Brenndauer verlöscht.

In Abbildung 31 sieht man eine Lampe mit hoher Wiederspitzung. Nach dem Nulldurchgang beginnt der Strom kaum zu fließen. Deswegen verringert sich die Spannungsabfall über der Drossel und fast die gesamte Versorgungsspannung fällt über der Lampe ab, die Lampenspannung folgt der Netzspannung. Der Stromfluß nimmt von Periode zu Periode immer weiter ab, damit sinkt die Leitfähigkeit immer weiter und zum Ende ist die Spannung, die zum Wiederspitzung des Plasmas nötig ist, höher als die Netzspannung → die Lampe bleibt nach dem Nulldurchgang erloschen.

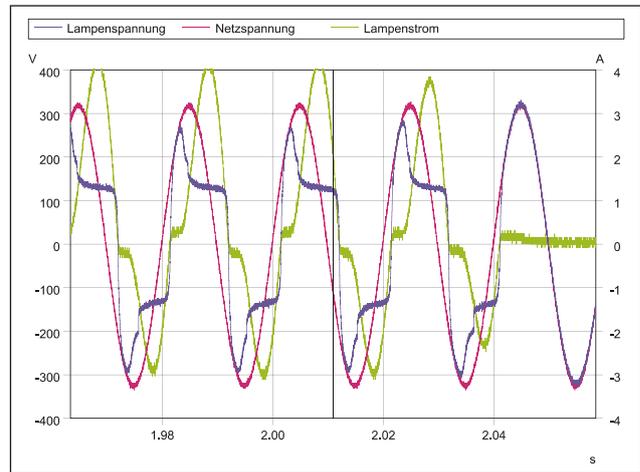


Abbildung 31: Verlöschen einer Lampe wegen zu hoher Wiederspitzung

Ein Rückgang in der Versorgungsspannung kann ebenso dazu führen, dass die Lampe erlischt. Erst, wenn die Lampe genügend abgekühlt ist, ist mit den üblichen Zündgeräten ein Wiederspitzung möglich. Nach längerem Cyclen kann es dazu kommen, dass die Lampe überhaupt nicht mehr zündet.

Dieser Fehler ist an sich unkritisch, wenn das Zündgerät nicht unter den häufigen Zündversuchen leidet.

6.3.3 Bruch der Stromzuführung bzw. einer Schweißung

Dies kann durch Ermüdung des Materials oder starke mechanische Belastung geschehen. Normalerweise ist dies ein unkritischer Fehler, in sehr seltenen Fällen kann ein Wackelkontakt zu hohen induzierten Spannungen führen.

Lampen mit gasgefülltem Außenkolben für Versorgungsspannung von 400V können bei einem Bruch einer Stromzuführung oder dem Lösen einer Schweißverbindung einen Lichtbogen bilden. Durch die strombegrenzende Drossel kann dieser Bogen über längere Zeit anstehen und zum Platzen der Lampe führen. Diese Bogenbildung tritt sowohl bei Betrieb mit Zündgerät als auch bei Lampen mit Starthilfselektrode auf. (Lampen für Zündung bei Netzspannung 2000 W).

6.3.4 Undichter Außenkolben

Durch mechanische Einwirkung kann der Außenkolben undicht werden, und es dringt Luft ein. Durch die Gegenwart von Sauerstoff bei den hohen Temperaturen der Stromzuführungen oxidieren diese und werden dadurch unterbrochen. Dies ist ein unkritischer Fehler, die Lampe zündet nicht mehr. Zündgeräte ohne Abschaltung könnten allerdings durch permanente Erzeugung von Zündimpulsen vorzeitig ausfallen.

6.3.5 Nichtzündende Lampen

Dies kann durch unterbrochene Stromzuführungen oder starke Alterung entstehen und ist an sich ein unkritischer Fehler. Zündgeräte ohne Abschaltung könnten allerdings durch permanente Erzeugung von Zündimpulsen vorzeitig ausfallen.

6.3.6 Bruch einer oder unterschiedliche Abnutzung der Elektroden

Als Folge eines Bruchs einer Elektrode oder unterschiedlicher Abnutzung der Elektroden kann bei Drosselbetrieb ein asymmetrischer Strom mit Gleichstromanteil fließen, was zu einer Überhitzung der Drossel führen kann. Dieser Effekt des Gleichrichtbetriebes ist weiter unten ausführlicher behandelt.

Bei gebrochener Elektrode in einer keramischen Lampe kann es bei Überhitzung der Kapillare zu Undichtigkeiten des Brenners kommen mit den weiter oben beschriebenen Auswirkungen. Ein Entladungsansatz nahe der Brennerwand kann bei keramischen Lampen in seltenen Fällen auch zum Platzen des Brenners führen.

Eine gebrochene Elektrode einer Lampe mit Quarzbrenner kann, wenn die Entladung trotzdem noch weiter besteht, nach längerer Dauer zu Aufblasung des Brenners und in Folge dessen eventuell zu Undichtigkeiten oder zum Platzen führen.

6.3.7 Verzunderung von Sockel/Fassung

Besonders bei alten Zündgeräten ohne Abschaltautomatik und überalterten Lampen, bzw. bei verschmutzten Kontakten kann es wegen hoher Übergangswiderstände zu Überhitzung und Oxidierung der Kontakte kommen. Bei über längere Zeit anliegenden Zündimpulsen, wenn Lampen wegen zu hoher Wiederzündspitze erloschen sind oder die Lampe nicht zündet, kann es zu Funkenüberschlägen in der Fassung kommen. Wenn es zu Verzunderung gekommen ist, muss bei Austausch der Lampe auch die Fassung getauscht werden.

Durch Vibrationen kann sich das Leuchtmittel lockern und es bei dem sich daraus ergebenden schlechten Kontakt zu Überschlägen und Verzunderung kommen. Ein Lockerungsschutz ist in Norm IEC 60238 „Edison screw holders“, Abschnitt 2.23 „Lamp holder with retention device“ beschrieben, die Prüfbedingungen dazu sind in Abschnitt 12.14 aufgeführt.

Eine Aufhängung der Leuchte an Ketten dämpft das Auftreten von Vibrationen verglichen mit einer Aufhängung am Seil.

6.3.8 Lampenplatzer

Generell können Brenner von Halogen-Metaldampflampen platzen. Dies geschieht aber sehr selten bei keramischen Halogen-Metaldampflampen. Die Wahrscheinlichkeit dafür ist höher bei Lampen mit sehr altem Quarzbrenner. Mit fortschreitendem Alter entglast (kristallisiert) das Quarz zunehmend und wird dadurch spröder. Normalerweise fallen die Lampen allerdings durch Verlöschen aus.

Im Betrieb steht der Brenner unter hohem Druck. Bei Platzen des Brenners können die Bruchstücke dadurch hohe Geschwindigkeiten erreichen und bei Auftreffen auf den Außenkolben diesen zerstören. Wenn der Außenkolben beim Platzen des Brenners durchbrochen wird, kommen sehr heiße Brennerteile in Kontakt mit der Leuchte.

OSRAM unterscheidet deshalb stringent zwischen Lampen für offene und geschlossene Leuchten. Bei Lampen für offene Leuchten ist ein mechanischer Schutz um den Brenner angebracht, so dass bei einem Platzen des Brenners sichergestellt ist, dass alle Bruchstücke im Außenkolben verbleiben. Die Einhaltung wird durch OSRAM-interne Tests sichergestellt, die deutlich schärfer sind, als es z.B. amerikanische Normen vorschreiben.

Das entsprechende Piktogramm für Lampen dieser Art ist nach IEC 62035 das folgende.



Da für alle anderen Lampen ein Platzen der Lampen nicht generell ausgeschlossen werden kann, müssen Halogen-Metaldampflampen in geschlossenen Leuchten betrieben werden, die im Falle eines Platzens alle heißen Teile der Lampe zurückhalten.

Das entsprechende Piktogramm für Lampe und Leuchte nach IEC 62035 ist rechts abgebildet.



Als Abdeckscheibe wird die Verwendung von Silikatglasscheiben empfohlen. Bei Verwendung von Kunststoffscheiben ist sicherzustellen, dass die heißen Teile der Lampe im Falle eines Lampenplatzers die Scheibe nicht durchschmelzen bzw. in Brand setzen.

Die Abdeckscheibe muss temperaturwechselbeständig und bruchsicher sein.

6.3.9 Gleichrichteffekt

Hochdruckentladungslampen können einen asymmetrischen Betriebsmodus einnehmen (Gleichrichtbetrieb). Es gibt verschiedene mögliche Ursachen:

- Unterschiedlich aufgeheizte Elektroden: dies ist normal während des Lampenstarts, tritt aber üblicherweise nur für kurze Dauer auf. Durch den Gleichstromanteil gerät die Drossel in Sätti-

gung, der magnetische Widerstand nimmt ab und der Strom wird in geringerem Maße begrenzt, wie beispielhaft in Abbildung 32 gezeigt ist. Dieser Effekt wird in den Normen als „inrush current“ beschrieben (IEC 61167).

- Mangelhafte Funktion einer der Elektroden: Dies kann durch unterschiedlich abgenutzte Elektroden oder in seltenen Fällen durch eine abge-

brochene Elektrode verursacht werden. Die Folge davon ist ein länger andauernder oder im Falle der abgebrochenen Elektrode permanenter asymmetrischer Lampenstrom.

Die Auswirkungen sind ähnlich dem Gleichrichtbetrieb beim Start, aber wegen der längeren Dauer ist eine Überhitzung von Drossel und Zündgerät möglich.

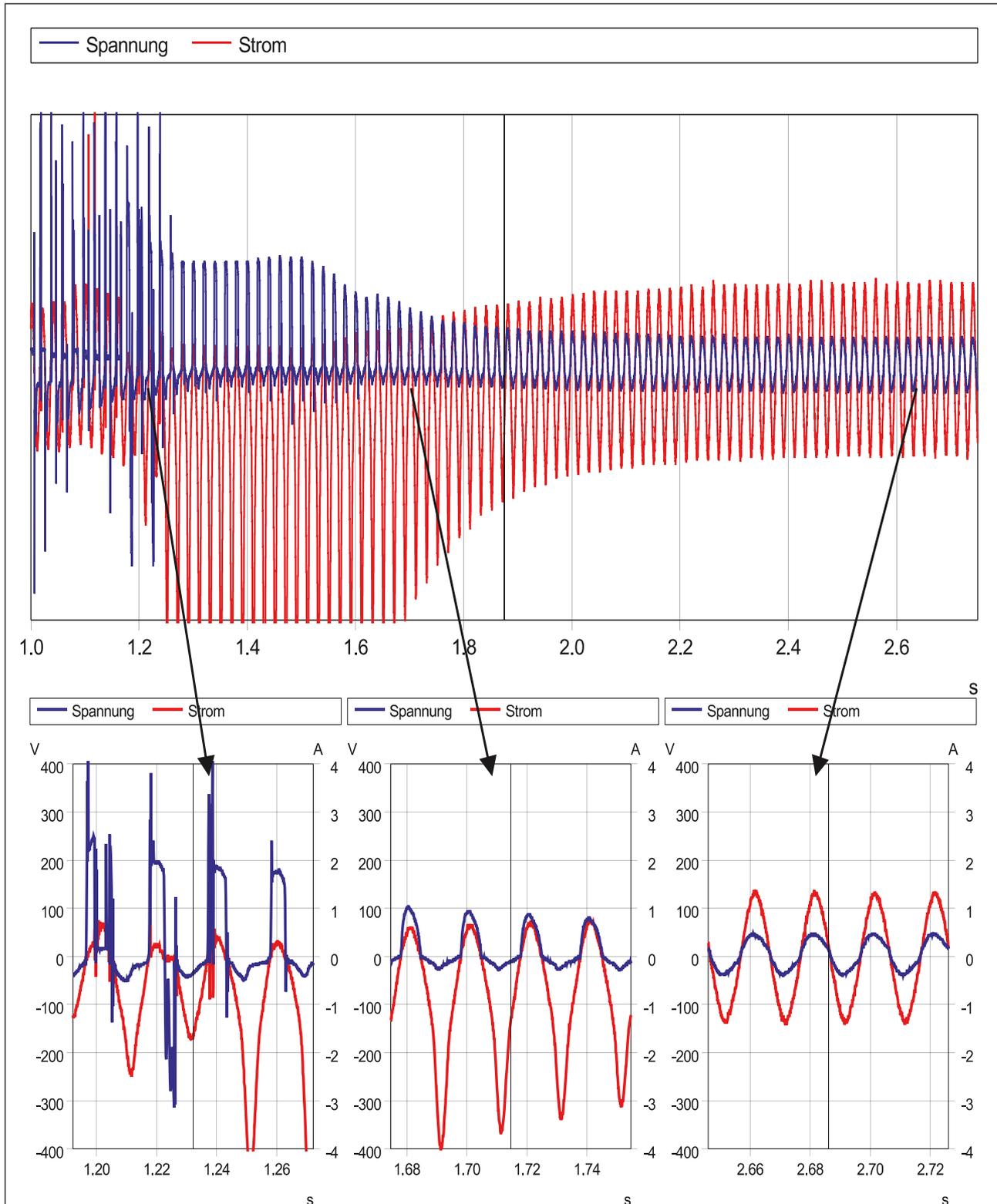


Abbildung 32: Gleichrichteffekte bei Lampenstrom und Lampenspannung während eines normalen Lampenstarts. Sie treten nur für kurze Zeit auf und sind nicht schädlich

- Entladung im Außenkolben:
Da die Stromzuführungen geometrisch nicht gleich sind, kann die zwischen ihnen entstehende Entladung asymmetrisch sein mit Effekten, wie sie zuvor beschrieben werden.

Der Gleichrichteffekt verursacht einen hohen Gleichstromanteil. In Folge dessen gerät die Drossel in Sättigung mit starker Abnahme der Drosselimpedanz. Im Extremfall wird der Lampenstrom nur durch den Ohmschen Widerstand der Drossel begrenzt.

Mit dauerhaft überhöhtem Strom steigt die Wicklungstemperatur der Drossel stark an, bis schließlich die Isolierung zerstört wird und Kurzschlüsse zwischen Drosselwicklungen stattfinden.

Diese Phänomene können bei Halogen-Metaldampflampen auftreten (siehe Warnung in IEC 61167), so dass Vorschriften für Schutzmaßnahmen für Leuchten in der Norm aufgenommen wurden (siehe IEC 60598-1 Paragraph 12.5.1). Ähnliche Regeln existieren für Natriumdampfhochdrucklampen in der Norm IEC 60662.

Eine Schutzmaßnahme im Schaltkreis wie ein Thermoschalter oder eine Thermosicherung, die im magnetischen Vorschaltgerät eingebaut sind, schützen die Schaltung vor derartigen Schäden.

Gemäß einer Erklärung der Lampenhersteller zu der Norm EN 62035, die von der LIF (Lighting Industry Federation Ltd) in dem Technical Statement No. 30, sowie von der ZVEI in dem „Lamp manufacturers statement regarding EN 62035“ veröffentlicht wurde, sind bei bestimmten Lampen keine Maßnahmen gegen das Auftreten von Gleichrichteffekten erforderlich. Bei OSRAM handelt es sich bei den Halogen-Metaldampflampen um die Lampen der Leistungsstufen ab einschließlich 1000 W.

Zwar ist bei Lampen mit Leistungen $\geq 1000\text{W}$ grundsätzlich ein Gleichrichtereffekt sowohl beim Start als auch im stationären Betrieb möglich. Auf Grund der Dimensionierung der Brenner- und Lampenbauteile ist die Neigung zu asymmetrischen Betrieb deutlich geringer als bei kleinen Leistungsstufen und im stationären Betrieb genügend schwach ausgeprägt, so dass keine Schutzmaßnahmen gegen Gleichrichteffekte erforderlich sind.

Das OSRAM PTi ist von Gleichrichteffekten nicht betroffen, da Strom und Spannung überwacht und geregelt werden, und wird deshalb für den Betrieb von Entladungslampen empfohlen.

6.3.10 Schlussfolgerung

- Für den sicheren Betrieb von Halogen-Metaldampflampen ist die Verwendung von Leuchtenbestandteilen (Lampenfassungen, Leitungen usw.) nötig, die den eventuell auftretenden hohen Temperaturen im Falle einer Außenkolbenentladung standhalten
- Alle Lampen außer den platzergeschützten für offenen Betrieb müssen in geschlossenen Leuchten betrieben werden
- Für alle Halogen-Metaldampflampen mit kleiner Leistung ist ein Schutz der Leuchte vor Auswirkungen des Gleichrichteffekts (z.B. Drosseln mit Thermoschutz) zu verwenden
- Es wird empfohlen, Zündgeräte mit Zeitabschaltung zu verwenden
- Die Verwendung eines EVG ist vorteilhaft, wenn das EVG entsprechende Abschaltmechanismen aufweist

Halogen-Metaldampflampen sind sinnvollerweise nicht bis zum natürlichen Lebensdauerende zu betreiben, sondern am Ende der Nutzlebensdauer auszutauschen. Dies ist auch deswegen sinnvoll, da nach Überschreiten der Nutzlebensdauer der Lichtstrom schon merklich zurückgegangen ist und die Wahrscheinlichkeit für unerwünschte Effekte am Lebensdauerende immer größer wird.

Lampen sollten bereits vor Erreichen der Nutzlebensdauer ausgewechselt werden, wenn

- sich die Lichtfarbe der Lampe deutlich ändert.
- der Lichtstrom deutlich zurückgeht.
- die Lampe nicht mehr zündet.
- die Lampe periodisch an und ausgeht („Cycling“).

Bei Beachtung aller Schutzmaßnahmen lassen sich Halogen-Metaldampflampen sicher betreiben und zeigen ihre Stärken mit brilliantem effizientem Licht.

7 Leuchtendesign und Planung von Beleuchtungsanlagen

7.1 Temperaturmessung, Umgebungstemperatur

7.1.1 Physikalische Randbedingungen für Grenztemperaturen für Außenkolben und Quetschung bei Halogen-Metaldampflampen

Bei Überschreitung der Grenzwerte für Quetschtemperatur bzw. Außenkolbentemperatur bei Hart- und Weichglas ist zu rechnen mit:

- Oxidation der Folie
- Einfallen des Außenkolbens bei evakuiertem Außenkolben und Aufblasen des Außenkolbens bei gasgefülltem Außenkolben wegen Erweichen des Glases
- Zerbröseln des Kitts bei Schraubsockellampen

Quarzglas widersteht deutlich höheren Temperaturen als den angegebenen Grenzwerten, jedoch ist bei Überschreitung der Grenzwerte für den Außenkolben eine Überhitzung des Brenners möglich mit:

- Veränderung der Farbeigenschaften
- Undichtigkeit des Brenners
- Schwärzung des Brenners und damit Verschlechterung der Lichtstrom-Maintenance

Die Außenkolbentemperatur ist nur ein **indirektes** Maß für die Belastung des Brenners! Außenkolben und Brenner sind über Strahlung und zu einem kleinen Teil durch Wärmeleitung über die Stromzuführungen gekoppelt.

Es ist wichtig, die Außenkolbentemperatur zu begrenzen, aber eine ungünstige Reflektorauslegung kann trotzdem z.B. den Brenner überhitzen, ohne die Außenkolbentemperatur wesentlich zu ändern. (siehe auch Kapitel 7.9 „Optisches Design von Reflektoren“)

Ein Hinweis auf eine zu eng ausgelegte Leuchte gibt der Vergleich der Lampenbrennspannung gemessen freibrennend außerhalb der Leuchte und in der Leuchte nach einer genügend langen Einbrennzeit. Der dabei gemessene Anstieg der Lampenbrennspannung bei Lampen $\leq 400\text{ W}$ in der Leuchte soll dabei 5 V nicht übersteigen.

Lampen mit Leistungsaufnahme $\geq 1000\text{ W}$ mit Außenkolben haben bei freibrennendem Betrieb und bei Betrieb in Leuchten keinen nennenswerten Brennspannungsunterschied. Über die Lebensdauer kann aber infolge von Verschmutzung des Außenkolbens durch Abdampfung aus Leuchtenbauteilen die Brennspannung der Lampen stärker ansteigen als im freibrennenden Betrieb. Dieser Anstieg ist vom Grad der Oberflächenverschmutzung der Lampe abhängig und kann daher nicht beziffert werden. Zur Vermeidung dieses Effekts wird die Verwendung von Temperatur- und UV beständigen Materialien in der Leuchte empfohlen.

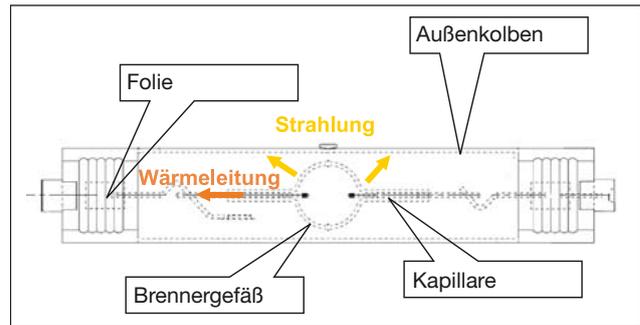


Abbildung 33: schematische Darstellung der thermischen Kopplung von Brenner und Außenkolben

7.1.2 Messung mit Thermoelement

Die Messung mit Thermoelement ist eine einfache, praktikable Methode, um die Messwerte zu ermitteln.

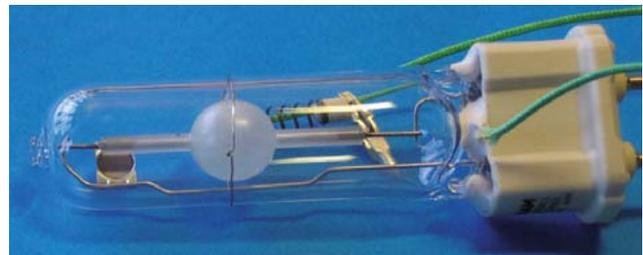


Abbildung 34: Anbringung der Thermoelemente auf dem Außenkolben und dem Sockel



Abbildung 35: Spannen des Thermoelementes auf dem Außenkolben mittels eines Federelementes

Bei Messung mit einem Thermoelement ist zu beachten:

- Guter Kontakt mit der zu messenden Fläche
- Geringer Wärmeabfluss aus der Verbindungsstelle und damit
 - Thermoelementdraht geringen Durchmessers
 - Thermoelementdraht parallel zur Messfläche
- Bei Messung der AK-Temperatur ist bei der Auswertung die Bestrahlung zu beachten (Abkühlkurve).

Das Thermoelement auf dem Außenkolben wird über die Temperatur des anliegenden Quarzglas hinaus durch die Strahlung des Brenners aufgeheizt. Nach Abschalten der Lampe kühlt das Thermoelement wegen der geringen Wärmekapazität schnell auf die Temperatur des Quarzglas ab und kühlt dann mit dem Quarz langsam herunter wie in Abbildung 36 und Abbildung 37 zu sehen ist. Aus der Extrapolation des flachen Teils der Abkühlkurve zurück zum Ausschaltzeitpunkt kann man auf die Temperatur des Außenkolbens im Betrieb schließen.

Die Messung muss unter ungünstigsten Bedingungen, d.h. bei der Quetschungstemperatur hängende Brenn- lage, bei der AK-Temperatur horizontale Brenn- lage (in Richtung zum Leuchtenreflektor) stattfinden.

Einhaltung der Außenkolbentemperatur reicht nicht immer aus für die Konstruktion einer „guten“ Leuchte.

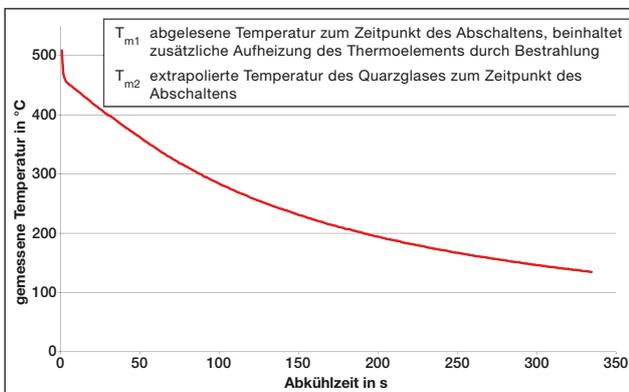


Abbildung 36: Abkühlkurve der HCI®-T 150 W/830 PB in geschlossener Leuchte, Lampenleistung 180 W

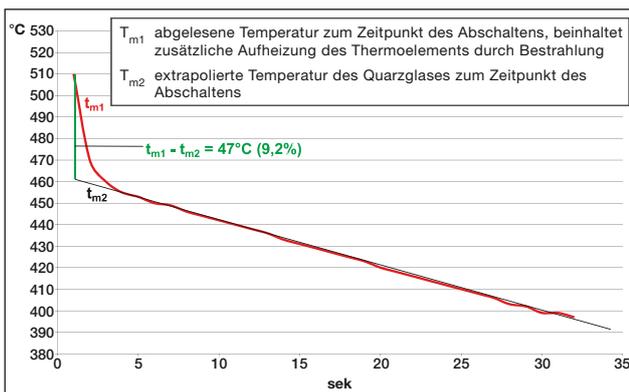


Abbildung 37: Vergrößerter Ausschnitt aus Abbildung 36

7.1.3 Messpunkte für Thermoelement der verschiedenen Lampentypen

Die jeweiligen Grenzwerte sind in den Technischen Informationen angegeben.

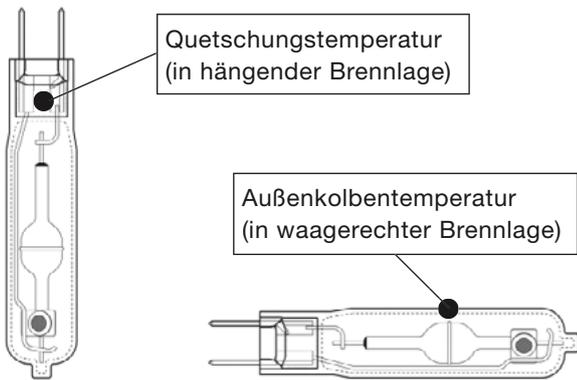
Die Messwerte sind unter jeweils ungünstigsten Bedingungen zu ermitteln.

Einflüsse auf die Lampenleistung haben dabei die Versorgungsspannung und die Drosselimpedanz. Eine niedrigere Drosselimpedanz sowie eine höhere Versorgungsspannung bewirken jeweils einen Anstieg der Lampenleistung. Da die Grenztemperaturen mit steigender Lampenleistung ebenfalls ansteigen, ist der ungünstigste Fall bei maximal erreichbarer Lampenleistung zu ermitteln. Um alle Einflußgrößen wie Drosselimpedanz, Lampenleistungsstreuung und Versorgungsspannungstoleranz abzudecken, ist zur Messung eine Lampenleistung von etwa 20 % über der Nominalleistung einzustellen.

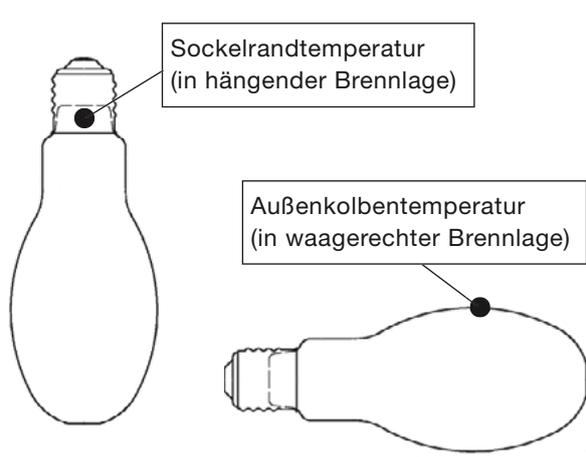
Die gemessenen Temperaturen unterscheiden sich abhängig von der Brenn- lage. Die jeweils ungünstigste Brenn- lage ist bei der Quetschungs- bzw. Sockelrand- temperatur die hängende und bei der Außenkolben- temperatur die horizontale Brenn- lage, sofern die er- laubten Brenn- lagen dies zulassen.

Bereits mit Thermo- elementen präparierte Temperatur- messlampen können auf Anfrage gegen einen Kosten- beitrag von OSRAM bezogen werden.

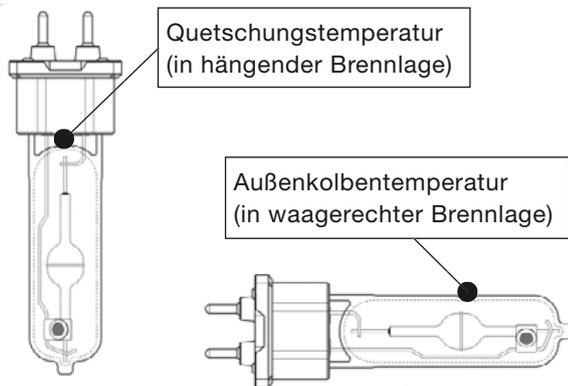
7.1.3.1 HCl®-TC G8.5



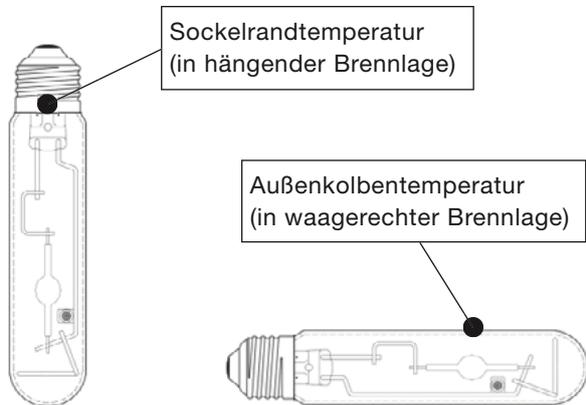
7.1.3.4 HCl®-E und E/P / HQI® E27 und E40



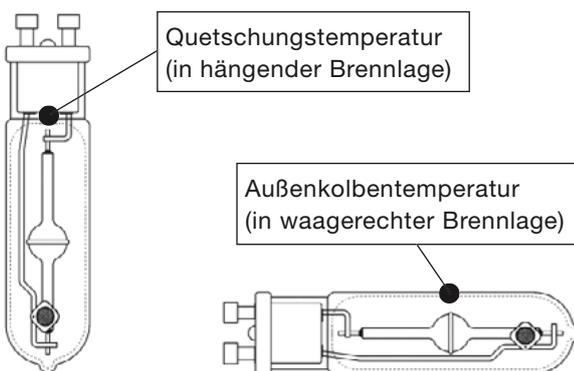
7.1.3.2 HCl®-T / HQI®-T G12
(gilt analog für HCl®-TM und HQI®-TM G22)



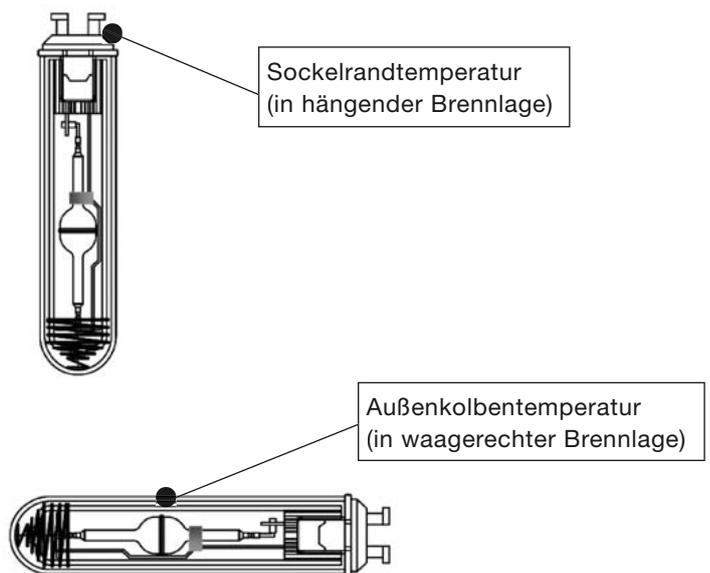
7.1.3.5 HCl®-T und TT / HQI®-T E27 und E40



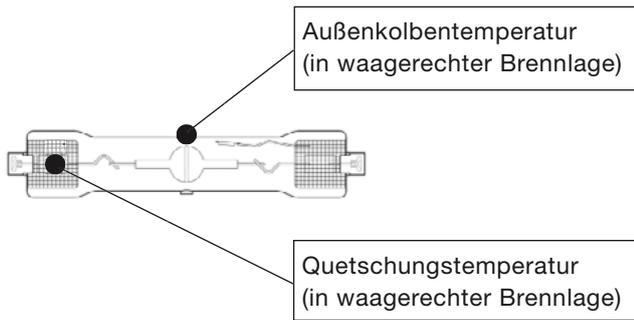
7.1.3.3 HCl®-TF, GU 6.5



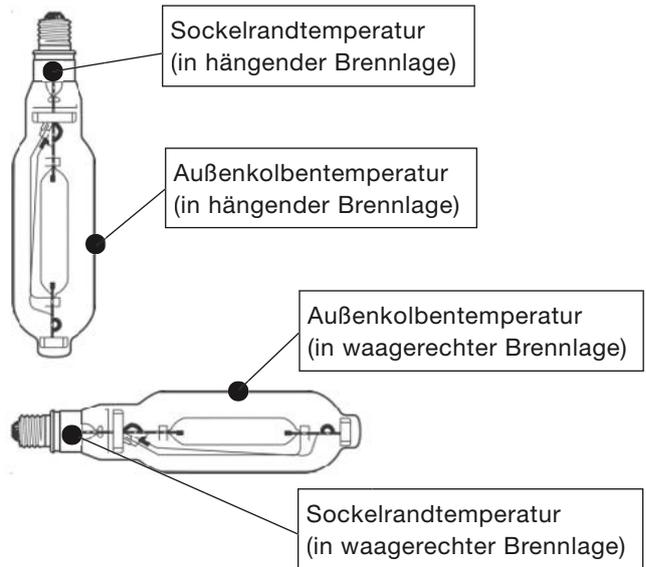
7.1.3.6 HCl®-TX/P



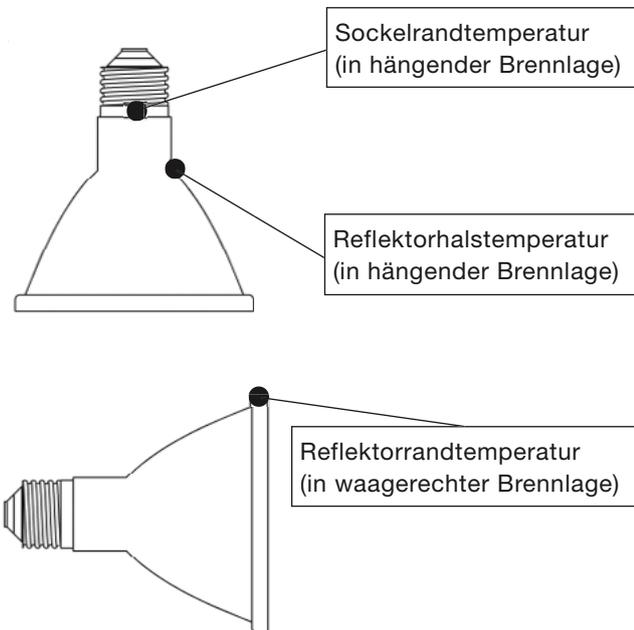
7.1.3.7 HCl®-TS, RX7s, RX7s-24 und HQI®-TS Fc2



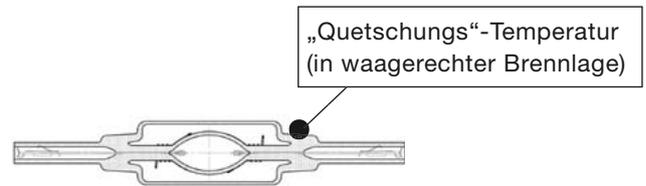
7.1.3.10 HQI®-T, ≥ 1000 W



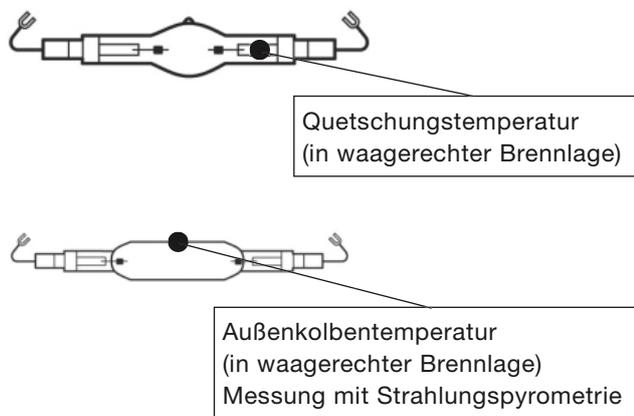
7.1.3.8 HCl®-PAR E27



7.1.3.11 HQI®-TS Excellence



7.1.3.9 HQI®-TS Langbogen und Kurzbogen ≥ 1000 W



Die Grenztemperaturen für Lampen, bei denen jeweils nur eine Brennlage zugelassen wird, werden in der zugelassenen Brennlage ermittelt.

7.2 Einfluss der Umgebungstemperatur auf Vorschaltgeräte und Leuchte

Mit steigender Umgebungstemperatur steigen in gleichem Maße die Temperaturen der Bauteile in der Leuchte an. Die Lampe reagiert auf eine erhöhte Umgebungstemperatur mit einer Brennspannungs- und Lampenleistungssteigerung. Durch diese können Korrosions- und Alterungsprozesse schneller ablaufen. Eine erhöhte Wiedertzündspitze führt dazu, dass Ausfälle wegen Verlöschens zu einem früheren Zeitpunkt im Verlauf der Lebensdauer stattfinden.

Höhere Temperaturen an Drossel und Zündgerät bedeutet verringerte Lebensdauer dieser Bauteile bzw. auch frühzeitige Ausfälle. Die Grenztemperaturen für Drosseln liegen im Allgemeinen bei 130 °C, für Zündgeräte bei 70 °C bis 105 °C (Herstellerangaben beachten). Durch eine höhere Umgebungstemperatur werden vermehrt Leuchten wegen Auslösens der Thermosicherung ausgeschaltet.

Es ist also davon auszugehen, dass die hohe Umgebungstemperatur einen merklichen negativen Einfluss auf die Lebensdauer von Lampe und Leuchte hat.

Die Konstruktion der Leuchte hat großen Einfluss auf die Temperatur der Bauteile. So sorgt die Montage von hitzeerzeugenden Bauteilen wie der Drossel und Filterspulen auf gut wärmeleitenden Materialien mit ausreichend Ventilationsöffnungen für eine genügende Wärmeabfuhr. Zwischen temperaturempfindlicheren Bauteilen wie Zündgerät und Kondensatoren und hitzeerzeugenden Bauteilen sollten größtmögliche Abstände eingehalten werden. Gegebenenfalls ist eine Zwangskühlung durch Ventilatoren vorzusehen.

Am Lebensdauerende der Lampen können bei Außenkolbenentladungen im Quetschbereich der Lampe dort höhere Temperaturen als im Normalbetrieb auftreten (Siehe auch Kapitel 6.2 Ausfallmechanismen von Halogen-Metalllampen). Fassung und nähere Umgebung dieser Stelle müssen für diese Temperaturen ausgelegt sein.

7.3 Lampenfassungen

Halogen-Metallampf- und Natriumdampf-Hochdrucklampen haben sehr unterschiedliche Sockel. Hier sind RX7s, Fc2, G8.5, GX10, GX8.5, GU6.5, G12, G22, GY22, E27, E40 und K12s zu nennen, entsprechend einseitiger oder zweiseitiger Sockelung der Lampen. Für alle Fassungen gilt es, die typischen Bedingungen für Entladungslampen zu berücksichtigen, nämlich hohe Zündspannung und Temperaturen. Die Auswahl und der technisch richtige Einbau von Lampenfassungen nach den entsprechenden Vorschriften (z.B. IEC 60598 / VDE 0711, IEC 60335 / VDE 0700) obliegen dem Anwender. Fassungen bestehen aus mehreren Bauteilen, die jeweils eigene Funktionsgrenzen aufweisen. Eine Überschreitung dieser Grenzwerte verursacht den vorzeitigen Ausfall der Fassungen.

Kritisch sind Temperatur und Zündspannung, weil die Auswirkungen von Grenzwertüberschreitungen oft erst nach längerer Zeit erkennbar werden. Die Lebensdauer nimmt dabei nicht allmählich sondern sprunghaft ab.

Beachten Sie bitte, dass die Lampen in Leistung (zulässig bis +12 %) und Temperatur streuen und dass Zündgeräte nach IEC 60926 Ausgangsspannungen erzeugen dürfen, die bis zu 30 % über dem Nennwert liegen.

• Zündspannungen:

Die Fassung muss für die entsprechende Zündspannung ausgelegt sein.

In der Leuchte müssen bei der Montage der Fassung und der Zuleitungen die dafür erforderlichen Kriech- und Luftstrecken sowie Abstände durch die Isolierung berücksichtigt werden. Die Leuchtvorschrift IEC 60598-1 entsprechend EN 60598-1 definiert die Sicherheitsanforderungen bezüglich Zündspannungen in Verbindung mit Kriech- und Luftstrecken. Besonders beim Einsatz von Hochdrucklampen mit den Edison-Sockeln E27 und E40 muss darauf geachtet werden, dass die Fassungen für Entladungslampen zugelassen sind. Diesbezüglich geeignete Fassungen sind mit dem Wert bis max. „5 kV“ gekennzeichnet und berücksichtigen die von den Fassungsvorschriften EC 60238 bzw. EN 60238 (VDE 0616 Teil 1) geforderten erhöhten Kriech- und Luftstrecken. Entsprechend gelten für die anderen Sockelsysteme die Fassungsvorschriften für Sonderfassungen IEC 60838-1 bzw. EN 60838-1 (VDE 0616 Teil 5).

VORSICHT bei Fassungsbauformen, die auch bei Glühlampen vorkommen, wie z.B. E27 oder R7s. Hier ist die Ausführung für Entladungslampen zu wählen mit entsprechender Zündspannungsfestigkeit.

• Temperaturkennzeichnung Txxx (Dauergebrauchstemperatur)

Dies ist die höchste Temperatur, für welche die Fassung konstruiert wurde. Der Messpunkt der Temperatur bei Sonderfassungen nach 60838-1 (alle Fassungen für Hochdruckentladungslampen außer Edisonfassungen) ist am Fassungskontakt. Wenn die Wärmebeständigkeit von Isolierteilen, Klemmen und Leitungen von dieser Temperatur abweichen, sind separate Werte angegeben. Bei Edisonfassungen (nach IEC 60238) gilt die Bemessungstemperatur für jeden beliebigen Punkt in und an der Fassung.

Am Lampenlebensdauerende können bei Auftreten von Außenkolbenentladungen im Quetschungsbe-
reich höhere Temperaturen als im Normalbetrieb auf-
treten. Die Fassung muss dafür ausgelegt sein (siehe
auch Kapitel 6.2.1 Undichter Brenner).
Bei Austausch einer solchen Lampe ist in jedem Fall
die Fassung auf Beschädigungen zu überprüfen und
gegebenenfalls ebenfalls auszutauschen, da eine
beschädigte Fassung auch die neue Lampe beschä-
digen würde.

• **Bemessungsstrom und Bemessungsspannung**

Die Fassung muss nach den Lampenparametern
ausgesucht werden. Der Bemessungsstrom ist
dabei der höchste Dauerbelastungsstrom und die
Bemessungsspannung ist die höchste Spannung,
für welche die Fassung konstruiert ist.

VORSICHT! Bestimmte Fassungen wie G12 und E27
werden für verschiedene Leistungsstufen einge-
setzt: Bei Einsetzen bzw. Tausch der Lampe ist auf
die richtige Leistungsstufe des Vorschaltgerätes
zu achten, da die Lampe sonst falsch betrieben
werden kann und evtl. die Fassung für die abwei-
chenden Betriebsbedingungen nicht ausgelegt ist.

• **Befestigungsteile**

Die Anschlussteile z. B. Flachsteckhülsen, müssen
gemäß den Anforderungen ausgewählt werden
(z.B. Temperatur, Strombelastung, Korrosions-
beständigkeit).

• **Anschlussleitungen**

Die verwendeten Anschlussleitungen müssen eine
ihren Einsatzbedingungen entsprechende Wärme-
und UV-Beständigkeit, mechanische Festigkeit,
Spannungsfestigkeit sowie Strombelastbarkeit haben.
PTFE-Leitungen sind für Zündspannung normaler-
weise ungeeignet. In der Praxis haben sich für
Entladungslampen silikonisierte Leitungen mit
3,6 mm Außendurchmesser bewährt.

Bei Lampen für sofortige Heißwiederzündung
sollten 7 mm dicke Silikonisierungen mit Glas-
seideeinlage zum Einsatz kommen.

Während des Lampenstarts können die Anlaufströme
kurzfristig die Nominalwerte deutlich überschreiten,
was bei der Auslegung der Fassung berücksichtigt
werden muss. Während des Anlaufens (bis zu
5 Minuten) kann der 1,5 bis 2-fache Betriebsstrom
fließen.

• **Berührungsschutz**

Der Berührungsschutz der Anschlusskontakte
muss durch den Einbau sichergestellt werden,
falls die Fassung alleine dies nicht sicherstellt.

• **Lampenstifte**

Verwenden Sie nur Lampen mit metallisch blan-
ken Kontakten. Oxidierte Kontakte bewirken hohe
Übergangswiderstände und erzeugen höhere Be-
triebstemperaturen. Die Oberfläche der Lampenstif-
te muss glatt sein und darf im Berührungsbereich
mit dem Fassungskontakt keine sichtbaren Spuren

mechanischer Bearbeitung aufweisen, da sonst die
Fassungskontakte beschädigt werden können.

7.4 Zuleitungen zu Leuchten

Bei den Zuleitungskabeln zu den Leuchten ist außer
den ihren Einsatzbedingungen entsprechende Wärme-
und UV-Beständigkeit, mechanische Festigkeit, Span-
nungsfestigkeit sowie Strombelastbarkeit auch auf die
Auswirkung von Kabellängen zu achten. Der Widerstand
des Kabels wächst linear mit der Kabellänge. Der sich
daraus ergebende Spannungsabfall über dem Kabel
verringert die effektiv zu Verfügung stehende Versor-
gungsspannung. Die Auswirkungen sind in Kapitel 3.1.3
„Einfluss von Versorgungsspannungsabweichungen“
beschrieben.

Bei der Auswahl von Leitungen im Lampenstromkreis
sind verschiedene Faktoren zu beachten:

- Den Spannungsabfall über der Zuleitung hängt
von dem fließenden Strom ab und lässt sich
durch Verwendung eines Kabels mit größerem
Querschnitt verringern.
- Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass der Ka-
belwiderstand mit höherer Umgebungstemperatur
ansteigt. So erhöht sich der Widerstand eines
Kupferkabels bei einem Temperaturanstieg von
25 °C um 10 %.
- Der Spannungsabfall ist über Hin- und Rückleitung
zu beachten.
- 230 V Systeme reagieren sensibler auf zusätzliche
Leitungswiderstände als 400 V Systeme.

In Anwendungen mit hohen Ansprüchen an eine mög-
lichst geringe Farbstreuung sollten die Versorgungsbe-
dingungen etwa gleich, d.h. die Versorgungsspannung
bzw. die Leitungswiderstände äquivalent sein.

**7.5 Wartung von Beleuchtungsanlagen mit Halogen-
Metallampfen**

Seit März 2003 gilt die Norm EN 12464-1 für die Innen-
beleuchtung europaweit. Wird eine Beleuchtungsan-
lage nach dieser Norm geplant, so ist u.a. die Erstellung
eines Wartungsplanes erforderlich. Dabei werden die
Einflüsse berücksichtigt, die zu einem Lichtstromrück-
gang der Anlage im Verlaufe der Lebensdauer führen,
wie Verschmutzung von Leuchten und Raum, aber
auch Alterung der Lampen und ein Anteil an Leucht-
mittelausfällen. Dabei ersetzt der Wartungsfaktor den
bisherigen Planungswert.

$$\text{Wartungsfaktor WF} = \text{LLWF} \times \text{LLF} \times \text{LWF} \times \text{RWF}$$

LLWF = Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor

LLF = Lampen-Überlebensfaktor

LWF = Leuchten-Wartungsfaktor

RWF = Raumwartungsfaktor

Beispiel für einen Wartungsplan

Wartungsplan

Nur durch eine regelmässige Wartung kann die Einhaltung normgerechter Beleuchtungsstärken gemäß EN 12464 für die Beleuchtungsanlage sichergestellt werden. Die nachfolgend aufgeführten Wartungsintervalle sind daher zu beachten.

Raum

Umgebungsart: Normal
Wartungsintervall: alle 2 Jahre

Leuchte XXX

Einfluss der Reflexionen von den Raumflächen: mittel (Raumindex $1.1 < k < 3.75$)
Leuchtencharakteristik: Direkt
Reflektortyp: B - Oben offener Reflektor
Lampentyp: Halogenmetaldampflampe (CIE)
Vorschaltgerät: KVG
Betriebsstunden pro Jahr: 1000
Wartungsintervall (Leuchte): alle 2 Jahre
Wartungsintervall (Lampe): alle 3.5 Jahre
Ausgefallene Lampen werden umgehend ersetzt: Ja
Wartungsfaktor: 0.61

Hinweise zur Wartung:

Leuchtmittel müssen durch Lichtquellen mit denselben Kenngrössen (Lichtstrom, Lichtfarbe, Farbwiedergabe) ersetzt werden. Vorhandene Starter sind beim Lampenwechsel ebenfalls auszutauschen.

Der Raum sowie die lichtlenkenden Oberflächen sind so zu warten, dass die ursprünglichen Reflexionsgrad-eigenschaften erhalten bleiben.

Die Reinigungshinweise der Hersteller sind zu beachten.

Maßnahmen, um ein gefordertes Mindestbeleuchtungsniveau einzuhalten sind regelmäßige Raum- und Leuchtenreinigung, aber auch ein rechtzeitiger Austausch der Lampen. Der rechtzeitige Austausch von Lampen hat auch den Vorteil, dass unerwünschte Effekte am Lebensdauerende der Lampen weitestgehend vermieden werden können.

Für die Erstellung des Wartungsplanes spielt die Abnahme des Lichtstromes im Verlauf der Lampenlebensdauer in Form des Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor (LLWF) eine Rolle.

Von der CIE wurde dabei für Halogen-Metaldampflampen allgemein ein Lichtstromverlauf angegeben, in dem z.B. bei 9000 h ein Wartungsfaktor von 0,68 angegeben wird.

Wegen des geringeren Lichtstromrückganges von POWERBALL HCl® über die Lebensdauer gegenüber der Standard-Halogen-Metaldampflampe mit zylindrischen Brenner ist der Wartungsfaktor hier bei 9000 h noch bei 0,8.

In der Praxis ergeben sich dadurch im Beispiel folgende Anwendungsfälle (siehe auch Tabelle 2):

Um im Verlauf der Lebensdauer unter Berücksichtigung der Reinigungs- und Wechselintervalle immer mindestens 500 lx zu erreichen, muss man anfänglich aufwenden:

- Standardlampe und Lampenwechsel nach 3 Jahren, also bei einem LLWF von 0,68 (Fall 1):
962 lx *ca. 17% höhere Beleuchtungsstärke, d.h. mehr Leuchten*
- POWERBALL HCl® und Lampenwechsel nach 3 Jahren, also bei einem LLWF von 0,8 (Fall 2):
820 lx
- Standardlampe und Lampenwechsel bei einem LLWF von 0,8 , hier nach 14 Monaten (Fall 3):
820 lx Lampenwechsel *bereits nach 14 Monaten*, da bei 3500 h bereits 80 % des Anfangslichtstromes unterschritten werden.

Tabelle 2: Vergleich von Wechselintervallen für verschiedene Lampentypen

		Fall 1	Fall 2	Fall 3
Lampe HCl-T 70 W/830 PB	Wartungsintervall	3 Jahre	3 Jahre	1 Jahr 2 Monate
	Betriebsstunden /Jahr	3000	3000	3000
	Sofortwechsel defekter Lampen	ja	ja	ja
	LLWF	nach CIE	POWERBALL HCl®	nach CIE
RWF		0,95	0,95	0,95
LWF		0,8	0,8	0,8
LLF		1	1	1
LLWF		0,68	0,8	0,8
WF		0,52	0,61	0,61

Angaben zum Lichtstromverhalten und zur Überlebensrate finden sich in den Produktdetails zu den Lampen im Onlinekatalog.

7.6 Normen und Richtlinien für Entladungslampen

Das internationale Gremium für die Abfassung von Normen im Bereich der Elektrotechnik ist die IEC (International Electro technical Commission). Europäische Normen (EN) sind in der Regel identisch mit IEC-Normen. Zusätzlich zu dem von IEC übernommenen Inhalt enthalten EN die Aufforderung, entgegenstehende nationale Normen in einem angegebenen Zeitraum zurückzuziehen. Zudem sind die Sicherheit betreffende Normen unter der Niederspannungsrichtlinie gelistet, was maßgeblich für das CE-Zeichen und für Prüfzeichen ist.

OSRAM-Produkte werden gemäß den zutreffenden Normen und in Übereinstimmung mit den geltenden Richtlinien gebaut.

7.6.1 Normen

Die Normen für Lampen und Zubehör werden jeweils in Sicherheits- und Arbeitsweisennormen unterschieden. Während in den Sicherheitsnormen Prüfungen hinsichtlich elektrischer, optischer und thermischer Gefährdung vorgenommen werden, befassen sich die Arbeitsweisennormen mit Themen wie Dimensionierung, elektrische Beschreibung, Lichtstrom, Lebensdauer und Festlegung von Prüfverfahren.

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Normen für den Betrieb von Hochdruckentladungslampen. Es sind die EN aufgeführt; die ihnen entsprechenden IEC-Normen tragen dieselbe Nummer.

Tabelle 3: IEC-Normen und entsprechende deutsche Normen für Entladungslampen und Zubehör

Lampen			
Sicherheit		Arbeitsweise	
DIN EN 62035 (VDE 0715 Teil 10)	Entladungslampen (ausgenommen Leuchtstofflampen) – Sicherheitsanforderungen	DIN EN 60188	Quecksilberdampf-Hochdrucklampen – Anforderungen an die Arbeitsweise
		DIN EN 60192	Natriumdampf-Niederdrucklampen – Anforderungen an die Arbeitsweise
		DIN EN 60662	Natriumdampf-Hochdrucklampen
		DIN EN 61167	Halogen-Metallampfen
		DIN EN 61549 (VDE 0715-12)	Sonderlampen

Socket, Fassungen, Lehren	
DIN EN 60061-1	Lampensockel und -fassungen sowie Lehren zur Kontrolle der Austauschbarkeit und Sicherheit; Teil 1: Lampensockel
DIN EN 60061-2	Lampensockel und -fassungen sowie Lehren zur Kontrolle der Austauschbarkeit und Sicherheit; Teil 2: Lampenfassungen
DIN EN 60061-3	Lampensockel und -fassungen sowie Lehren zur Kontrolle der Austauschbarkeit und Sicherheit; Teil 3: Lehren
DIN EN 60061-4	Lampensockel und -fassungen sowie Lehren zur Kontrolle der Austauschbarkeit und Sicherheit; Teil 4: Leitfaden und allgemeine Informationen
DIN EN 60238 (VDE 0616-1)	Lampenfassungen mit Edisongewinde
DIN EN 60399	Mantelgewinde für Lampenfassungen mit Schirmträgerring
DIN EN 60838-1 (VDE 0616-5)	Sonderfassungen

Zubehör			
Sicherheit		Arbeitsweise	
DIN EN 60155 (VDE 0712-101)	Glimmstarter für Leuchtstofflampen	DIN EN 60155 (VDE 0712-101)	Glimmstarter für Leuchtstofflampen
DIN EN 61048 (VDE 0560-61)	Geräte für Lampen – Kondensatoren für Leuchtstofflampen- und andere Entladungslampenkreise – Allgemeine Anforderungen und Sicherheitsanforderungen	DIN EN 61049 (VDE 0560-62)	Kondensatoren für Entladungslampen-Anlagen, insbesondere Leuchtstofflampen-Anlagen – Leistungsanforderungen
DIN EN 61347-1 (VDE 0712-30)	Geräte für Lampen – Teil 1: Allgemeine und Sicherheitsanforderungen	–	
DIN EN 61347-2-1 (VDE 0712-31)	Geräte für Lampen – Teil 2-1: Besondere Anforderungen an Startgeräte (andere als Glimmstarter)	DIN EN 60927 (VDE 0712-15)	Geräte für Lampen – Startgeräte (andere als Glimmstarter) – Anforderungen an die Arbeitsweise

Zubehör			
Sicherheit		Arbeitsweise	
DIN EN 61347-2-4 (VDE 0712-34)	Geräte für Lampen – Teil 2-4: Besondere Anforderungen an gleichstromversorgte elektronische Vorschaltgeräte für die Allgemeinbeleuchtung	DIN EN 60925 (VDE 0712-21)	Gleichstromversorgte elektronische Vorschaltgeräte für röhrenförmige Leuchtstofflampen
DIN EN 61347-2-5 (VDE 0712-35)	Geräte für Lampen – Teil 2-5: Besondere Anforderungen an gleichstromversorgte Vorschaltgeräte für die Beleuchtung öffentlicher Verkehrsmittel		
DIN EN 61347-2-6 (VDE 0712-36)	Geräte für Lampen – Teil 2-6: Besondere Anforderungen an gleichstromversorgte elektronische Vorschaltgeräte für die Beleuchtung von Luftfahrzeugen		
DIN EN 61347-2-9 (VDE 0712-39)	Geräte für Lampen – Teil 2-9: Besondere Anforderungen an Vorschaltgeräte für Entladungslampen (ausgenommen Leuchtstofflampen)	DIN EN 60923 (VDE 0712-13)	Geräte für Lampen – Vorschaltgeräte für Entladungslampen (ausgenommen röhrenförmige Leuchtstofflampen) – Anforderungen an die Arbeitsweise
DIN EN 61347-2-12 (VDE 0712-42)	Geräte für Lampen – Teil 2-12: Besondere Anforderungen an gleich- oder wechselstromversorgte elektronische Vorschaltgeräte für Entladungslampen (ausgenommen Leuchtstofflampen)		

Leuchten	
DIN EN 60598-1 (VDE 0711-1)	Leuchten – Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen

EMV	
DIN EN 55015 (VDE 0875 Teil 15-1)	Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen und ähnlichen Elektrogeräten
DIN EN 61547 (VDE 0875 Teil 15-2)	Einrichtungen für allgemeine Beleuchtungszwecke – EMV-Störfestigkeitsanforderungen
DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2)	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-2: Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme (Geräte-Eingangsstrom ≤ 16 A je Leiter)

Nicht alle Lampen sind in den Lampennormen per Datenblatt erfasst, jedoch gilt der Anwendungsbereich jeder Norm für alle Lampen des jeweiligen Typs.

Mit Vibrations- und Stoßtests befasst sich die IEC 60068-2-6 Fc und IEC 60068-2-29 Eb.

7.6.2 Richtlinien

„CE“ steht für „Communauté Européenne“ (Europäische Gemeinschaft) und stellt die Übereinstimmung eines Produktes mit den jeweils maßgeblichen Euro-

päischen Richtlinien dar; das CE-Zeichen richtet sich an Behörden und wird vom Hersteller angebracht. Die CE-Kennzeichnung wurde vorrangig geschaffen, um im freien Warenverkehr dem Endverbraucher sichere Produkte innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraumes (EWR) und der darin befindlichen Europäischen Gemeinschaft (EG) zu gewährleisten. Die CE-Kennzeichnung wird häufig als „Reisepass“ für den europäischen Binnenmarkt bezeichnet. Für Produkte der Beleuchtung sind die maßgeblichen, mit der Anbringung des CE-Zeichens als erfüllt bestätigte Richtlinien, die Richtlinie über Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV, 89/336/EWG) und die Richtlinie

für Elektrische Betriebsmittel (73/23/EWG), letztere auch „Niederspannungsrichtlinie“ genannt. Die Niederspannungsrichtlinie fordert, dass das Produkt keinen Schaden an Personen, Tieren und Dingen verursacht. Die Einhaltung der Niederspannungsrichtlinie kann durch die Erfüllung der Sicherheitsnormen nachgewiesen werden.

OSRAM-Beleuchtungsprodukte, die mit „CE“ markiert sind, erfüllen die Sicherheits- und EMV-Normen, soweit auf das Produkt zutreffend (siehe Tabelle 3).

7.6.3 Zertifikate

Auf Initiative von europäischen Herstellerverbänden haben europäische Prüf- und Zertifizierungsstellen vereinbart, Produkte der Elektrotechnik europaweit einheitlich zu bewerten, um dem Abnehmer des Produktes Sicherheit und Übereinstimmung mit dem Stand der Technik zu signalisieren. So entstand das ENEC-Abkommen und das ENEC-Zeichen (ENEC = European Norms Electrical Certification). Voraussetzung für die Erteilung eines ENEC-Zertifikates ist die Übereinstimmung des Produktes mit den zutreffenden europäischen Sicherheits- und Arbeitsweisenormen. Für die Fertigung ist das Vorhandensein eines QM-Systems (z.B. in Anlehnung an DIN EN ISO 9002) erforderlich. Die jeweilige Zertifizierungsstelle überzeugt sich in regelmäßigen Abständen, ob die Anforderungen dieses Systems eingehalten werden. Die Zahl neben dem ENEC-Symbol identifiziert die zertifizierende Stelle. Alle aktuellen Zertifizierungsstellen, die das ENEC-Abkommen unterzeichnet haben, sind mit den zugeordneten Ländern und mit dem Register ausgestellter ENEC-Genehmigungen auf der ENEC Internethomepage www.enec.com zu finden.

Wird für ein Produkt ein ENEC-Zeichen durch eine Zertifizierungsstelle erteilt, so wird dieses Produkt von den europäischen Zertifizierungsstellen, die am ENEC-Abkommen beteiligt sind, so behandelt, als hätten sie das Produkt selbst geprüft und zertifiziert. Eine weitere Prüfung und Zertifizierung bei einer dieser Stellen ist nicht mehr notwendig.

Die ENEC-Kennzeichnung kann für Leuchten erlangt werden, für die eine Europäische Norm existiert. Leuchtzubehör wie Vorschaltgeräte, Zündgeräte, Lampenfassungen und Kondensatoren können auch eine ENEC-Kennzeichnung erhalten, wenn sie der entsprechenden EN genügen.

7.7 Funkstörungen

Da die verwendeten Leuchten den internationalen Anforderungen wie der CISPR 15 und CISPR-22 A oder B entsprechen müssen, ist die Funkstörung in der Praxis genügend niedrig, so dass keine schädlichen Auswirkungen auf die Umgebung zu erwarten sind.

Zündimpulse von einem Zündgerät ohne Abschaltung können bei defekter Lampe jedoch zu Funkstörungen führen. Für diesen Fall gibt es jedoch keine Vorschriften. Die Störungen können in diesem Fall sehr groß sein. Eine Lösung dafür ist zum einen der zügige Austausch der defekten Lampe oder der Einsatz von Zündgeräten mit Abschaltung. Diese erkennen den Defekt oder ein Nichtvorhandensein der Lampe und schalten das Zündgerät nach einer begrenzten Zeit vergeblicher Zündversuche ab. Um diesen Timer wieder zurück zu setzen, muss das Gerät von Netzspannung getrennt werden.

7.8 RoHS Konformität

Alle Produkte, die OSRAM ab dem 1. Juli 2006 in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union in Verkehr bringt, entsprechen den Anforderungen der EG Richtlinie 2002/95/EG „zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten“ (RoHS).

Unsere Produkte enthalten grundsätzlich kein Cadmium, kein sechswertiges Chrom und keine polybromierten Biphenyle (PBB) oder polybromierten Diphenylether (PBDE) sowie Blei und erfüllen die Anforderungen der Richtlinie für die Verwendung von Quecksilber.

7.9 Optisches Design von Reflektoren

7.9.1 Kondensat der Lampe

Während das Quecksilber in Halogen-Metaldampflampen im hochgebrannten Zustand vollständig verdampft ist, befinden sich die Metallhalogenide in gesättigtem Zustand. Es befindet sich also immer ein Überschuss an kondensierten Metallhalogeniden an der „kältesten Stelle“ (cold spot) im Brenner.

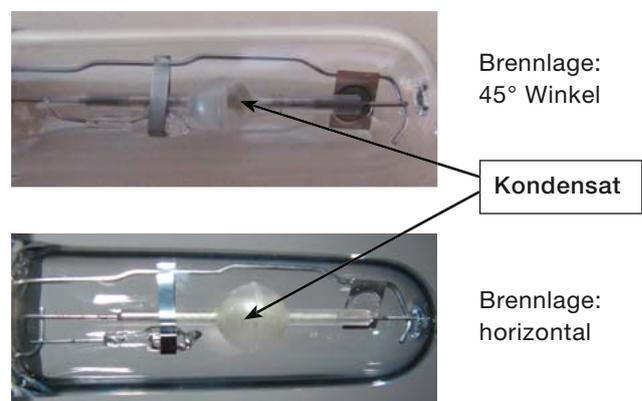


Abbildung 38: Beispiele für Kondensatablagerungen in der Lampe

Das Gleichgewicht zwischen kondensiertem und verdampftem Anteil an Metallhalogeniden hängt von der Brennerwandtemperatur ab. Die kühlfte Stelle im Brenner, an der die Metallhalogenide kondensiert sind, befindet sich üblicherweise an der Unterseite des Brenners.

7.9.2 Abbildung des Kondensats

Die Lichtabstrahlung aus dem Plasma projiziert das Kondensat der Lampe, so dass der Reflektor das ausgesandte Licht für eine gleichmäßige Abstrahlung mischen muss. Besonders in horizontaler Brennlage müssen Strahlungsanteile aus der oberen Brennerhälfte und der unteren Brennerhälfte in der Projektion übereinandergelegt und durchmischt werden. Wird dies nicht vom Reflektor gewährleistet, so wird das Kondensat der Lampe abgebildet und wird beispielsweise an einer weißen Wand als gelber Fleck sichtbar.

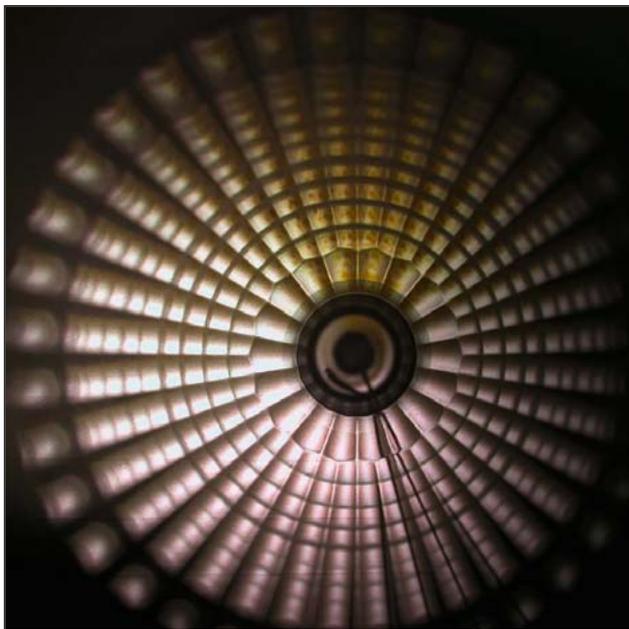


Abbildung 39: Projektion des Kondensats durch den Reflektor

7.9.3 Rückstrahlung auf die Lampe

Bei der Leuchtenkonstruktion ist unbedingt darauf zu achten, dass keine Strahlung auf die Lampe zurückreflektiert wird. Durch die Rückstrahlung können empfindliche Teile der Lampe thermisch überlastet werden, was in der Regel zu ungewöhnlich frühen Ausfällen führt. So kann es etwa bei einer Lampe mit Quarzbrenner zur Brenneraufblasung oder zur Undichtigkeit der Brennerquetschung kommen.

Bei einer Lampe mit Keramikbrenner ist der sog. Einschmelzbereich an den Enden der Kapillaren besonders empfindlich: Hier können Überhitzungen zu verstärkten chemischen Reaktionen und dann zu Sprüngen und Lampenausfällen führen. Ein weiteres empfindliches Bauelement ist der Getter der Lampe.

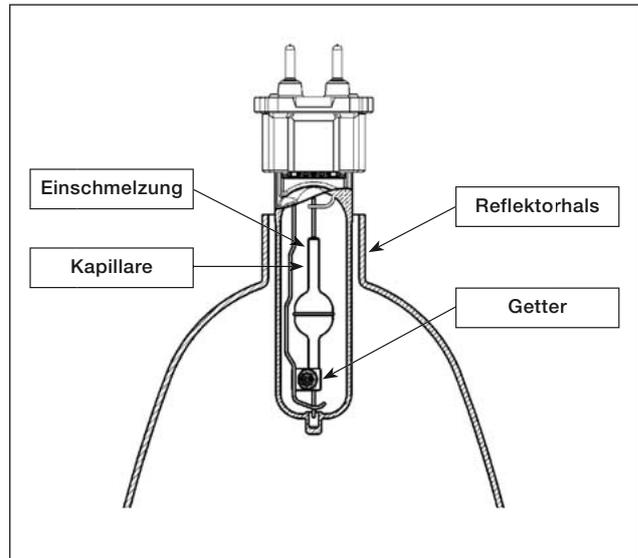


Abbildung 40 : Beispiel für einen Reflektor mit Reflektorhals über den thermisch kritischen Teilen der Lampe

Um festzustellen, ob die Leuchtenkonstruktion die Lampen thermisch unzulässig schädigt, müssen zunächst Messungen der Temperatur am Außenkolben und am Sockel bzw. an der Außenkolbenquetschung entsprechend den Katalogvorgaben vorgenommen werden, siehe auch Abschnitt 7.1.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass auch, wenn diese an der Außenseite der Lampe gemessenen Temperaturen innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte liegen, noch nicht gesichert ist, dass auch im Inneren der Lampe keine Überhitzung stattfindet.

Insbesondere die Lampe eng umgebende Flächen, wie z.B. Reflektorhalse, Diffusor-Rohre und Blendschutzkappen führen zu Rückstrahlung auf die Lampe. Ebenso kommt es bei elliptischen Reflektoren zu Rückstrahlung auf die Lampe, wenn der Brenner nicht korrekt im Brennpunkt des Reflektors positioniert ist.

In diesen Fällen ist eine Lampenschädigung auch dann möglich, wenn die an der Lampenaußenseite gemessenen Temperaturen innerhalb der Grenzwerte liegen.

Es werden darum folgende Empfehlungen gegeben:

Zur Vermeidung von Blendung dürfen die bei Halogen-Glühlampen oft verwendeten Blendschutzkappen oder Blendschutzringe bei Lampen mit zweiseitigem Brenner, wie etwa HCl[®], nicht verwendet werden. Zum Blendschutz bei diesen Lampen sind stattdessen z.B. Wabenfilter oder am Äußeren der Leuchte angebrachte „Anti-Glare Baffle“ oder „Hoods“ geeignet.

Eine verringerte Blendung kann auch durch Einsatz von Lampen mit Platzerschutz, wie HCl[®]-TX/P, erreicht werden, da hier bei Verzicht auf das Leuchtenfrontglas, die Reflexblendung am Leuchtenfrontglas entfällt.

Zum Erreichen einer farblich homogenen Ausstrahlung sollten facettierte oder mattierte Reflektoren verwendet werden. Die Lampe umgebende Diffusor-Rohre sind ungeeignet.

In Leuchten mit Reflektorgehäuse sollte der Reflektor an der Öffnung glatt abgeschnitten sein und keinen Hals besitzen.

Schwieriger gestalten sich die Fälle, bei denen der Reflektor selbst das Äußere der Leuchte darstellt. Wenn in diesen Fällen Reflektoren mit Reflektorhals verwendet werden, z.B. um die Emission von Streulicht zu verhindern, kommt es z.B. bei Keramiklampen zu einer erhöhten Temperaturbelastung der Einschmelzung in der sockelseitigen Kapillare.

Das Ausmaß der Schädigung hängt von folgenden Parametern ab:

- Ausmaß der räumlichen Überdeckung des Reflektorhalses und der Kapillare: weniger ist besser
- Durchmesser des Reflektorhalses: größer ist besser
- Reflexionsgrad des Reflektorhalses: matt ist besser als spiegelnd
- Gesamtvolumen des Reflektors: größer ist besser

Die von OSRAM angegebenen Lebensdauern gelten ausschließlich für Betrieb in Leuchten, die keine Rückstrahlung auf die Lampe erzeugen. Sie sind bezogen auf einen Schaltrhythmus 11 h EIN, 1 h AUS.

Wenn in der Leuchtenkonstruktion rückstrahlende Bauelemente verwendet werden, kann die Gewährleistung für die Lampen eingeschränkt werden oder ganz entfallen.

Es wird daher empfohlen, sich in unklaren Fällen schon im Konstruktionsstadium mit OSRAM in Verbindung zu setzen.

Bei Leuchten mit rückstrahlenden Bauelementen sollten stets Versuche durchgeführt werden, die Aufschluss geben, ob das Ausmaß der Lampenschädigung zumindest noch als gering angesehen werden kann.

Zweckmäßig sind Brenndauern, die im Vergleich mit nicht rückstrahlenden Leuchten durchgeführt werden. Kommt es hierbei z. B. bei Keramiklampen zu einem frühen Auftreten von sichtbaren Belägen im Außenkolben der Lampe in den zu prüfenden Leuchten, so liegt eine Überhitzung des Brenners durch Rückstrahlung vor.

Da die Ausfallrate von Keramiklampen abhängig von der Schalthäufigkeit ist, lässt sich ein derartiger Leuchtentest durch eine z.B. auf 3 h EIN, 1 h AUS vergrößerte Schalthäufigkeit beschleunigen.

8 Licht und Farbe

Licht ist der Teil des elektromagnetischen Spektrums, der mit dem Auge wahrnehmbar ist. Per Definitionem ist der wahrnehmbare Wellenlängenbereich 380-780 nm, obwohl auch im nahen Infraroten Strahlung als Farbe wahrgenommen werden kann. Ultraviolette und infrarote Strahlung sind Teile, die wie das sichtbare Licht zum elektromagnetischen Spektrum gehören.

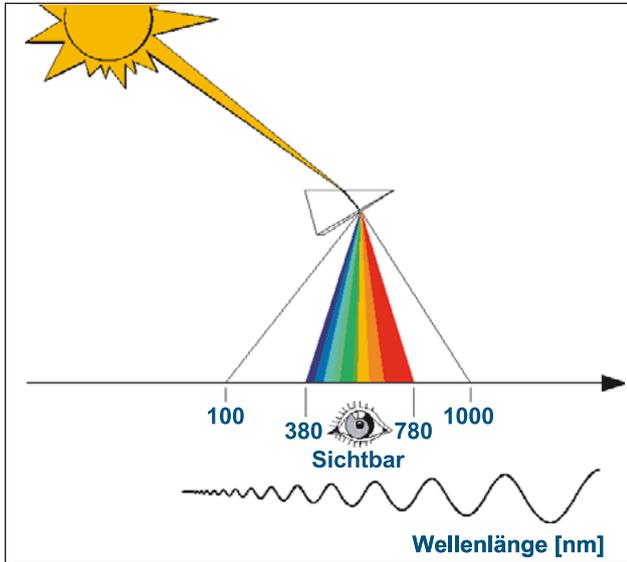


Abbildung 41: sichtbares Licht als Teil des elektromagnetischen Spektrums

Unterschiedliche Wellenlängen können unterschiedlich gut wahrgenommen werden. So ist das Maximum der Empfindlichkeitskurve für Tagessehen bei 555 nm. Die Lichtleistung (Lichtstrom) wird durch Multiplikation der physikalischen Strahlungsleistung mit der Augenempfindlichkeitskurve $V(\lambda)$ (siehe Abbildung 43) ermittelt.

Wenn die gesamte Strahlungsleistung monochromatisch in der Wellenlänge der maximalen Augenempfindlichkeit (555 nm) abgegeben wird, ist die theoretisch maximale Lichtausbeute 683 lm/W. Bei gleichmäßiger Verteilung der Strahlung über den Bereich 380 – 780 nm sind ca. 196 lm/W möglich.

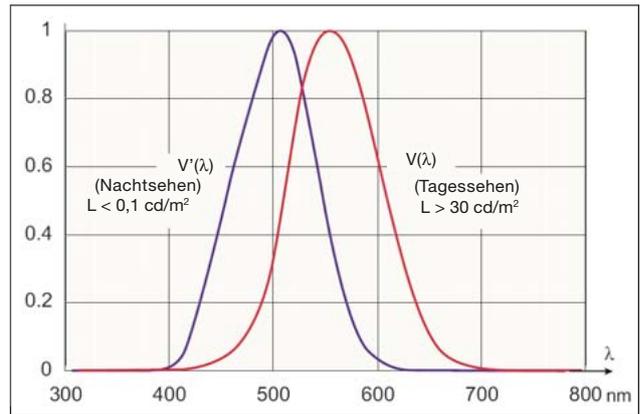


Abbildung 43: Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$ für photopisches Sehen und $V'(\lambda)$ für skotopisches Sehen

Lichtstärke

Die Lichtstärke ist das Maß für die Lichtausstrahlung in einer bestimmten Richtung.

Maßeinheit: 1 Candela (cd) = 1 Lumen/sr

Abbildung 44: Definition der Lichtstärke

Beleuchtungsstärke

Die mittlere Beleuchtungsstärke einer Fläche ist der Lichtstrom pro Flächeneinheit:

$$\text{Lux} = \frac{\text{Lumen}}{\text{m}^2}$$

Abbildung 45: Definition der Beleuchtungsstärke

Lichtstrom

Der Lichtstrom ist die Lichtleistung der Lichtquelle.

Maßeinheit: 1 Lumen (lm)

Abbildung 42: Definition des Lichtstroms

Leuchtdichte

Die Leuchtdichte ist ein Maß für den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer Fläche hat. Maß: 1 Candela/m² (cd/m²)

Die Leuchtdichte hängt von der Größe der vom Auge gesehenen Fläche ab und von der Lichtstärke, die von der Fläche in Richtung Auge abgestrahlt wird.

Abbildung 46: Definition der Leuchtdichte

$$\text{Lichtausbeute} = \frac{\text{Abgestrahltes Licht in Lumen (lm)}}{\text{aufgewandte elektrische Leistung in Watt (W)}} \quad (\text{Gl. 9.1})$$

8.1 Nachtsehen

Der Lichtstrom, gemessen in lumen, ist die abgestrahlte Leistung einer Lichtquelle, die durch das Auge bewertet wird. Sie wird durch Multiplikation der physikalischen Strahlungsleistung mit der Augenempfindlichkeitskurve $V(\lambda)$ bestimmt. Standard-Lichtstrommessungen berücksichtigen die Reaktion des Auges nur bei hohen Beleuchtungsstärken (photopisches Sehen), wie sie für Tageslicht und Innenraumbelichtung typisch sind. Die Lichtstrommessung misst photopisches Licht wie sie von der zentralen Region des Auges wahrgenommen wird.

Wenn das Beleuchtungsniveau sehr niedrig ist, wie z.B. nachts bei Sternenlicht, werden die Sehbedingungen als skotopisch bezeichnet. Unter diesen Umständen verändert sich die Reaktion des Auges. Die Augenempfindlichkeitskurve für niedrige Beleuchtungsniveaus (kleiner als 0.1 cd/m^2) ist die $V'(\lambda)$ Kurve, wie sie in obiger Abbildung zu sehen ist.

Die Empfindlichkeit für rotes und gelbes Licht nimmt ab, während blaues Licht besser wahrgenommen wird. Wenn der Lichtstrom unter photopischen Bedingungen gemessen wurde, entspricht das nicht der Wahrnehmung des Auges bei niedrigen Lichtlevels. Die Reaktion des Auges verändert sich nicht sprunghaft von hohen zu niedrigen Beleuchtungsniveaus. Die Veränderung

ist allmählich wenn sich das Beleuchtungsniveau zu Dämmerlicht und typischen Straßenbeleuchtungsbedingungen verringert. Das wird als mesopisches Sehen bezeichnet und liegt zwischen photopischem und skotopischem Sehen.

Die Veränderung in der Augenempfindlichkeit liegt an dem Vorhandensein von zwei Arten von Lichtempfängern auf der Netzhaut, die Stäbchen und Zäpfchen. Die Stäbchen sind für das Sehen bei niedrigen Beleuchtungsstärken zuständig und befinden sich am peripheren Sehfeld. Die Stäbchen sind empfindlich bei skotopischem Licht, während die Zäpfchen bei photopischen Licht reagieren. Deshalb werden bei Verringerung des Beleuchtungsniveaus die Stäbchen aktiver, während die Zäpfchen inaktiver werden.

Die effektiven, gesehene „lumen“ werden unterschiedlich vom gemessenen photopischen Lichtstrom sein. Bei Absenkung des Beleuchtungsniveaus verringern sich die effektiven „Lichtströme“ von z.B. gelben Natriumhochdruckdampflampen, während die effektiven „Lichtströme“ von weißem Licht mit einem höheren Anteil an grünen/blauem Licht ansteigen.

In Abbildung 47 sieht man die Strahlungsleistung einer HCl®-TC 70 W/NDL und einer NAV®-T 400 W Super 4Y, zur Vergleichbarkeit normalisiert auf einen Lichtstrom von 1000 lm. Man sieht hier die relative Verteilung der

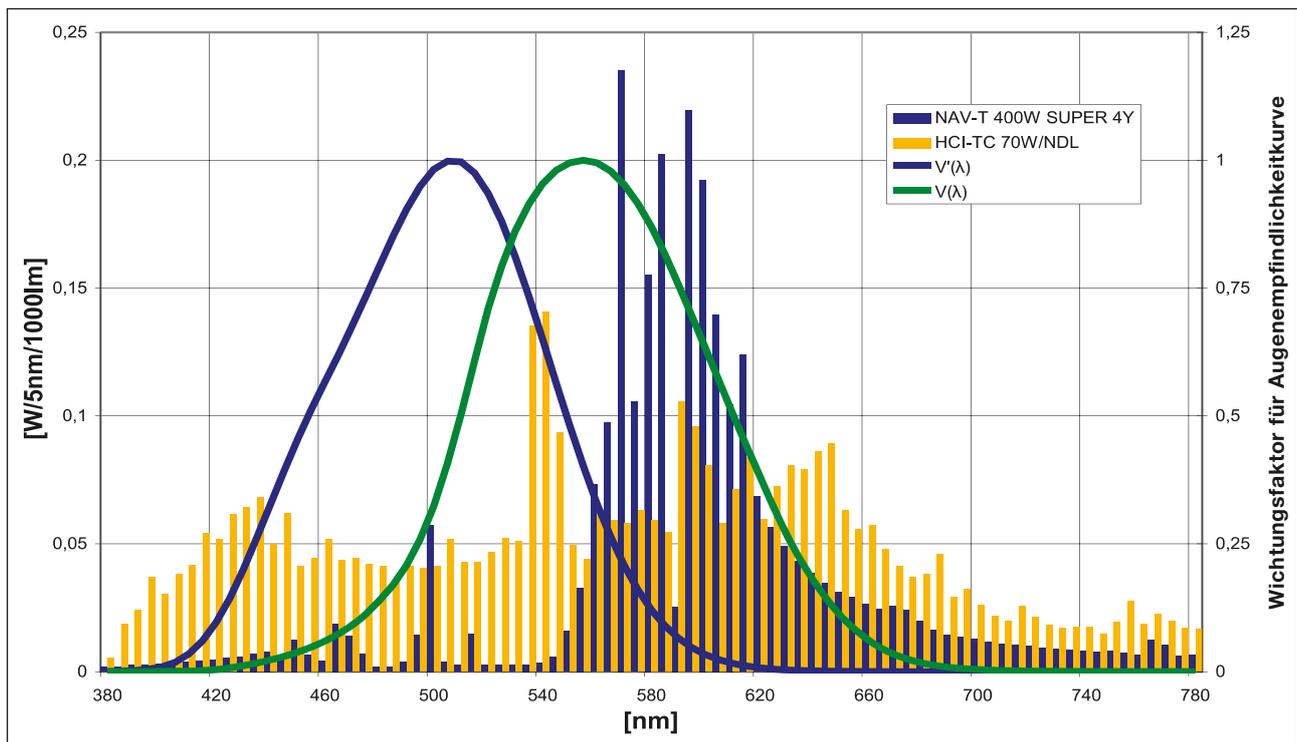


Abbildung 47: physikalische Strahlungsleistung in W pro 1000 lm und pro 5 nm

Strahlung im Spektrum.

In Abbildung 48 ist die physikalische Strahlungsleistung mit der $V(\lambda)$ -Kurve multipliziert worden, um den Lichtstrom pro jeweils 5 nm zu ermitteln. Integriert man die Werte über alle Wellenlängen zwischen 380 nm und 780 nm erhält man die vorgegebenen 1000 lm für beide Lichtquellen.

Die NAV®-Lampe strahlt mehr Licht im Bereich um 580 nm ab, was in der Nähe des Maximums der $V(\lambda)$ Kurve liegt. Dies trägt zu einer hohen Lichtausbeute bei. Andererseits gibt es einige Lücken im Spektrum besonders im blauen Teil des Spektrums, was für die schlechtere Farbwiedergabe im Vergleich zur Halogen-Metaldampflampe verantwortlich ist.

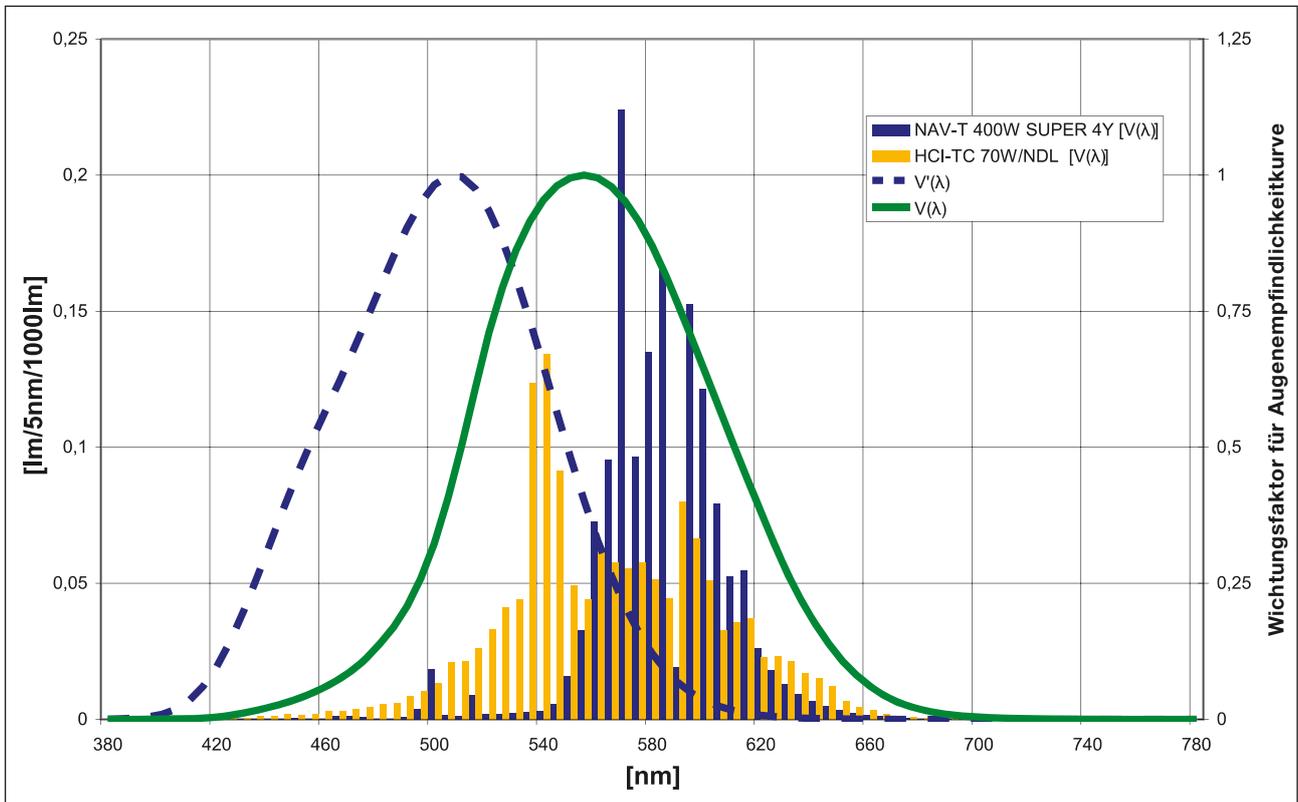


Abbildung 48: relativer Lichtstrom in lumen pro 1000 lm und pro 5 nm

In Abbildung 49 wurde die Strahlungsleistung mit der $V'(\lambda)$ -Kurve für Beleuchtungsniveaus unter $0,1 \text{ cd/m}^2$ multipliziert. Man kann erkennen dass das wahrgenommene Beleuchtungsniveau der Halogen-Metaldampflampe viel höher ist (in diesem Beispiel etwa dreimal höher) als das der Natriumdampfhochdrucklampe.

Beleuchtungsniveaus in der Straßenbeleuchtung sind höher als $0,1 \text{ cd/m}^2$, es ergibt sich also eine Empfindlichkeit zwischen der für photopisches und skotopisches Sehen.

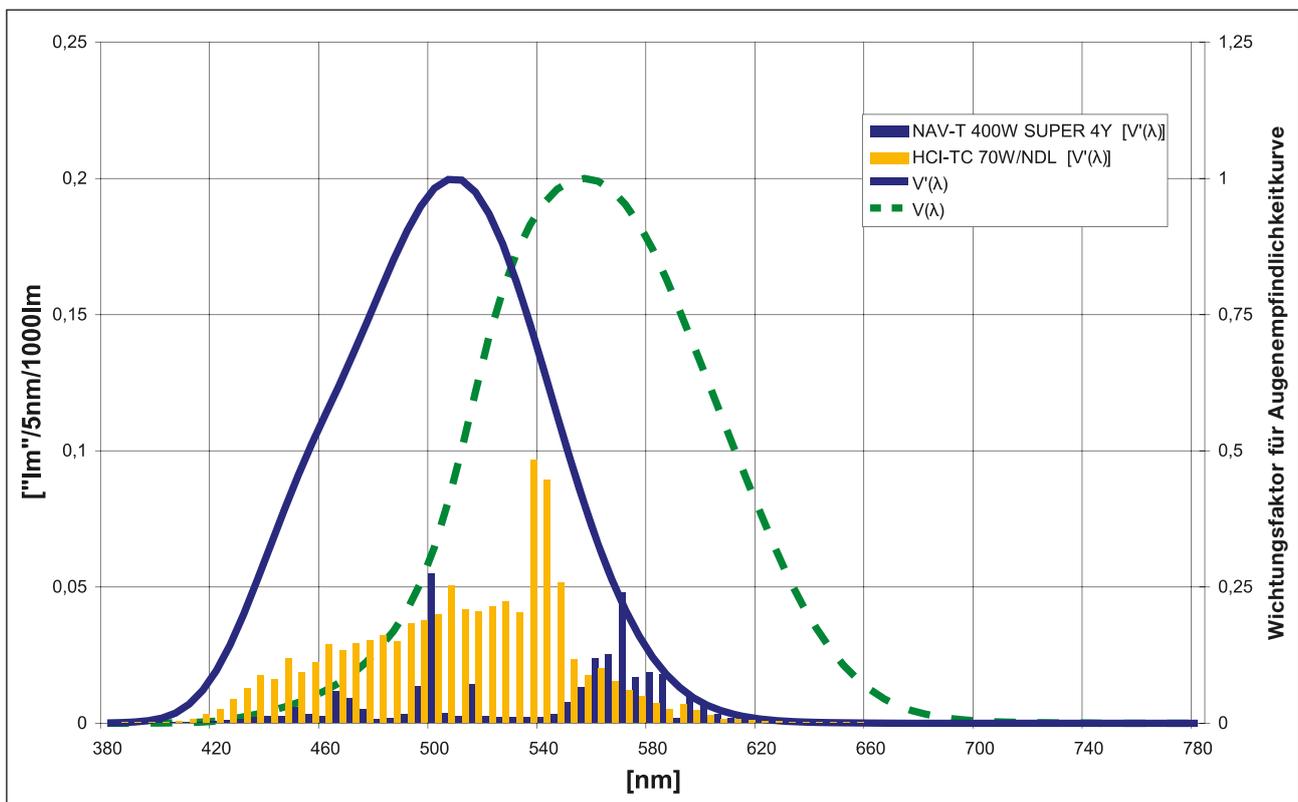


Abbildung 49: Äquivalent zum Lichtstrom unter Berücksichtigung einer Augenempfindlichkeitskurve bei niedrigen Beleuchtungsniveaus $V'(\lambda)$

8.2 Farbwiedergabe

Farbe ist ein durch das Auge vermittelter Sinneseindruck. Die Bewertung eines Farbreizs durch das Auge führt zu einer einheitlichen Wirkung (Farbvalenz). Diese lässt sich durch Farbmaßzahlen beschreiben (z.B. x, y und z im CIE-1931-Farbraum bzw. im CIE-1976-Farbraum oder L, a und b im CIE-1976-(L*a*b*)-Raum oder W, U und V im Farbenraum CIE 1964 (W*, U*, V*)). Die Farbempfindung (der subjektive Eindruck) hängt aber von den Randbedingungen (Farbstimmung, umgebende Flächen, Leuchtdichte) ab.

Die Primärfarben, also gesättigte, monochromatische Farben laufen am Umfang des Farb-„Dreiecks“ (siehe Abb. 50) entlang. Ein idealer schwarzer Körper (oder Planckscher Strahler) strahlt ein elektromagnetisches Spektrum in Abhängigkeit von seiner Temperatur ab. Die damit von der Temperatur abhängige Farbe ist im Planckschen Kurvenzug abgebildet, die sogenannte „Farbtemperatur“. Farben, die auf dem Planckschen Kurvenzug liegen, werden mit der entsprechenden Farbtemperatur gekennzeichnet, Farborte die nur relativ wenig von dem Planckschen Kurvenzug abweichen (innerhalb dem Bereich der Juddschen Geraden, das entspricht einem Abstand von ca. 5,4 Schwellwerteinheiten), werden mit einer ähnlichsten Farbtemperatur gekennzeichnet.

Eine Art der Darstellung des Farbeindrucks ist die Normtafel nach DIN 5033 – Mittelpunktsvalenz.

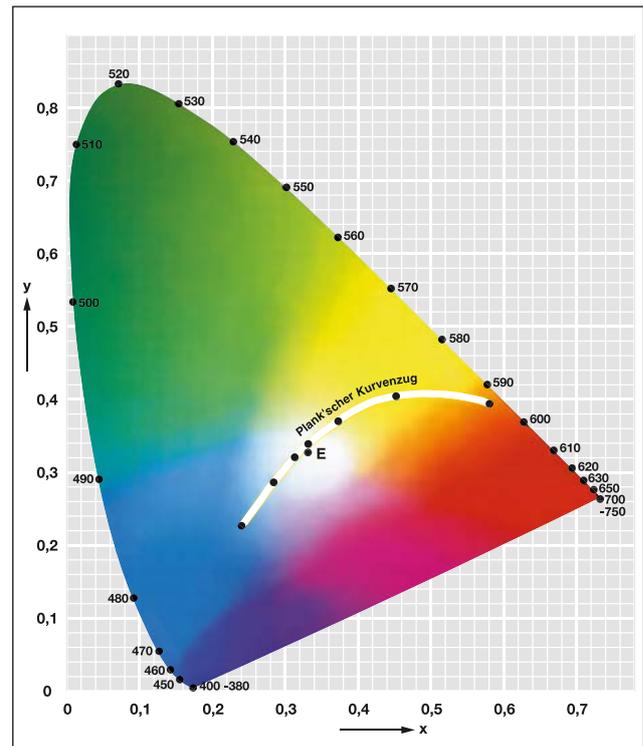


Abbildung 50: Normfarbtafel nach DIN 5033

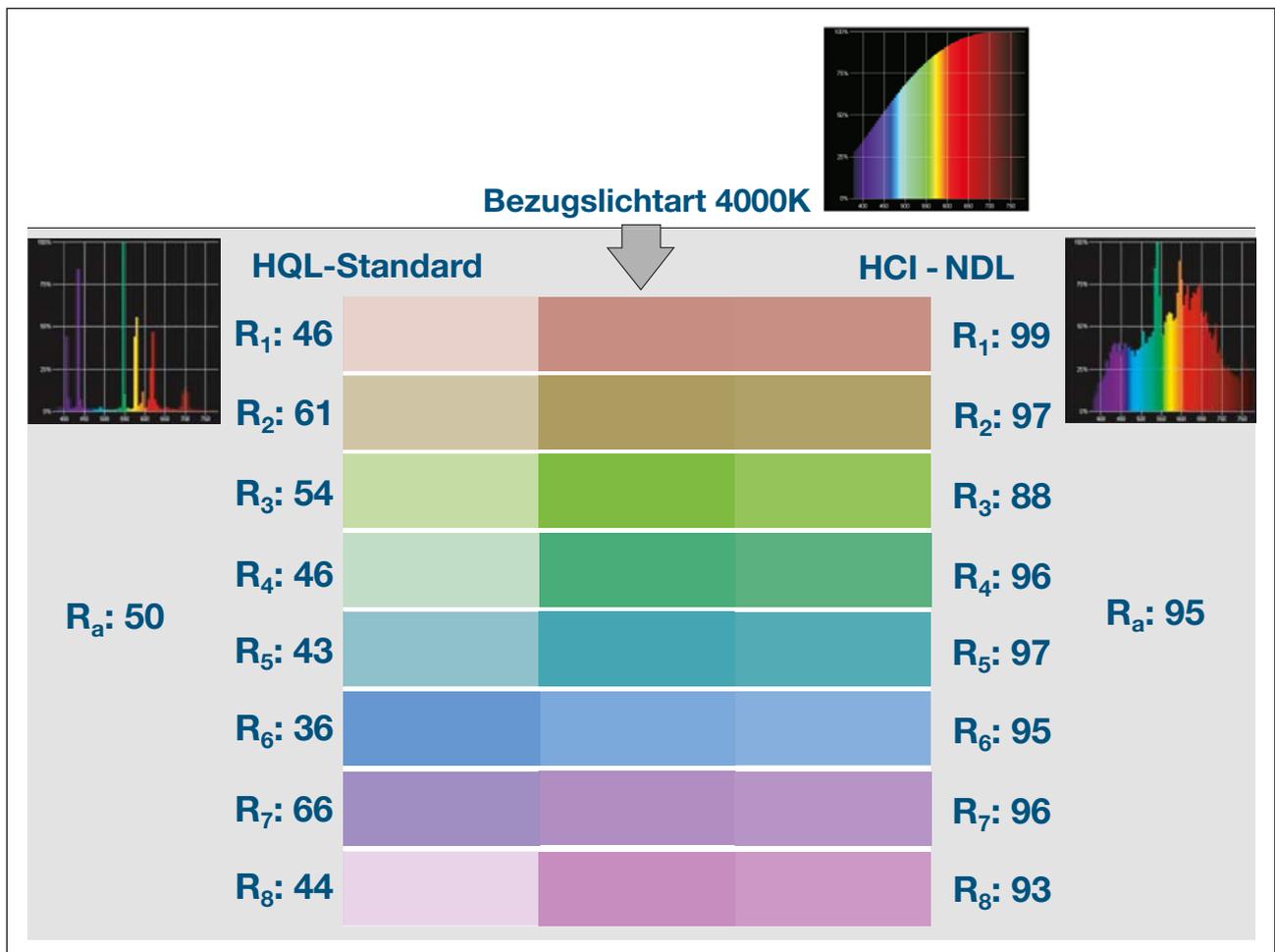


Abbildung 51: Bestimmung der Farbwiedergabeindizes im Vergleich für zwei Lichtquellen

Größere Abweichungen sind bereits mit einem merklichen Farbstich verbunden. Der Abstand zu Planck wird auch als Farbtabstand Δc bezeichnet.

Die Farbwiedergabe wird dadurch bestimmt, dass definierte Testfarben nacheinander mit einer Referenzlichtquelle (einem idealen Planckschen Strahler mit der Temperatur und damit Farbtemperatur der Testlichtquelle) und mit der Testlichtquelle bestrahlt werden (siehe Abb. 51). Es wird die spezielle Farbverschiebung ΔE_i im gleichförmigen Farbenraum CIE 1964 (W^* , U^* , V^*) für jede Testfarbe i bestimmt.

Der spezielle Farbwiedergabe-Index R_i wird wie folgt bestimmt:

$$R_i = 100 - 4,6 \Delta E_i$$

Jeder spezielle Farbwiedergabeindex kann also maximal den Wert 100 erreichen, wenn die Testfarbe unter Referenz- und Testlichtquelle gleich erscheint. Bei stärkerer Abweichung (und damit größerem ΔE_i) können auch negative Werte erreicht werden (siehe Abb. 52).

8.2.1 Testfarben aus der Norm DIN 6169

Das arithmetische Mittel aus den ersten 8 Testfarben (siehe Tabelle 4) ergibt den allgemeinen Farbwiedergabeindex R_a .

Aus dem allgemeinen Farbwiedergabeindex ergibt sich die Farbwiedergabestufe von Lichtquellen wie in Tabelle 5.

Tabelle 4: Testfarben aus DIN 6169

Testfarben				
R1 - Altrosa			R2 - Senfgelb	
R3 - Gelbgrün			R4 - Hellgrün	
R5 - Türkisblau			R6 - Himmelblau	
R7 - Asterviolett			R8 - Fließviolett	
Gesättigte Farben und zusätzliche Testfarben				
R9 - Rot			R10 - Gelb	
R11 - Grün			R12 - Blau	
R13 - Hautfarbe			R14 - Blattgrün	

Außer den ersten 8 Farbwiedergabeindex sind in der DIN 6169 weitere Testfarben definiert. Hierbei handelt es sich um vier gesättigte Farben und zusätzliche Testfarben. Die weiteren Testfarben ermöglichen eine genauere Beschreibung der Farbwiedergabeeigenschaften der Lichtquelle. Im Prinzip kann man beliebig viele unterschiedliche Testfarben definieren.

Tabelle 5: Farbwiedergabestufen

Bewertung	Farbwiedergabestufe	Farbwiedergabeindex R_a
sehr gut	1A	≥ 90
sehr gut	1B	80 bis 89
gut	2A	70 bis 79
gut	2B	60 bis 69
weniger gut	3	40 bis 59
weniger gut	4	20 bis 39

Dank einer höheren möglichen Wandbelastung sind bei Verwendung der POWERBALL®-Technologie die Farbwiedergabeeigenschaften gegenüber der Lampe mit zylindrischem, keramischem Brennergefäß sichtbar

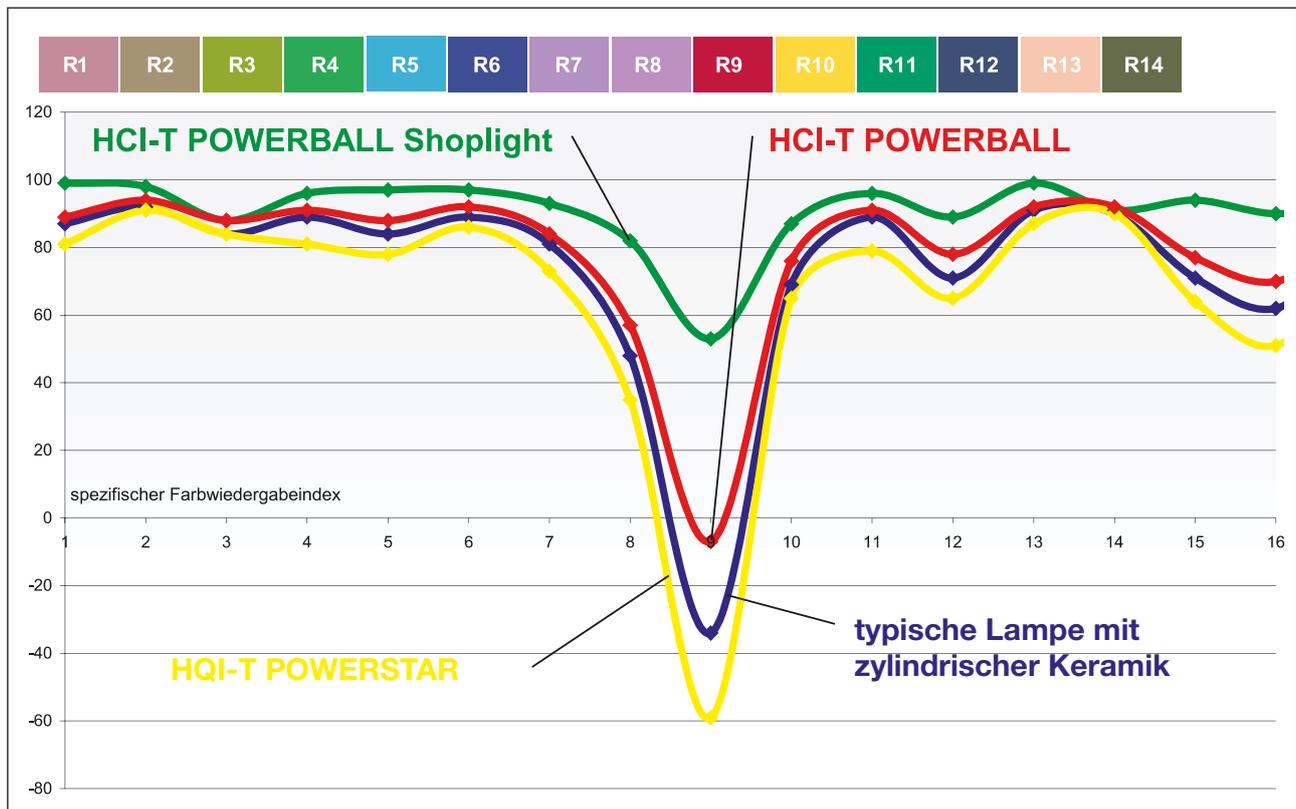


Abbildung 52: Vergleich der spezifischen Farbwiedergabeindizes für verschiedene Halogen-Metall dampflampen

verbessert worden. Eine weitere Steigerung ist durch zusätzliche Anpassung bei der HCl® Shoplight möglich geworden, die die besten Farbwiedergabeeigenschaften aller Halogen-Metaldampflampen erreicht. In Abbildung 52 sind die Werte der Farbwiedergabeindizes 1 bis 14 für vier verschiedene Lampentypen mit der ähnlichsten Farbtemperatur von 3000 K angegeben. Am deutlichsten sind die Vorteile beim Farbwiedergabeindex R9 für gesättigtes Rot zu sehen, aber auch bei den anderen Farbwiedergabeindizes ist die Überlegenheit der POWERBALL®-Technologie zu erkennen.

8.3 Licht und Lebensqualität

Schon seit vielen Jahren weiß man, dass Licht neben den bekannten visuellen Wirkungen auch andere biologische Wirkungen auf den Menschen hat. Die bekannteste davon ist die Beeinflussung des Tag-Nacht-Zyklus. Diese Beeinflussung erfolgt zwar ebenfalls über die Augen, aber nicht über das Sehzentrum im Gehirn, sondern über andere Nervenzellen, welche auf die Zirbeldrüse und damit auf die Bildung des Schlafhormons Melatonin wirken. Durch helles Licht in der Nacht wird die Bildung

von Melatonin unterdrückt, der Melatoninspiegel im Blut sinkt. Man spricht dabei von Melatoninunterdrückung oder Melatonin-suppression. (siehe Abb. 53).

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Bildung bzw. Unterdrückung des Schlafhormons Melatonin durch Licht haben gezeigt, dass neben dem visuellen Pfad, der für das Sehen zuständig ist, ein weiterer nicht-visueller Pfad existiert, der -unabhängig vom visuellen System- die Melatoninproduktion und dadurch den circadianen Rhythmus (Tageslichtrhythmus) steuert.

Während der visuelle Pfad direkt vom Auge über den Sehnerv ins Sehzentrum im Gehirn führt, ist der nicht-visuelle Pfad über den suprachiasmatischen Nucleus (SCN) an die Zirbeldrüse gekoppelt und steuert so die Melatoninproduktion. Dieser Prozess ist relativ langsam mit Zeitkonstanten von mehreren Minuten, während der Sehvorgang innerhalb einiger 10 ms abläuft.

Der SCN ist eine Ansammlung von einigen tausend Nervenzellen und liegt oberhalb (supra) der Kreuzung der Sehnerven (Chiasma). Er gilt heute als der hauptsächliche Regulator der inneren Uhr (Masterclock).

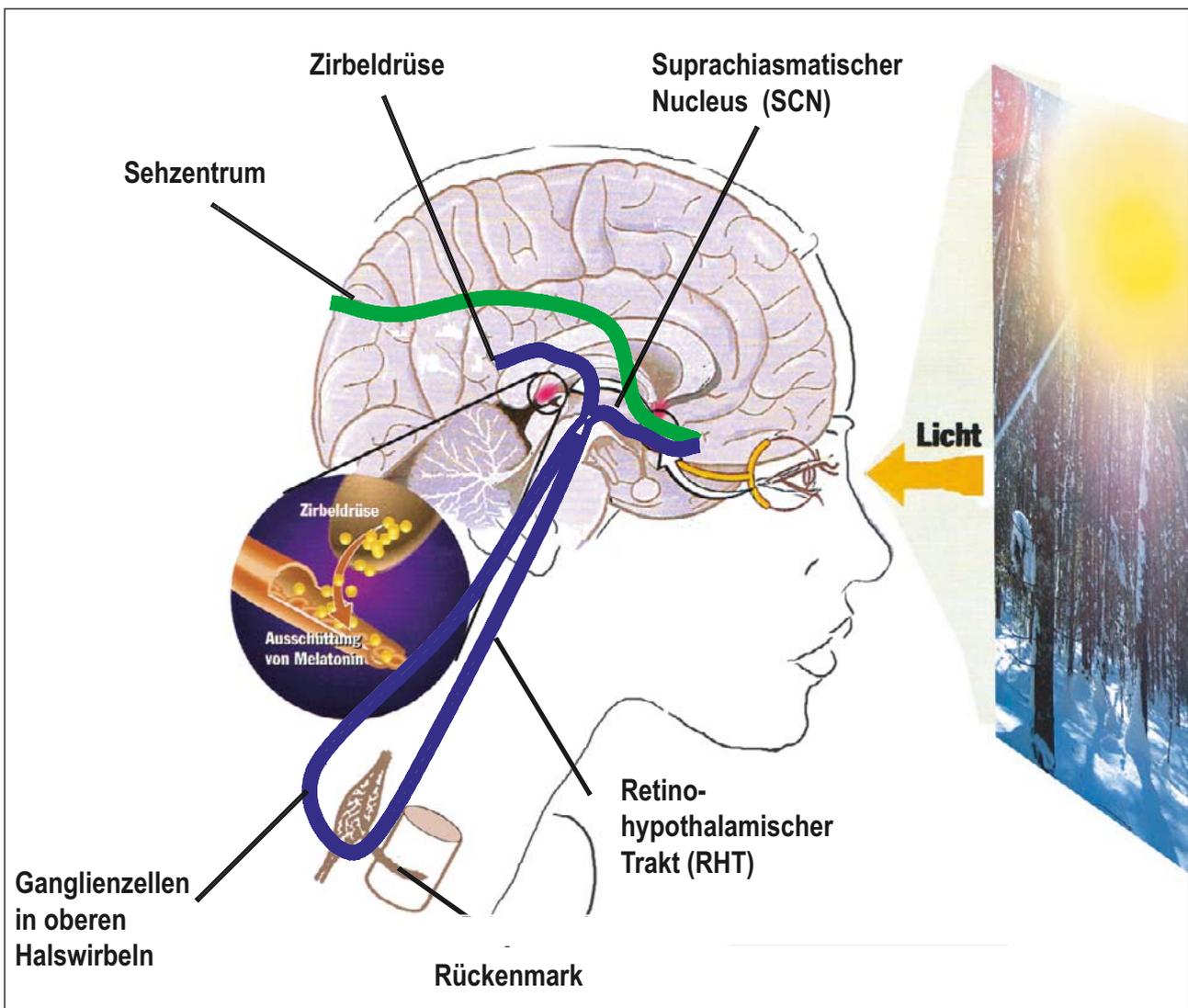
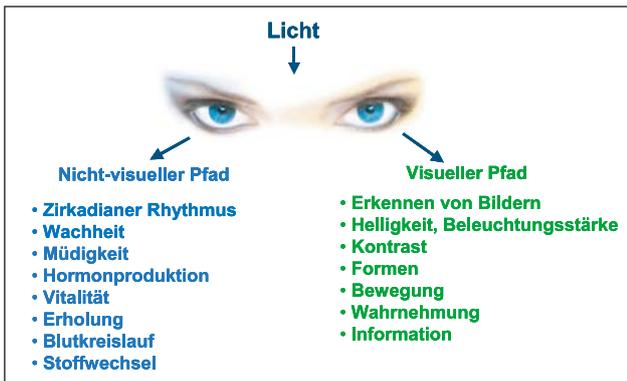


Abbildung 53: Wirkung von Licht auf den Menschen

Wir unterscheiden also den visuellen Pfad, der für alle Sehaufgaben zuständig ist, wie z.B. das Erkennen von Bildern, Wahrnehmung von Helligkeiten, Kontrasten, Formen usw. Und den nichtvisuellen Pfad, man kann auch sagen „biologischen Pfad“, der insbesondere die circadiane Rhythmik steuert, der am Tag aber auch unsere Wachheit und geistige Leistungsfähigkeit fördert und biologische Funktionen wie Hormonproduktion, Blutkreislauf und Stoffwechsel beeinflusst.

Der nicht-visuelle Pfad ist dabei weitestgehend unabhängig vom visuellen Pfad.



Aus wissenschaftlichen Untersuchungen (Prof. Brainard, Thomas Jefferson Universität, Philadelphia) konnte eine Abhängigkeit der Melatoninunterdrückung von der Helligkeit, aber auch von der Wellenlänge des verwendeten Lichts festgestellt werden. Die stärkste Wirkung auf die Unterdrückung des Melatonins hat Licht im blauen Spektralbereich bei etwa 460 nm.

Der Verlauf der von Brainard gemessenen Empfindlichkeitskurve für die Melatoninunterdrückung zeigt keine Übereinstimmung mit dem Verlauf der vorher schon bekannten Augenempfindlichkeitskurven der rot-, grün- oder blauempfindlichen Photorezeptoren im Auge.

Dadurch wurde offensichtlich, dass es einen weiteren bisher unbekanntem Typ von lichtempfindlichen Zellen im Auge gibt, der für die circadiane Wirkung von Licht verantwortlich ist.

Prof. Gall vom Lichttechnischen Institut der Universität Ilmenau hat erkannt, dass die von Brainard veröffentlichte Empfindlichkeitskurve für Melatoninunterdrückung sehr ähnlich zu der bekannten $v(\lambda)$ Kurve ist, die die Augenempfindlichkeit für Helligkeitssehen beschreibt. Lediglich die spektrale Lage ist zum Blauen hin verschoben.

Die von Gall vorgeschlagene $c(\lambda)$ Kurve dient heute als Grundlage für ein Maßsystem für circadiane Lichtdaten, definiert in der DIN V 5031-100. Unter Berücksichtigung dieser Bewertungsfaktoren kann auch die biologische Wirkung von Lichtquellen berücksichtigt werden.

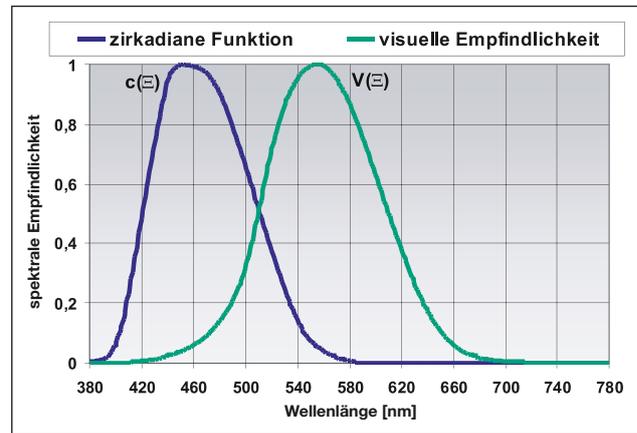


Abbildung 54: Definition einer circadianen Funktion $c(\lambda)$ durch Gall et. al. in Analogie zur photometrischen Funktion $V(\lambda)$ wie sie von der CIE genormt ist.

8.4 UV-Strahlung

In der Norm für Halogenmetallampfen IEC 61167 wird die effektive UV-Strahlungsleistung beschrieben und in den jeweiligen Lampendatenblättern Grenzwerten versehen. Dies bedeutet, dass die UV-Strahlung der Lampe im Bereich von 250 – 400nm mit einer sog. Bewertungsfunktion (siehe Abbildung 55) gewichtet wird (ähnlich $V(\lambda)$ -Bewertung von sichtbarer Strahlung).

Diese Bewertungskurve zeigt generalisiert die Empfindlichkeit von menschlichem Gewebe gegenüber UV-Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge und wurde von der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) festgelegt.

Diese Bewertungskurve wird heute von nahezu allen nationalen und internationalen Gremien (Normung, Berufsgenossenschaften etc.) verwendet. Die ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) verwendet diese Bewertung für Arbeitsstättenrichtlinien.

NIOSH (National Institute for Occupational Health and Safety) ist eine Bundesbehörde der USA, die Forschung bezüglich Gesundheit und Unfallverhütung am Arbeitsplatz betreibt und dementsprechende Empfehlungen herausgibt.

Die nach ICNIRP zulässige maximale Tagesdosis (8h Arbeitstag) beträgt 30 J/m^2 . Bei einer mittleren Beleuchtungsstärke von 500 lx wird diese Dosis bei einer effektiven UV-Strahlung von ca. 2 mW/klm erreicht. Auf den Datenblättern der IEC 61167 für Halogenmetallampfen sind die Höchstwerte der erzeugten effektiven UV-Strahlung angegeben. In IEC 62035 sind für Hochdruckentladungslampen die Schwellenwerte für UV-Strahlung (2 mW/klm bzw. 6 mW/klm) als Hinweis für den Leuchtenhersteller genannt.

OSRAM Halogen-Metaldampflampen halten die Grenzwerte von 2 mW/klm ein bzw. unterschreiten diese deutlich je nach Lampentype.

Ausnahme sind die außenkolbenlosen HQI®-Lampen in den Leistungsstufen 1000 W und 2000 W. Hier sind leuchtenseitig besondere Schutzmaßnahmen zu treffen.

Die Normierung von UV-Kenngrößen pro „klm“ oder „lm“ hat den Vorteil, dass damit die relativen Strahlungsanteile verschiedener Lampentypen und Leistungsstufen direkt miteinander für gleiche Applikationsbeleuchtungsstärken verglichen werden können.

Zum Vergleich:

- Stablampen T8 & T5 liegen bei einem ACGIH UV-Wert von ca. 0,2 mW/klm (dabei kann es zu leichten Schwankungen je nach Leistungsstufe und Lichtfarbe kommen).
- Kompaktlampen liegen bei kleiner 0,03 mW/klm

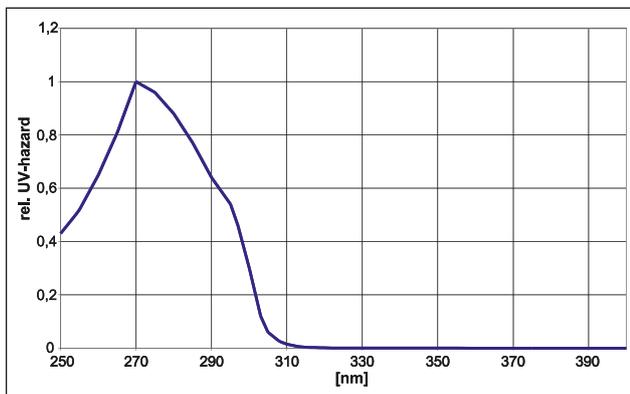


Abbildung 55: Bewertungsfunktion für die Empfindlichkeit menschlichen Gewebes gegenüber UV-Strahlung nach ICNIRP

8.4.1 Ausbleichwirkung

Die Farbänderung von lichtempfindlichen Materialien auf Grund von Bestrahlung durch Lichtquellen hängt ab von

- der Bestrahlungsstärke bzw. Beleuchtungsstärke,
- der spektralen Verteilung der Strahlung der Lichtquelle,
- der spektralen Objektempfindlichkeit (Wirkungsfunktion) und
- der Bestrahlungsdauer

Wenn Tageslicht zur Beleuchtung beiträgt, z. B. über Oberlichte oder in Schaufenstern, dann muss das auch als Teil der Bestrahlung berücksichtigt werden. Tageslicht enthält erhebliche Anteile an UV und kurzwelligem sichtbaren Licht.

Die Farbveränderung ist dabei bei neuen Gegenständen in den Anfangszeiten der Belichtung am stärksten. Alte

Wandteppiche z.B., die Jahrhunderte lang beleuchtet wurden, sind gegenüber Bestrahlung kaum noch empfindlich.

Ausbleichen geschieht im Übrigen nicht nur durch UV, sondern auch durch kurzwelliges sichtbares Licht in Abhängigkeit von der spektralen Objektempfindlichkeit (Wirkungsfunktion) des bestrahlten Objekts. Zu diesem Thema findet man viele Informationen in dem Division 6 report der CIE (CIE technical collection) mit dem Titel „On the deterioration of Exhibited Objects by Optical Radiation“. Hier geht es zwar um Objekte in Museen, aber die Ergebnisse sind auch z.B. auf Schaufensterbeleuchtung übertragbar. Eine stärkere Ausbleichwirkung wäre also auch durch eine stärkere Bündelung des Lichts oder einen höheren Lichtstrom der Lampe zu erreichen. Eine numerische Definition der Farbveränderung, die durch die Bestrahlung erzeugt wurde, muss in Form von farbmestechischen Unterschieden ΔE_{ab}^* ausgedrückt werden. Auf diese Weise kann jedes Ausbleichen, jede Schwärzung, jedes Vergilben also generell jede Farbänderung exakt ausgedrückt werden. Eine effektive Bestrahlung, die eine Farbänderung von genau $\Delta E_{ab}^* = 1$ ergibt, wird als Grenzbelichtung (Threshold effective radiant exposure) bezeichnet. Dieser Wert ist von Bedeutung, da Farbunterschiede dieser Größenordnung erfahrungsgemäß von dem durchschnittlichen Beobachter erkannt werden können, wenn er unbelichtete Bereiche einer Probe mit belichteten Teilen vergleicht. Es können auch andere Schwellwerte ($\Delta E_{ab}^* = 2, 3, 4$, etc.) verwendet werden, wenn die entsprechend größeren Farbunterschiede akzeptierbar sind.

8.4.2 Schutzmaßnahmen zur Reduzierung der Ausbleichwirkung

Jede Schutzmaßnahme muss sich auf die Verringerung der effektiven Belichtung (Effective radiant exposure) H_{dm} beziehen. Die effektive Belichtung (Effective radiant exposure) H_{dm} ist das Produkt aus der Bestrahlungszeit t_{dm} und der effektiven Bestrahlungsstärke (effective irradiance) E_{dm} .

Die Verringerung kann geschehen durch:

- Vermeidung der kritischen Wellenlängen durch entsprechende Filter gemäß der spektralen Empfindlichkeit des bestrahlten Objektes
- Verringerung der Beleuchtungsstärke
- Verringerung der Belichtungsdauer
- Vergrößern des Abstandes zur Leuchte

Anmerkung zur Filterung der kritischen Wellenlängen: Die relative spektrale Empfindlichkeit ist für die meisten Muster sehr hoch im ultravioletten Bereich der Strahlung, aber für viele Exponate auch noch ziemlich hoch im sichtbaren Bereich. Das würde bedeuten, dass man auch noch den kurzwelligen sichtbaren Bereich filtern müsste. Wie weit man das tun kann, hängt von den Farbwiedergabeeigenschaften und der veränderten Farbtemperatur der verbleibenden sichtbaren Strahlung ab.

9 Entsorgung von Entladungslampen

Hochdruckentladungslampen enthalten als umweltrelevanten Stoff in geringen Mengen Quecksilber. Halogen-Metalllampen können noch einen Zusatz von Thalliumiodid enthalten. Deshalb sind Entladungslampen getrennt von Hausmüll und Hausmüll ähnlichem Industrieabfall zu entsorgen. Der Letztbesitzer ist zu einer entsprechenden geordneten Entsorgung verpflichtet.

Beim Bruch von Hochdruck-Entladungslampen werden Spuren der giftigen Quecksilber- und Thalliumhalogenide freigesetzt.

Mehr Informationen zum Umgang mit Entladungslampen erhalten Sie unter <http://www.osram.de/weee>

9.1 Gesetzliche Grundlagen

Die Richtlinie **2002/96/EC WEEE** (waste of electrical and electronic equipment) ist am 13. Februar 2003 in Kraft getreten. Sie gilt in allen Mitgliedstaaten der Europäischen Union.

Im nichteuropäischen Ausland sind zum Teil ähnlich Systeme im Einsatz.

Hauptziel dieser EU Richtlinie ist die Wiederverwendung, die stoffliche Verwertung und anderer Formen der Verwertung solcher Abfälle, um die Menge des Abfalls zu verringern sowie Ressourcen, insbesondere durch Wiederverwendung und Recycling, zu schonen.

Alle Hersteller und Importeure von Elektro- und Elektronikgeräten sind verpflichtet, ihre Produkte zurückzunehmen und für die Behandlung, Verwertung oder das Recycling zu sorgen. In Deutschland wurde diese Richtlinie durch das **Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)** umgesetzt.

- Entladungslampen fallen in den Geltungsbereich dieser Richtlinie, d.h. des ElektroG
- OSRAM hat dazu mit anderen Unternehmen zusammen die OSRAM Lampenverwertung **OLAV** aufgebaut. Damit sorgt OSRAM seit dem 24. März 2006 für das ordnungsgemäße Recycling der Lampen.

Die für das Recycling vorgesehenen OSRAM Lampen sind mit diesem Symbol gekennzeichnet.



Allgemeine Informationen zur Entsorgung finden Sie unter <http://www.osram.de/weee>

9.2 Sammlung, Transport und Entsorgung von ausgedienten Entladungslampen

Gesammelt werden die Lampen über Kommunen und – für Geschäftskunden – über den Partner Lightcycle.

Gewerbliche Nutzer können haushaltsübliche Mengen von Altlampen bei den kommunalen Sammelstellen (Wertstoffhöfen) abgeben. Bei größeren Mengen wenden Sie sich bitte an Lightcycle, unseren Partner für die komplette Retourlogistik. Wenn Sie regelmäßig mehr als 3 m³ Altlampen zu entsorgen haben, kann Lightcycle für Ihr Unternehmen auch eine eigene Abholstelle einrichten. Mehr Informationen dazu unter www.lightcycle.de oder info@lightcycle.de.

Private Haushalte und Gewerbebetriebe können Altlampen bei den kommunalen Sammelstellen (Wertstoffhöfen) in haushaltsüblichen Mengen kostenfrei abgeben.

Beim Transport zur Entsorgungs- oder Sammelstelle ist darauf zu achten, dass die Lampen hinreichend gegen Bruch – und damit Freiwerden von Quecksilber – geschützt sind.

Der Transport der ausgedienten Entladungslampen durch den Letztbesitzer ist nicht genehmigungspflichtig. Sie stellen kein Gefahrgut im Sinne der Gefahrgutverordnungen GGVS, GGVE sowie ADR und RID dar.

9.3 Gefahrstoffverordnung

Entladungslampen (Leuchtstofflampen, Kompaktleuchtstofflampen, Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, Halogen-Metalllampen, Natriumdampf-Hochdruck- und -Niederdrucklampen) sind nach der Gefahrstoffverordnung nicht kennzeichnungspflichtig.

10 Abkürzungsverzeichnis

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AGLV	Arbeitsgemeinschaft Lampen-Verwertung
CE	Communauté Européenne (Europäische Gemeinschaft)
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage (Internationale Beleuchtungskommission)
DALI	Digital Addressable Lighting Interface (Kommunikationsstandard für Lichtsysteme)
CISPR	Comité international spécial des perturbations radioélectriques (Internationales spezielles Komitee für elektromagnetische Störungen)
ELMAPS	European lamp Manufacturers association for the preparation of standards
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Normen
ENEC	European Norms Electrical Certification
EVG	elektronisches Vorschaltgerät
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IEC	International Electro technical Commission
KVG	konventionelles Vorschaltgerät (Drossel)
LIF	Lighting Industry Federation Ltd
LLF	Lampen-Überlebensfaktor (nach Norm EN 12464)
LLWF	Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor (nach Norm EN 12464)
LWF	Leuchten-Wartungsfaktor (nach Norm EN 12464)
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
PCA	polycrystalline Alumina
RWF	Raumwartungsfaktor (nach Norm EN 12464)
SCN	suprachiasmatischen Nukleus
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment
WF	Wartungsfaktor (nach Norm EN 12464)
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

11 Literatur

- [1] Kelly, D. H. (1961) Visual Response to Time-Dependent Stimuli. I. Amplitude Sensitivity Measurements. JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA Vol. 51, Nr 4 On Pages: 422-429
Henger, U. (1986) Untersuchungen zur Entwicklung eines Messgerätes zur Bestimmung des Flickerfaktors. Licht 86 7. Lichttechnische Gemeinschaftstagung.
- [2] Afshar, F. 2006. Light Flicker-Factor as a Diagnostic Quantity for the Evaluation of Discharge Instabilities in HID Lamps. LEUKOS Vol. 3 No 1, July 2006
- [3] Sturm: „Betriebsgeräte und Schaltungen für elektrische Lampen“, Siemens AG Verlag

OSRAM AG

Hauptverwaltung
Hellabrunner Straße 1
81543 München
Fon +49 (0)89-6213-0
Fax +49 (0)89-6213-20 20
www.osram.de

**Kunden-Service-Center
(KSC) Deutschland**
Albert-Schweitzer-Straße 64
81735 München
Fon +49 (0)89-6213-60 00
Fax +49 (0)89-6213-60 01

E-CHECK
Partner-Unternehmen



member of
voltimum
.de

