

Das richtige LED-Netzteil für eine LED-Leuchte

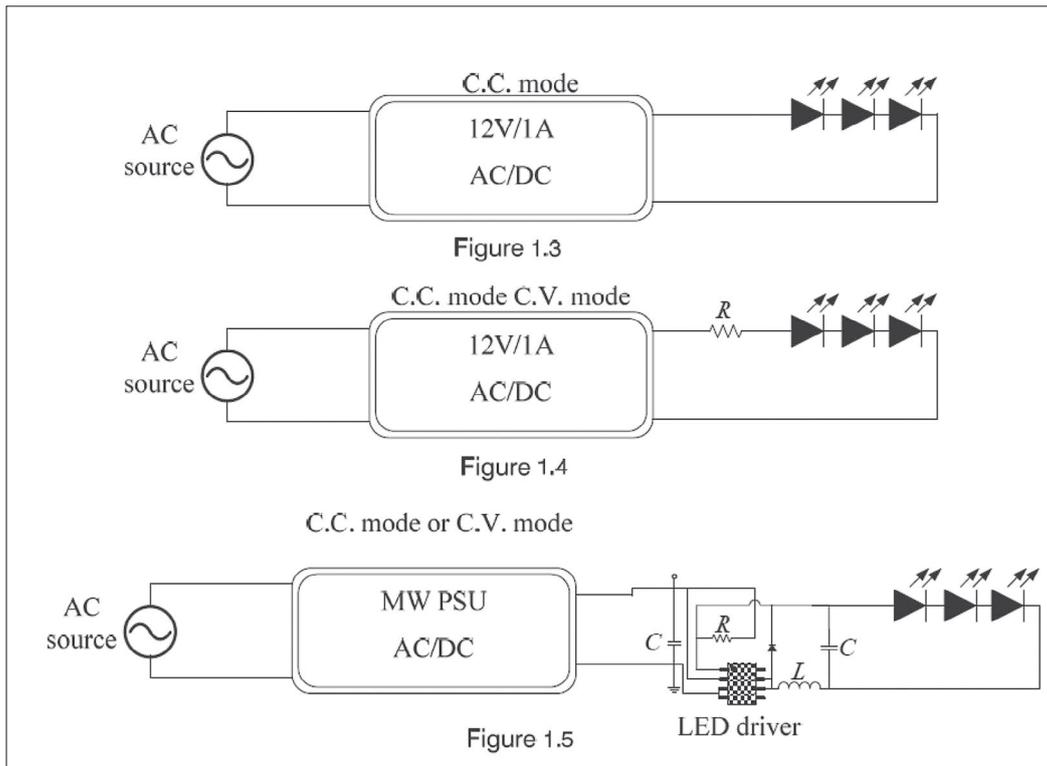


Bild 1: Wird auf der LED-Platine der Strom durch Widerstände oder LED-Treiberbausteine begrenzt, wird ein Netzteil mit Konstant-Spannungsausgang benötigt. © Mean Well LED-User Manual

In diesem Beitrag werden die wichtigsten Kriterien bei der Auswahl des passenden LED-Netzteils für eine Leuchte behandelt. Ein Schwerpunkt wird dabei auf die Auslegung des korrekten Ausgangsspannungsbereiches bei Constant Current Treibern gelegt. Aufgrund der technischen Entwicklung werden die Vorzüge neuer Constant Power Netzteile im Vergleich zu den bisherigen Constant Current Treibern ausgearbeitet.

Grundsätzlich stellt sich bei jeder neuen Leuchtenentwicklung die zentrale Frage, welcher LED-Treiber eingesetzt werden soll. Neben dem Design, der den Formfaktor des Netzteils vorgibt, muss entschieden werden, welche Funktionen die Leuchte haben soll. Auch die Auswahl der LEDs und deren Verschaltung ist ein zentraler Punkt, um ein passendes Netzteil auszuwählen. Soll gedimmt werden – wenn ja, mit welcher Dimm-Methode, ist eine Temperaturüberwachung erforderlich, wird eine Hilfsspannung benötigt, welche Normen werden benötigt? Schließlich soll das Produkt nicht nur schön, sondern

auch funktionsfähig und zwar optimal funktionsfähig sein!

So einfach es scheint, so komplex ist sie dann doch: Die Suche nach dem besten LED-Netzteil für ein bestehendes oder neues Leuchtdesign.

Die erste Entscheidung: Konstantstrom oder Konstantspannung?

Wenn auf der LED-Platine der Strom durch Widerstände oder LED-Treiberbausteine begrenzt wer-

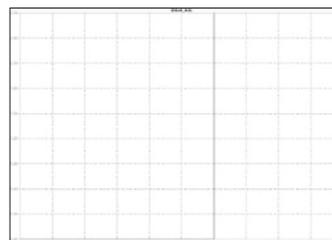


Bild 2: Bei einer idealen LED ändert sich die Durchlassspannung nicht, wenn der Strom ansteigt. © Determining The Correct LED Driver Voltage Range for an LED Application / Date: 2019.04.26

den soll (Bild 1), wird ein Netzteil mit Konstant-Spannungsausgang (Constant Voltage / CV) benötigt. Soll zudem noch gedimmt werden, kommen Netzteile mit einem PWM-Ausgang ins Spiel. Bei einem PWM-Netzteil wird die Konstantspannung sehr schnell ein- und ausgeschaltet. Je nach Ein-/Aus-Verhältnis entsteht in unserem Auge eine hellere oder dunklere Beleuchtung. Bei der Auswahl der PWM-Frequenz sollte darauf geachtet werden, dass unser menschliches Auge und auch unser Körperempfinden nicht gestört wird. Auch auf die Wechselbeziehung mit Fotokameras ist zu achten. Mean Well bietet eine PWM-Serie mit einer ausreichend hohen Schaltfrequenz von 1,47 kHz an.

Damit ein möglichst hoher Wirkungsgrad der Leuchte erreicht wird, greift man bei Leuchten heute in der Regel zu hochwertigen Konstantstrom-Netzteilen. Der Leistungsverlust aufgrund der Widerstandsbelastung als Strombegrenzung entfällt somit. Der Konstantstrom wird vom Netzteil geregelt.

Bestimmen des LED-Treiberspannungsbereichs für eine LED-Anwendung mit Konstantstrom

Die Auswahl eines LED-Treibers mit einem geeigneten Spannungs-betriebsbereich (Konstantstrombereich) mag recht einfach aussehen, es sind jedoch einige Punkte zu beachten. Gerade bei dieser Auswahl unterlaufen sehr oft noch Fehler.

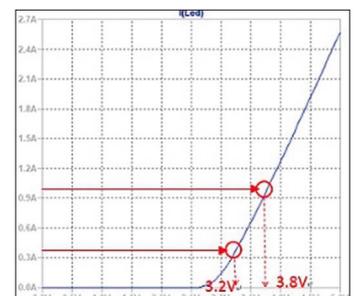


Bild 3: Beispiel für die Bestimmung eines korrekten Durchlassspannungsbereich. © Determining The Correct LED Driver Voltage Range for an LED Application / Date: 2019.04.26



Autor:
Uwe Daro, Produktmanager
Stromversorgungen
EMTRON electronic GmbH
www.emtron.de

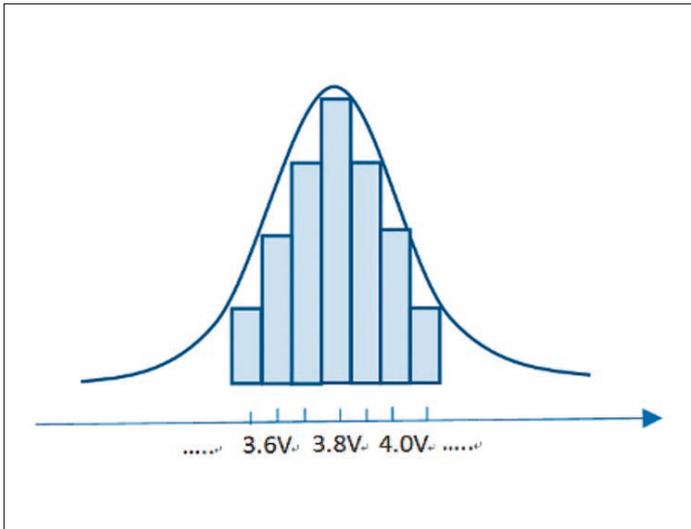


Bild 4: LED-Durchlassspannungsverteilung bei einer Produktion

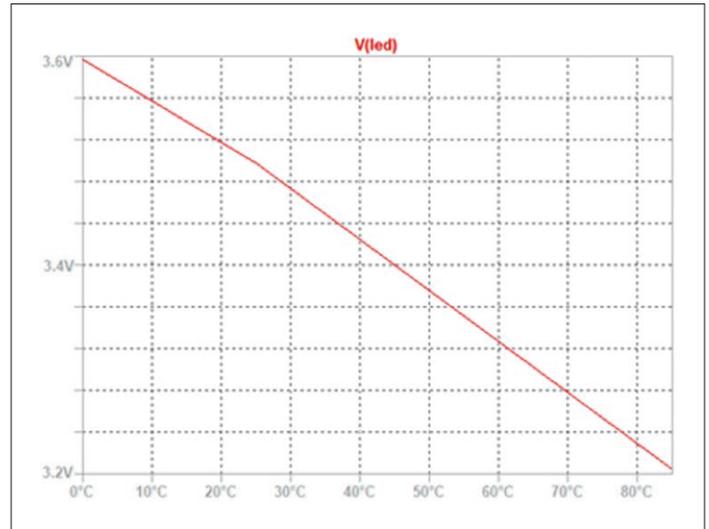


Bild 5: Temperatur vs. Durchlassspannung

Zunächst muss man erkennen:

$$V_{forward_total} = V_{forward} \times \text{Num} / \text{String}$$

- dass LED-Durchlassspannungen von Chip zu Chip nicht identisch sind.
- Zweitens ändert sich die LED-Spannung, wenn die Sperrschichttemperatur steigt oder fällt. Da eine korrekte Funktion des Treibers für die Funktionalität und Zuverlässigkeit der Leuchte von entscheidender Bedeutung ist, lohnt es sich, die Details von Faktoren, die die LED-Spannung beeinflussen, genauer zu untersuchen.

Um den genauen Bereich festlegen zu können, müssen noch

- 1) V-I-Charakteristik
- 2) Produktionsschwankungen
- 3) Temperaturkoeffizienten

berücksichtigt werden. Im folgenden Abschnitt werden diese drei Aspekte separat erläutert.

LED V/I-Eigenschaften

Bei einer idealen LED ändert sich die Durchlassspannung nicht, wenn der Strom ansteigt (Bild 2). In der Realität ändert sich die Durchlassspannung mit dem Strom, und es ist wichtig, die LED-Spannung basierend auf dem tatsächlich vom Entwickler festgelegten Strom zu überprüfen, anstatt sich auf die Standardtestbedingung aus dem Datenblatt zu beziehen.

Im folgenden Beispiel (Bild 3) beträgt die typische Spannung der LED 3,2 V. Wenn die LED nicht bei

350 mA, sondern bei 1 A verwendet wird, beträgt die tatsächliche typische LED-Spannung anstelle von 3,2 V nun 3,8 V. Dieser Unterschied von 0,6 V kann zu einem ganz anderen Ergebnis führen, wenn eine große Anzahl von LEDs in Reihe geschaltet wird. Darüber hinaus kann sich die Situation noch verschlechtern, wenn der LED-Treiber einen hohen Welligkeitsstrom aufweist, der zu einem Spitzenstrom von mehr als 1 A führen würde und somit die Spitzenspannung 3,8 V überschreiten würde.

LED-Produktionstoleranz

LED-Durchlassspannungen an jedem LED-Chip variieren aufgrund der Prozessdrift. Wir gehen in unserem Beispiel von einer Produktion mit einer engen Toleranz aus, was zu einer Normalverteilung führt (Bild 4). Aufgrund der Spannungstoleranz bei der Produktion ergibt sich ein Unterschied zwischen der typischen Durchlassspannung und der tatsächlich zu erwartenden Durchlassspannung. Die

Produktionsdaten wie die tatsächliche Durchlassspannungsverteilung müssen möglicherweise direkt beim LED-Hersteller überprüft werden.

Obwohl das absolute Maximum / Minimum statistisch gesehen in der Regel $\pm 10\%$ beträgt, ist es statistisch gesehen umso wahrscheinlicher, dass sich die kombinierte Durchlassspannung um den typischen Spannungswert einstellt, je mehr LEDs in Reihe geschaltet sind. Es wird empfohlen, einen gewissen Spannungsspielraum zu schaffen. Ein Abstand von 10 % zur typischen Spannung wird als sicher angesehen.

LED Durchlassspannung in Abhängigkeit von der Temperatur

Die LED-Durchlassspannung hat einen negativen Temperaturkoeffizienten. Dies bedeutet, je höher die Temperatur, desto niedriger die Durchlassspannung. Da eine LED ein selbsterhitzendes Element ist und die Leuchte ordnungsgemäß thermisch ausgelegt

LED-Durchlassspannungen

Um das Ziel der optischen Anforderungen zu erreichen, werden zunächst Art und Menge der LED sowie deren Ansteuerstrom festgelegt. Es ergibt sich eine bestimmte Anzahl von LEDs und die erste Schätzung der LED-Arbeitspannung kann vorgenommen werden, indem die Anzahl der LEDs in einem String mit der typischen Durchlassspannung ($V_{forward}$) dieser LED multipliziert wird.

MODEL	HLG-480H-C1400	HLG-480H-C1750	HLG-480H-C2100	HLG-480H-C2800	HLG-480H-C3500
OUTPUT					
RATED CURRENT	1400mA	1750mA	2100mA	2800mA	3500mA
RATED POWER	480W	480W	481W	479W	480W
CONSTANT CURRENT REGION <small>Note.2</small>	171 ~ 343V	137~274V	114 ~ 229V	85 ~ 171V	68 ~ 137V
OPEN CIRCUIT VOLTAGE (max.)	420V	340V	280V	210V	170V
CURRENT ADJ. RANGE	Adjustable for A/AB-Type only (via built-in potentiometer)				
	700~1400mA	875~1750mA	1050~2100mA	1400~2800mA	1750~3500mA
CURRENT RIPPLE	5.0% max. @rated current				
CURRENT TOLERANCE	$\pm 5\%$				
SET UP TIME <small>Note.4</small>	500ms/115VAC,230VAC				

Bild 6: Datenblattauszug HLG-480H-C2100

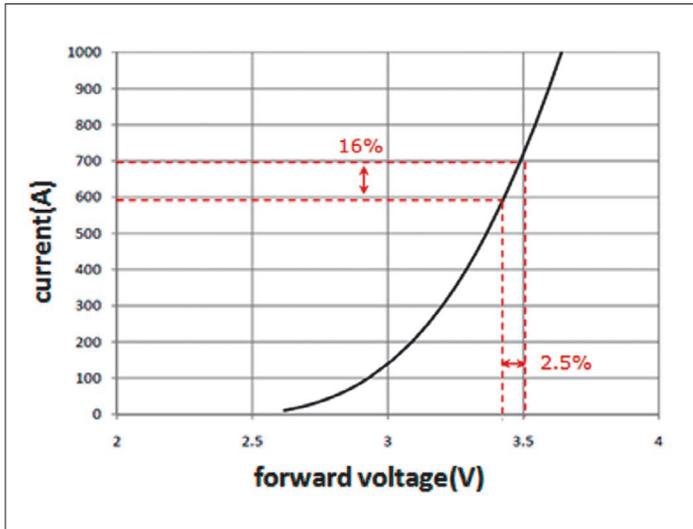


Bild 7: V-I-Kurve einer LED

ist, sind die Dauerarbeitstemperatur und die LED-Betriebsspannung normalerweise recht stabil. Der schlimmste Fall tritt auf, wenn die Leuchte bei niedriger Temperatur eingeschaltet wird.

Um den zusätzlichen Spannungsbedarf bei niedriger Temperatur abzuschätzen, liefert die LED-Spezifikation eine typische V-T-Kurve gemäß den Standardtestbedingungen (z. B. 350 mA). Viele Hersteller bieten auch ein Software-Tool zur Überprüfung der Spannung anhand variabler Parameter wie Sperrschichttemperatur (T_j), Ansteuerstrom usw. an.

Es kann einen dramatischen Unterschied im Spannungsbedarf aufgrund niedriger Temperatur und im Spannungsbedarf aufgrund von Produktionstoleranz oder Stromdifferenz geben. Im ersteren Fall ist der Spannungsbedarf nur vorübergehend, und daher muss dieser erhöhte Spannungswert nicht für einen Dauerbetrieb ausgelegt werden.

Treiber mit spannungsadaptiver Funktion

Auf dem Markt gibt es einige fortschrittliche LED-Treiber, die mit einer spannungsadaptiven Funktion ausgestattet sind, um den kurzfristigen Spannungsbedarf zu liefern. Der HLG-480H-C von Mean Well verfügt beispielsweise über diese Funktion, mit der der Ausgangsstrom automatisch reduziert werden kann, um eine höhere Ausgangsspannung ausgeben zu können. Die Gesamtausgangsleistung wird dabei nicht überschritten. Wenn die Leuchte

eingeschaltet und sich allmählich erwärmt, fällt die Spannung und auch der Strom auf seinen festgelegten Wert zurück. Das LED-Netzteil HLG-480H-C1400, das bei 171 bis 343 V arbeitet, kann vorübergehend 412 V leisten, um Leuchten bei extrem niedriger Temperatur (z. B. $-40\text{ }^\circ\text{C}$) starten zu können (Bild 5).

Beispiel und Zusammenfassung

Bei einer Leuchte werden 100 LEDs wie in Bild 3 verwendet. Der Ansteuerstrom beträgt 1,05 A. Insgesamt gibt es 2 Strings mit 50 LEDs hat. Die niedrigste Betriebstemperatur gemäß Lampenspezifikation soll $0\text{ }^\circ\text{C}$ betragen. So wird der Spannungsbereich definiert:

Lösung: Überprüfen Sie das LED-Datenblatt und führen Sie die folgenden Schritte aus:

- 1) LED V-I-Kurve: ermitteln Sie die Spannung auf der Kurve entsprechend dem Sollstrom. Gemäß Bild 3 beträgt die typische Durchlassspannung der LED bei 1,05 A 3,8 V.
- 2) Multiplizieren Sie diese Spannung mit der Anzahl der LEDs in einem String: $3,8\text{ (V)} \times 50\text{ (Stk.)} = 190\text{ V}$.
- 3) Produktionstoleranz: Verhältnisses der maximalen zur typischen Spannung

$$3,48\text{ (V)} / 3,2\text{ (V)} = 108,75\%$$

$$190\text{ (V)} \times 108,75\% = 206,6\text{ (V)}$$

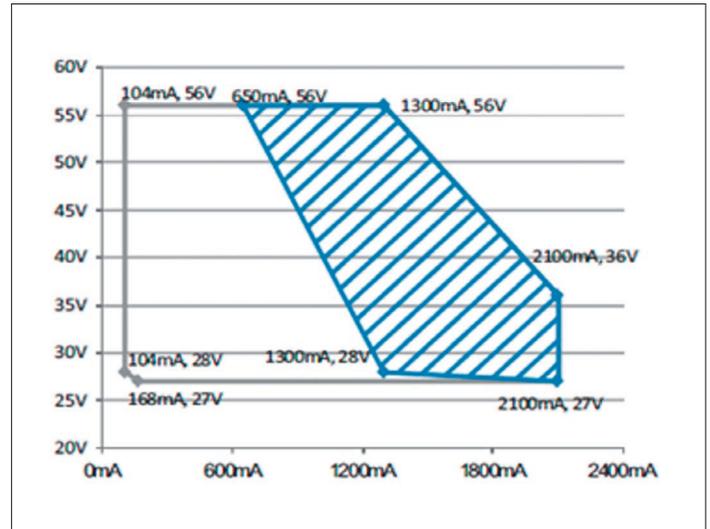


Bild 8: I-V-Kurve vom XLG-75-H

Fazit

Die typische LED-Gesamtdurchlassspannung beträgt 190 V
Worst Case: LED-Gesamtdurchlassspannung beträgt 207 V *

* Die aktuelle Welligkeit des Treibers wird hier nicht berücksichtigt.

4) Berücksichtigung des Temperaturkoeffizienten zur Bewertung der Startspannung im Worst Case:

Aus Bild 5: Die Spannung bei $0\text{ }^\circ\text{C}$ beträgt 3,6 V, bei $85\text{ }^\circ\text{C}$ 3,2 V. Angenommen, die LED-Leuchte arbeitet normalerweise bei $T_j\text{ }85\text{ }^\circ\text{C}$.

$$3,6\text{ (V, } T_j = 0) / 3,2\text{ (V, } T_j = 85) = 1,125 < 1,2$$

Beim Kaltstart

Die typische LED-Gesamtdurchlassspannung beträgt 190 V $\times 1,2 = 228\text{ V}$.

Worst Case: die LED-Gesamtdurchlassspannung beträgt $207\text{ V} \times 1,2 = 248,4\text{ V}$.

Vorgeschlagenes Modell: HLG-480H-C2100, siehe Bild 6, Begründung siehe unten.

Die LED-Leuchte benötigt typische 190 V und 2,1 A (399 W), im schlimmsten Fall 207 V (435 W). Dies liegt innerhalb der HLG-480H-C2100 Spezifikation. Ferner weist das HLG-480H eine sehr geringe Stromwelligkeit auf, so dass der Einfluss

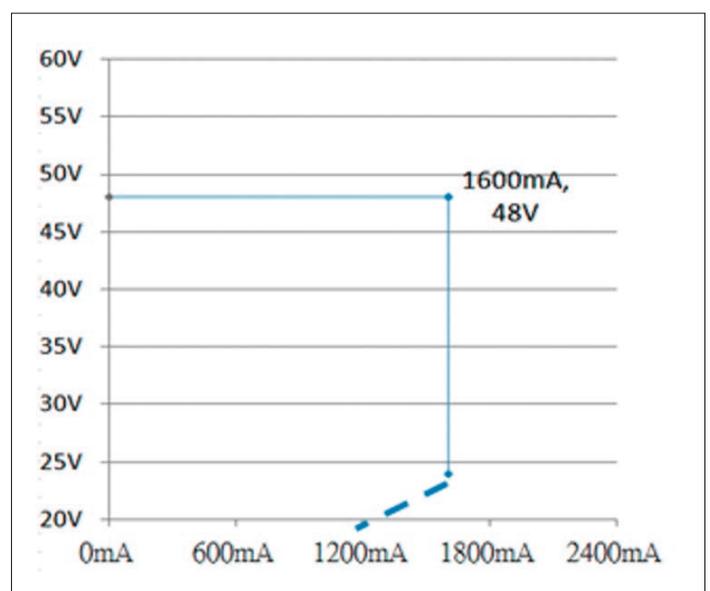


Bild 9: I-V-Kurve vom ELG-75-H

der Welligkeit auf die LED-Spannungsänderung ignoriert werden kann. Bei kalter Temperatur kann der Spannungsbedarf vorübergehend über 249 V liegen, was nicht im normalen Konstantstrombereich liegt. Diese Situation tritt jedoch selten auf und kann durch die umgebungsadaptive Funktion des HLG-480H-C2100 abgedeckt werden, die maximal 275 V bei einem reduzierten Stromwert liefert.

LED-Netzteil mit Constant Current oder Constant Voltage Design?

Das Ansteuern von LEDs im Konstantleistungsmodus ist ein beliebtes Thema. Warum müssen LEDs vom Konstantstrom angetrieben werden? Warum nicht mit einer konstanten Stromquelle? Wie in Bild 7 gezeigt, ändert sich der Strom durch die LED entsprechend um 16 %, wenn sich die LED-Durchlassspannung der LED um etwa 2,5 % ändert, und die Durchlassspannung der LED wird leicht durch die Sperrschichttemperatur beeinflusst. Die Änderung der hohen und niedrigen Temperatur kann sogar zu einer Spannungsänderung von bis zu 20 % oder mehr führen. Die Helligkeit der LED ist proportional zum Durchlassstrom der LED. Wenn der Strom im großen Maßstab variiert, ändert sich auch die Helligkeit. Daher muss die LED von einer Konstantstromquelle angesteuert werden.

Was ist der Vorteil LED-Treiber mit Konstantleistung zu betreiben?

Bei LED-Netzteilen mit Konstantleistung wird ein Microcontroller

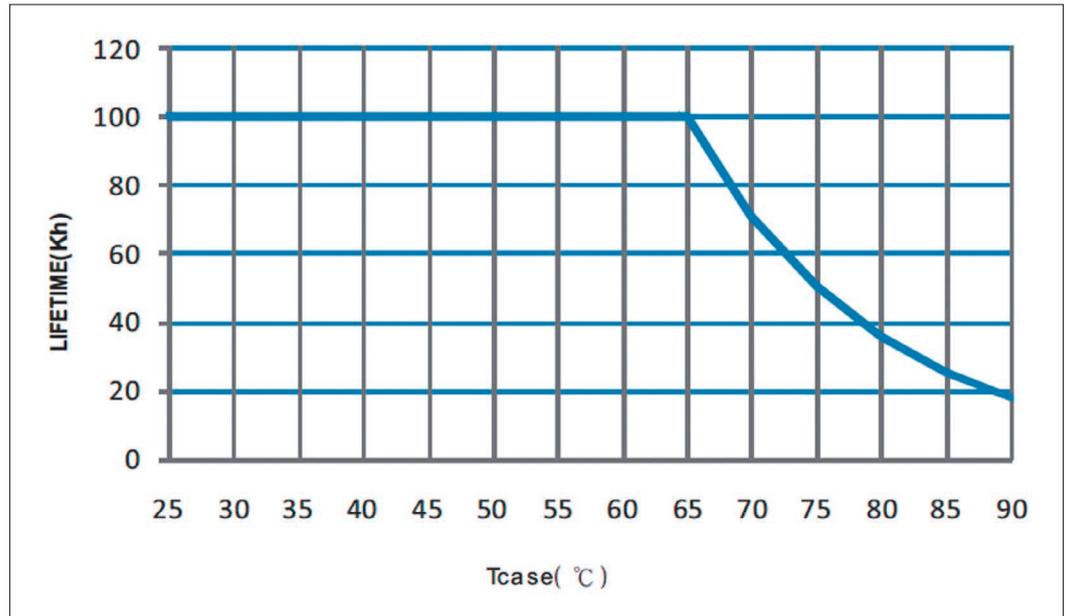


Bild 10: Abhängigkeit der Lebensdauer von der Temperatur

benötigt, der für die Berechnung zwischen Rückkopplungssignalen der Ausgangsspannung und des Ausgangstroms verantwortlich ist. Die Herstellung eines LED-Treibers mit konstanter Leistung ist preislich und auch designtechnisch aufwendiger.

Die gesamte XLG-Serie ist mit einer Konstantleistungs-Topologie ausgestattet. Ein einziges Netzteil bietet ein sehr breites Spektrum an Ausgangsspannungen und -strömen (siehe Bild 8), wodurch sich die Anzahl der notwendigen Modelle für die Lagerhaltung stark verringert.

Im Vergleich: Konstantstrom „ELG-75-48“ und Konstantleistung „XLG-75-H“

Die Leistung des Konstantstrom-Netzteils ELG-75-48 liegt bei

48 V / 1,56 A (siehe Bild 9). Wenn eine LED-Spannung viel niedriger als 48 V ist, lässt sich dieser Wert einstellen. Der Ausgangsstrom kann aber nicht über den maximalen Wert erhöht werden. Die Folge ist eine Verringerung der Ausgangsleistung in Bezug auf die Nennleistung. Mit dem XLG-75-H mit Konstantleistung lässt sich dieses Problem leicht vermeiden.

Das XLG-75-H liefert die volle Leistung im Spannungsbereich zwischen 36 V und 58 V. Der Kunde stellt den gewünschten Ausgangsstrom ein und kann die volle Ausgangsleistung für seine LED-Leuchte nutzen.

Kühlung und Lebensdauer

Wenn alle elektrischen Werte festgelegt wurden, kommt es nun

auf den richtigen Einbauort in der Leuchte an. Die Lebensdauer ist abhängig von der Gehäusetemperatur T_c (siehe Bild 10). Das Netzteil sollte möglichst weit von Wärmequelle, wie zum Beispiel der LED-Leuchte, montiert werden. Je niedriger der Temperaturwert des T-Punktes ist, umso höher ist die Lebensdauer des Netzteils.

Einsatzregion

Je nach späterer Einsatzregion sind bei dem Netzteil die nationale Betriebsspannung und Netzfrequenz, sowie die notwendigen Zulassungen zu berücksichtigen. Soll die Leuchte in einem bereits bestehenden System wie DALI oder KNX integriert werden, bietet sich ein LED-Netzteil mit einer DALI oder auch KNX-Schnittstelle an. ◀