

Betrieb von HighPower LEDs

Autoren

Rudolf Kränzler

Kevin Mader

Ausgabe

06. November 2014

Version 1.0

Inhalt

0	Einleitung	3
1	Grundlagen	4
1.1	Was ist eine High-Power LED?	4
1.2	Kühlung	4
1.3	Montage	7
1.4	Wahl des Betriebsgerätes	7
1.5	Dimmung	9
1.6	Anschluss	9
2	Beispiel	10
2.1	Vorgaben	10
2.2	Wahl der LED	10
2.3	Dimensionierung des Kühlkörpers	10
2.4	Auswahl der Konstantstromquelle	11
2.5	Benötigtes Zubehör	11
3	Häufig gestellte Fragen	12
4	Sicherheitshinweise	13

0 Einleitung

Diese Zusammenfassung wurde erstellt, um häufig gestellte Fragen zum Betrieb von High-Power LEDs zusammenzufassen und ausführlich zu beantworten.

In vielen Anwendungen kann auch High-Power LEDs verzichtet werden. Prüfen Sie bitte genau, ob in Ihrer Anwendung nicht die Möglichkeit besteht, auf Mid-Power LEDs zurückzugreifen.

High-Power LEDs eignen sich sehr gut für Punktlichtquellen oder für flächige Lichtquellen, bei welchen ein großer Lichtstrom benötigt wird.

Für flächige Beleuchtungen, in denen moderate Lichtströme benötigt werden (Hinterleuchtungen, Raumbeleuchtungen, ...) empfehlen sich eher Mid- oder Low-Power LEDs und Module.

Die LUMITRONIX LED-Technik GmbH sowie die Autoren übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität der hier angegebenen Informationen.

Der Anwender trägt die Verantwortung für Schlüsse oder Aktionen, welche aufgrund dieser Informationen gezogen oder getätigt werden.

Sollten Fragen ungeklärt bleiben, empfiehlt sich ein Besuch in unserem Forum (www.ledhilfe.de), in welchem viele Beiträge über Grundlagen bis hin zu Dokumentationen von realisierten Projekten zu finden sind.

1 Grundlagen

1.1 Was ist eine High-Power LED?

Bei LED mit einem Betriebsstrom von mehr als 200mA oder einer Leistung von mehr als 1W ist von High-Power LEDs die Rede. Oft sind solche LEDs auf sternförmigen oder 10x10mm großen Aluminiumplatinen verlötet.

Auch CoB-LEDs (Chip on Board) welche meist eine Keramikrückseite haben und LED-Module (z.B. SmartArrays, PowerBar) mit hoher Leistung zählen zu den High-Power LEDs.

1.2 Kühlung

Jede LED benötigt Kühlung. Bei High-Power LEDs oder Modulen mit hoher Leistung ist eine zusätzliche Kühlung über Kühlkörper nötig.

Low- und Mid-Power LEDs bzw. LED-Module kommen meist mit der Kühlung durch die Kupferflächen der Platine aus.

Es kann nicht generell ein Kühlkörper für eine bestimmte LED empfohlen werden, denn dies ist abhängig vom Betrieb (Strom, Leistung) und vom Einsatz (Umgebungstemperatur, Einbausituation) der LED.

Bei allen LEDs lässt sich sagen: Je kühler eine LED betrieben wird, desto länger ist auch ihre Lebensdauer.

Mit einer Faustformel lässt sich schnell ein Kühlkörper ausrechnen.

Bei der Berechnung werden jedoch viele Faktoren außer Acht gelassen, weswegen diese einfacher aber gleichzeitig auch ungenauer wird.

Generell sollten errechnete Werte nie als 100% exakt interpretiert werden.

Darum sollte ein Aufbau in der ersten Stunde des Betriebs thermisch überwacht werden, wobei die Temperatur 85°C am TC-Punkt (Temperaturmesspunkt nahe am Gehäuse) nicht übersteigen sollte.

WARNUNG:

Der stärkste Kühlkörper ist nutzlos, wenn der Wärmeübergang zwischen LED und Kühlkörper schlecht ist.

Kühlkörper nicht in ein geschlossenes Gehäuse „einsperren“. Durch Wärmestau können so schnell Temperaturen über 100°C erreicht werden. Gute Luftzirkulation ist für den Wärmeaustausch unbedingt notwendig.

Auch das Abdecken der Kühlrippen verschlechtert die Kühlleistung stark.

1.2.1 Faustformel

Eine schnelle Schätzung des benötigten Kühlkörpers lässt sich mit folgender Formel geben:

$$R_{thKK} = \frac{\vartheta_{LEDmax} - \vartheta_{Umax}}{I_{LED} \cdot U_{LED}}$$

R_{thKK} ...	Wärmewiderstand des Kühlkörpers (in K/W)
ϑ_{LEDmax} ...	Maximale LED Temperatur (i.d.R. 85°C)
ϑ_{Umax} ...	Maximale Umgebungstemperatur
I_{LED} ...	Betriebsstrom der LED
U_{LED} ...	Betriebsspannung der LED

Diese Rechnung ergibt nur einen groben Wert und ist nicht 100% zuverlässig. Die maximale Umgebungstemperatur ist z.B. beim Betrieb in Wohnräumen mit 35°C anzunehmen, da die LED natürlich auch einen warmen Sommer überstehen soll.

Wird ein entsprechender Kühlkörper gewählt der etwas unter dem errechneten Wert liegt, ist das meist eine recht gute Lösung.

Bei dieser Rechnung wird jedoch der interne Wärmewiderstand der LED nicht miteinbezogen, was bei sehr hohen Leistungen zu großen Problemen führen kann.

1.2.2 Berechnung

Für die vollständige Berechnung eines Kühlkörpers muss zusätzlich zur Faustformel noch folgendes beachtet werden:

- Interner Wärmewiderstand des LED-Moduls/der LED zzgl. Platine
- Ausrichtung des Kühlkörpers

Zudem kann auch die Effizienz der LED miteinbezogen werden, wodurch sich der Kühlkörper weder etwas verringert.

Der Interne Wärmewiderstand einer LED oder eines LED-Moduls wird i.d.R. im Datenblatt genannt.

Für Kühlkörper ergeben sich abhängig von der Ausrichtung folgende Werte:

Ausrichtung	Kühlleistung (typ.)	Ausrichtung
	100%	70%
	85%	60%

Somit muss von dem Ergebnis der Faustformel der interne Wärmewiderstand der LED/des LED-Moduls abgezogen werden und das Ergebnis anschließend durch den Faktor durch die Kühlkörperausrichtung geteilt werden.

$$R_{thKK} = \left(\frac{\partial_{LEDmax} - \partial_{Umax}}{I_{LED} \cdot U_{LED} \cdot (100\% - \eta_{LED})} - R_{thLED} \right) \div \eta_{KK}$$

- R_{thKK} ... Wärmewiderstand des Kühlkörpers (in K/W)
- ∂_{LEDmax} ... Maximale LED Temperatur (i.d.R. 85°C)
- ∂_{Umax} ... Maximale Umgebungstemperatur
- I_{LED} ... Betriebsstrom der LED
- U_{LED} ... Betriebsspannung der LED
- η_{LED} ... Wirkungsgrad der LED
- R_{thLED} ... Interner Wärmewiderstand der LED
- η_{KK} ... Wirkungsgrad des Kühlkörpers

Optimal ist es, die Temperatur der LED nach dem Verbauen für mindestens eine Stunde zu überwachen. Hierbei sollte natürlich der Aufbau genau dem entsprechen, wie dieser später betrieben wird.

1.3 Montage

Die High-Power LEDs müssen natürlich auf den Kühlkörpern montiert werden. Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten:

Die LED(s) können mit Wärmeleitkleber dauerhaft auf die Kühlkörper geklebt werden. Wenn der Kleber jedoch einmal getrocknet ist, kann die LED nicht mehr vom Kühlkörper entfernt werden.

Sollen die LEDs leicht austauschbar sein, können sie – abhängig von der Platinenform – auf dem Kühlkörper verschraubt werden. Damit die Wärme auch gut an den Kühlkörper abgeleitet wird, sollte zwischen LED und Kühlkörper noch eine dünne Schicht Wärmeleitpaste aufgetragen werden.

Bei CoB-Modulen und LEDs mit Keramikplatinen sollte immer geklebt werden, da verschrauben sehr schnell zu Rissen der Keramikplatine und somit zur Zerstörung der LED führen kann.

Wärmeleitpaste oder Wärmeleitkleber leitet schlechter als Aluminium, jedoch besser als Luft. Daher sollte eine möglichst dünne Schicht von Kleber oder Paste realisiert werden (je dünner desto besser die Wärmeleitung), aber mindestens so viel, dass Materialunebenheiten ausgeglichen werden.

Überschüssiges Material wird am besten herausgeschafft indem man mit der Platine etwas hin- und her "schwimmt".

Bei schlechtem Wärmeübergang kann eine Zerstörung der LED eintreten, obwohl der Kühlkörper nur handwarm ist.

1.4 Wahl des Betriebsgerätes (KSQ)

High-Power LEDs werden grundsätzlich mit Konstantstrom versorgt. Dieser wird von einer Konstantstromquelle (KSQ) geliefert, an welcher die High-Power LEDs in der Regel immer in Reihe geschaltet werden, es soll ja durch alle der vorgegebene und von der Konstantstromquelle gelieferte Strom fließen. Wie viele LEDs Sie bei der KSQ in Reihe anschließen können, hängt von deren maximaler Betriebsspannung ab.

Eine Konstantstromquelle wird mit mindestens 2 Informationen angegeben:

- Ausgangsstrom
- Spannungsbereich
 - o Minimale Ausgangsspannung
 - o Maximale Ausgangsspannung

Um die passende Konstantstromquelle zu wählen muss zuerst der gewünschte Lichtstrom festgelegt und die hierfür passende(n) LED(s) ausgewählt werden.

Anhand der technischen Daten der LED lässt sich ermitteln, welcher Strom benötigt wird, um die gewünschte Lichtausbeute zu erhalten.

LEDs sollten nur in Ausnahmefällen mit dem maximalen Strom versorgt werden. Besser und übrigens auch effizienter ist der Betrieb bei dem typischen Strom oder weniger.

Folgende Ströme sind üblich: 350mA, 700mA, 1050mA, 1400mA, 1750mA

Werden mehrere LEDs verwendet, so werden diese in Reihe geschaltet und die Spannungen der LEDs addieren sich.

Anschließend wird eine Konstantstromquelle gesucht. Diese muss den gewünschten Strom liefern. Zudem muss die benötigte Spannung im Spannungsbereich der Konstantstromquelle liegen.

Optimal ist es, wenn die minimale Ausgangsspannung mindestens 2V unter der benötigten Spannung liegt. Ebenso sollte das Maximum mindestens 2V über der benötigten Spannung liegen.

Ist auch eine Dimmung gewünscht, so muss die Konstantstromquelle auch dimmbar sein. Weitere Informationen sind im nächsten Punkt (1.6 Dimmung) zu finden.

TIPP: Bei geringerem Betriebsstrom verlängert sich die Lebensdauer der LED.

WARNUNG: Spannungen über 120V (DC) sind lebensgefährlich! Sollte eine solche Spannung erreicht werden, sollten die LEDs auf mehrere Konstantstromquellen aufgeteilt werden.

1.5 Dimmung

Zur Dimmung von LEDs oder Modulen, die mit KSQ betrieben werden, muss diese eine Dimmansteuerung bieten. Das kann eine Ansteuerung mit 1-10V, PWM-Signal, einfaches Potentiometer, „Push-Dimmung“, DALI oder auch Wechselspannungsdimmung sein.

Es ist **nicht** möglich, einen Dimmer hinter der KSQ zu verwenden.

1.6 Anschluss

Die High-Power LEDs werden direkt an den Ausgang der Konstantstromquelle angeschlossen. Da der Strom bereits konstant ist, wird keinerlei weitere Elektronik benötigt.

Der Anschluss der Konstantstromquelle an 230V ist wie jede Installation an 230V durch eine Elektrofachkraft durchzuführen.

WARNUNG:

Grundsätzlich sollte die Konstantstromquelle nur mit angeschlossener Last (LEDs) unter Strom gesetzt werden, sonst kann im ersten Moment, wenn die LEDs bei eingeschalteter KSQ angeschlossen werden, ein sehr hoher Strom durch die LEDs fließen und diese verabschieden sich schneller, als die KSQ runter regeln kann. Aus diesem Grund niemals ausgangsseitig schalten oder LEDs bei eingeschalteter Konstantstromquelle anschließen, da die Konstantstromquelle im Leerlauf die maximale Spannung zur Verfügung stellt.

2 Beispiel

2.1 Vorgaben

Für eine Effektbeleuchtung soll eine grüne High-Power LED mit 100 bis 150lm verwendet werden. Die LED muss nicht dimmbar sein.

2.2 Wahl der LED

Hierzu wird die Nichia NCSG119 (ArtNr. **65708**) gewählt.

Kurzdatenblatt			
Strom	175mA	350mA	700mA
Spannung	3,4V	3,6V	4,1V
Effizienz	109lm/W	103lm/W	72lm/W
Lichtstrom	65lm	130lm	208lm

Die gewählte LED liefert den gewünschten Lichtstrom bei einem Strom von **350mA**. Da nur eine LED verwendet wird, beträgt die benötigte Spannung **3,6V**.

2.3 Dimensionierung des Kühlkörpers

Der passende Kühlkörper muss also einen Wärmewiderstand besitzen, der geringer ist als:

$$R_{thKK} = \frac{85^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}}{350\text{mA} \cdot 3,6\text{V}} = \frac{50^{\circ}\text{C}}{1,26\text{W}} = 39,68 \frac{\text{C}}{\text{W}} = 39,68 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Da eine Temperaturerhöhung von 1°C gleich 1K (Kelvin) ist, kann in der Formel das °C direkt durch K ersetzt werden.

Ein passender Kühlkörper wäre hier z.B. der Stern-Kühlkörper 51x51mm (ArtNr. **60003**).

Der Wärmewiderstand des Kühlkörpers beträgt 4,5K/W und ist somit absolut ausreichend.

2.4 Auswahl der Konstantstromquelle

Eine passende Konstantstromquelle muss einen Strom von 350mA liefern und einen Ausgangsspannungsbereich um die benötigten 3,6V besitzen.

Passend wären somit folgende Konstantstromquellen:

- Konstantstromquelle IP65 (ArtNr. **95040**)
Für den Einbau gedacht und nicht dimmbar
Ausgangsstrom: 350mA
Ausgangsspannung: 0,5 – 10V
- LUMITRONIX Konstantstromquelle (ArtNr. **95254**)
Für den Einbau gedacht und nicht dimmbar
Ausgangsstrom: 350mA
Ausgangsspannung: 0,5 – 34V

Passen könnte eventuell auch:

- Konstantstromquelle IP20 (ArtNr. **95090**)
Im Steckergehäuse, nicht dimmbar
Ausgangsstrom: 350mA
Ausgangsspannung: **3** – 10,5V

Da zwischen der minimalen Ausgangsspannung und der benötigten Spannung nur 0,6V liegen, könnte es hier bei einer LED mit geringerer Vorwärtsspannung bei Betriebstemperatur in seltenen Fällen zu Problemen führen.

Da jedoch nur eine LED verwendet wird, ist ein Problemfall sehr unwahrscheinlich.

2.5 Benötigtes Zubehör

Neben dem Befestigungsmaterial um den Kühlkörper zu fixieren wird auch noch Wärmeleitkleber oder ein wärmeleitendes Klebepad benötigt, um die Led auf den Kühlkörper zu kleben.

- Wärmeleitendes Klebepad (ArtNr. **60086**)
Zur einmaligen Benutzung, ermöglicht das spätere entfernen der LED
- Arctic Silver Wärmeleitkleber (ArtNr. **60006**)
Zur dauerhaften Befestigung der LED. Lösen der Verbindung später kaum/nur schwer möglich.

3 Häufig gestellte Fragen

F: Wieso muss eine LED gekühlt werden, eine Glühlampe aber nicht?

A: Eine Glühlampe ist ein sogenannter Thermostrahler und braucht die Hitze um Licht zu erzeugen. So sind im Inneren der Lampe bis zu 2000°C möglich. Eine LED hingegen hat einen komplett anderen Aufbau und sollte so kühl wie möglich gehalten werden, um maximale Effizienz und Lebensdauer zu erreichen.

F: Meine LED wird wärmer als 85°C, ist das in Ordnung?

A: Ab 85°C Gehäusetemperatur verkürzt sich die Lebensdauer einer LED rapide. Die Gehäusetemperatur wird als T_C bezeichnet und wird an den Lötstellen der LEDs oder an einem markierten T_C -Messpunkt gemessen. Wer diese Verkürzung (bis hin zu einer Lebensdauer von wenigen Sekunden) in Kauf nehmen kann, kann seine LED auch bei höheren Temperaturen betreiben.

F: Ist diese LED dimmbar?

A: Die LED als solche ist immer dimmbar. Ob und wie die Dimmung eines Aufbaus möglich ist, wird i.d.R. nur durch die verwendete Konstantstromquelle begrenzt.

F: Kann ich eines dieser Dimmer-Module zwischen die Konstantstromquelle und die LED schalten?

A: Wie bereits unter 1.5. Dimmung geschrieben ist die Verwendung von Dimmer-Modulen zwischen Konstantstromquelle und LED nicht möglich.

F: Die LEDs blinken nach dem Einschalten, sind sie defekt?

A: Im Regelfall nein. Meist entsteht ein Blinken dann, wenn die LEDs nicht im Ausgangsspannungsbereich der Konstantstromquelle liegen.

F: Meine LED ist nach wenigen Sekunden/Minuten ausgefallen – warum?

A: Mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit war die verwendete Kühlung nicht ausreichend oder es war keine Kühlung vorhanden. Beachten Sie hierzu bitte [1.2 Kühlung](#).

To be continued ...

4 Sicherheitshinweise

- Installationen an 230V dürfen nur von Fachpersonal erfolgen.
- Es sollten nur Konstantstromquellen verwendet werden, deren Ausgangsspannung SELV (= Schutzkleinspannung) ist.
- Wenn Sie sich nicht 100% sicher sind unterlassen Sie den Aufbau und halten Sie Rücksprache mit einer fachkundigen Person.

To be continued ...