Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 102 (2011)
Heft: 1

Artikel: Die Kühlung von Power-LEDs
Autor: Müller, Christoph / Klett, Sven
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856771

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Kühlung von Power-LEDs

Was beim Design von LED-Systemen berücksichtigt werden soll

Es ist bekannt, dass erhöhte Betriebstemperaturen die Lebensdauer einer Power-LED reduzieren und die Lichtstärke und Lichtfarbe negativ beeinflussen. Aber wie kann sichergestellt werden, dass Power-LEDs genügend wirksam gekühlt werden? Worauf muss geachtet werden?

Telcona

Bild 2 700-mA-Konstantstromversorgung für 10-W-LED.

Christoph Müller, Sven Klett

Power-LEDs mit Leistungen von 5 bis 100 W haben in der Beleuchtungstechnologie Einzug gehalten und bieten eine Vielfalt von neuen Möglichkeiten dank ihrer herausragenden Eigenschaften wie hoher Lichtleistung pro Watt, kleinen Abmessungen, langer Lebensdauer, hoher Anzahl Schaltzyklen, kaltem Licht (UV- und IR-freies Licht), um nur die wichtigsten zu nennen.

Da LEDs nicht verlustfrei arbeiten, entsteht bei ihrem Betrieb auch Wärme, die aber im Gegensatz zur Glühlampe nicht als Infrarotanteil im Lichtstrom abgeleitet wird, sondern vom LED-Chip an die Aussenluft abgeleitet werden muss. Zudem ist eine tiefe Chiptemperatur essenziell, um Lichtstärke, Lichtfarbe und nicht zuletzt die Lebensdauer der LED sicherzustellen. Also muss der Chip gekühlt werden, d.h., die entstehende Wärme muss möglichst verlustfrei an die Umgebungsluft abgegeben werden. Dabei wird die gleiche Technologie wie schon seit Jahrzehnten bei der Kühlung von Leistungshalbleitern wie Transistoren, Thyristoren, Dioden etc. angewendet (Bild 1).

Übergang zum Trägermaterial

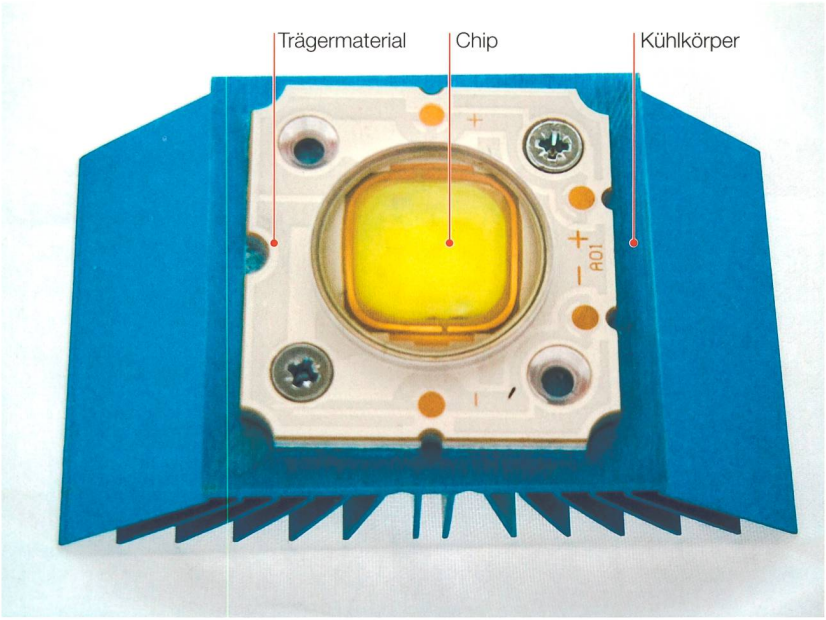
Wir müssen von der Voraussetzung ausgehen, dass der LED-Chip höchstens 125 °C erreichen darf, da sonst seine Lebenserwartung drastisch sinkt oder er zerstört wird. Das erste Hindernis im Wärmefluss ist der Übergang vom Chip zu seinem Trägermaterial, meistens Keramik oder Aluminium. Diesen Wärmewiderstand ($R_{th\,JS}$) muss der Hersteller möglichst niedrig halten. Er wird in K pro W definiert. Je höher die Leistung der LED, desto niedriger muss der Wert sein, um eine genügende Kühlung zu gewährleisten. Je nach LED-Leistung bewegt sich dieser Wert zwischen 0,5 und 4 K/W.

Stromversorgung

LEDs müssen unbedingt mit Konstantstrom betrieben werden, d.h. mit einem Vorschaltgerät, das der LED aus der 230-V-Netzspannung oder einer Konstantgleichspannung (z.B. 24 V) stabil den spezifizierten Nennstrom liefert. Die Stromquelle passt dabei die Ausgangsspannung der sich unter dem Temperaturanstieg der LED verändernden Vorwärtsspannung an. Vorwiderstände sind nur bei sehr kleinen Leistungen bis max. 0,5 W als Konstantstromquelle geeignet (Bild 2).

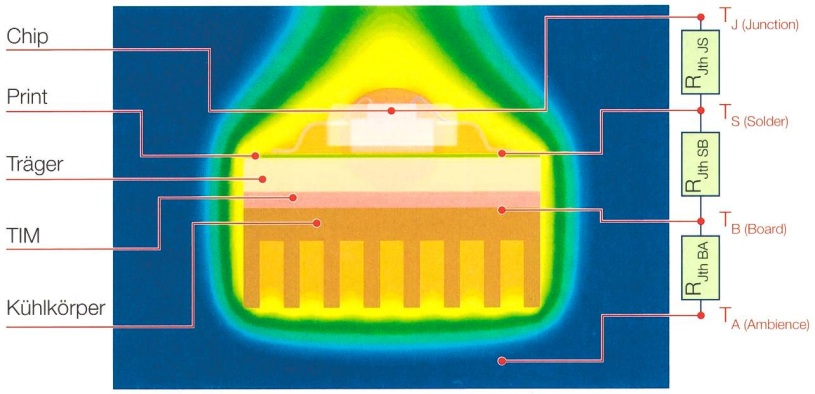
Kleber oder Filme?

Eine 10-W-LED mit einem Wärmeübergangswiderstand von 2 K/W wird in jedem Fall eine Chiptemperatur aufweisen, die um 20 °C höher ist als die ihres Substrats (Trägermaterial). Der Einfluss des Anwenders beginnt beim Wärmeübergang von Trägermaterial zum Kühlkörper. Dabei ist darauf zu achten, dass die Oberfläche des Kühlkörpers plan ist, um einen möglichst guten Wärmekontakt zum LED-Trägermaterial, das im Normalfall auch eine hohe Planarität aufweist, zu gewährleisten. In jedem Falle ist die Anwendung von sogenanntem TIM (Thermal-Interface-Material) unerlässlich. Klassische Wärmeleitpaste, adhäsive Wärmeleitpads, Wärmeleitkleber oder ultradünne «Phase-Change»-Filme verwandeln thermisch isolierende



Telcona

Bild 1 10-W-Power-LED montiert auf Lamellen-Kühlkörper mit 1,3 K/W.



Elinter

Bild 3 Thermisches Ersatzschaltbild einer LED mit Kühlkörper.

Luftspalten zu wärmeleitenden Übergängen. Die teilweise selbstklebenden Lösungen erübrigen zudem die mechanische Befestigung durch Schrauben oder Klammern und können sehr rationell appliziert werden. Der Wärmeübergangswiderstand ($R_{th\ SB}$) zwischen Power-LED und Kühlkörper beträgt im optimalen Fall etwa 0,2 K/W. Diese addieren sich zu den 2,0 K/W der LED. **Bild 3** zeigt auf, wie dies schematisch aussieht.

Die 10-W-LED hat jetzt also einen Wärmeanstieg von 2,2 K/W erreicht. Man kann also davon ausgehen, dass der LED-Chip 25 °C wärmer sein wird als der Kühlkörper.

Spezifisches Vorgehen

Wenn wir bei unserer Rechnung vom LED-Chip ausgehen, müssen wir zuerst entscheiden, welche maximale Temperatur der Chip erreichen darf. Diese muss wie erwähnt so niedrig wie möglich gehalten werden. Ideal wäre, sie bliebe bei 25 °C, denn bei dieser Temperatur werden auch alle elektrischen und optischen Werte der LED definiert. Das heisst, eine 10-W-LED, die mit einem Lichtstrom vom 700 lm spezifiziert ist, wird diesen Wert im besten Falle bei einer Chiptemperatur von 25 °C erreichen, was in der Praxis unmöglich ist.

Mit jedem °C fällt die Lichtleistung ab und liegt bei einer Chiptemperatur von 100 °C noch bei etwa 50 %. Auch die Lebensdauer wird auf wenige 1000 h zurückgehen. Solch hohe Chiptemperaturen sind also auf jeden Fall zu vermeiden. Es treten dabei auch Farbtemperaturveränderungen auf, die vom ursprünglichen Weiss massiv abweichen können. Es ist anzustreben, dass der Chip nicht heisser wird als etwa 80 °C. Das bedeutet, dass die Temperatur des Kühlkörpers 55 °C (80 °C – 25 °C) nicht überschreiten darf. Ausgehend von der Raumtemperatur von 25 °C darf der Kühlkörper die Temperatur nur um 25 °C erhöhen. Dieser Wert wird bei der Spezifizierung des Kühlkörpers ebenfalls in K/W angegeben. Unser Kühlkörper darf bei einer 10-W-LED also einen $R_{th\ BA}$-Wert von max. 2,5 K/W aufweisen. Diese Werte werden vom Kühlkörperhersteller angegeben und sind von Material und Oberfläche abhängig. Es darf dabei natürlich nicht vergessen werden, dass die 25 °C Umgebungstemperatur in der Praxis wahrscheinlich auch weit höher liegen können. Vielleicht sogar 40 °C. Dann muss der Kühlkörper eine Wärmeableitfähigkeit von 1,5 K/W haben, um innerhalb der gewünschten maximalen Chiptemperatur von 80 °C zu bleiben. Er muss also wesentlich grösser dimensioniert sein. Bei diesen Werten gehen wir von Konvektionskühlung aus. Der Kühlkörper muss also in der Lage sein, seine Wärme ungehindert an die Aussenluft abzugeben. Optimalerweise müssen seine Kühlrippen vertikal, d. h. im Wärmeflussverlauf angeordnet sein. Die einzelnen Kühlkörper müssen auch genügend Distanz zueinander haben, um sich nicht gegenseitig zu erwärmen. Bei Deckenleuchten kann auch der Wärmestau nach oben problematisch werden.

Wärmestrahlung

Ein nicht zu vernachlässigender Punkt ist zudem die Wärmeabgabe über Wärmestrahlung. Der Anteil der Wärmestrahlung kann bis zu 30 % betragen. Daher ist das Augenmerk auf eine leistungsfähige thermische Beschichtung zu legen. Blanke metallische Flächen sind zu vermeiden. Die Farbe der Beschichtung (Eloxalschicht oder Lackierung) spielt eine untergeordnete Rolle.

Sehr geeignet sind für diesen Zweck Pinbloc-Fingerkühlkörper, die dem Zweck, Licht nach unten zu strahlen und Wärme nach oben abzuleiten, sehr entgegenkommen. Die abgebildeten Typen haben einen Wärmewiderstand von 2,3 K/W und eignen sich so sehr gut für LEDs mit max. 10 W Leistung **(Bild 4)**.

Elinter

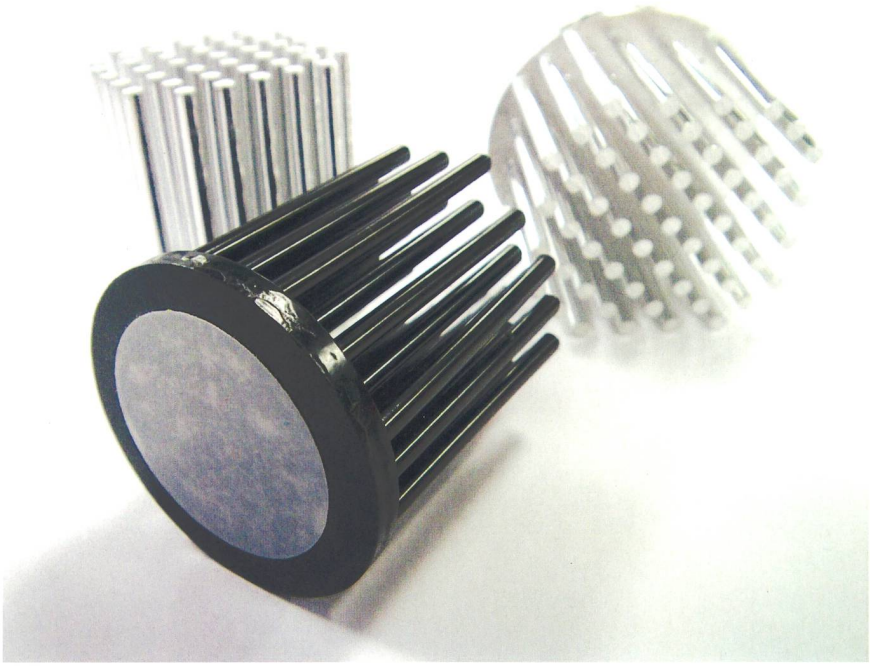
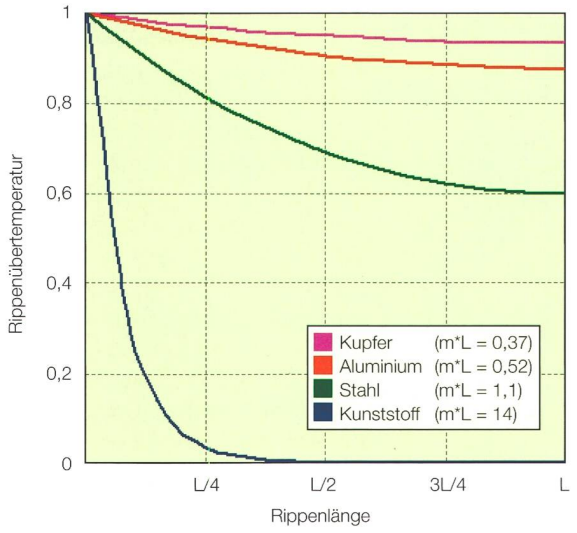


Bild 4 Pinbloc-LED-Kühlkörper komplett mit vorappliziertem TIM.



Elinter

Bild 5 Wärmeleitfähigkeit verschiedener Materialien.

Einsatz von Gehäuse

Selbstverständlich können auch Gehäuseteile zur Kühlung der LED benutzt werden. Es kann allerdings nur Material verwendet werden, das eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweist, wie Aluminium oder Kupfer. Stahlblech und Edelstahllegierungen sind ungeeignet. Optimal ist, wenn ein Gehäuseteil zum Kühlkörper ausgebildet werden kann, d.h. eine gerippte Aussenfläche hat.

Aktivkühlung

Für gewisse Anwendungen kann auch die Aktivkühlung, d.h. die Zuhilfenahme eines Ventilators, sinnvoll sein. Die Kühlleistung ist so mindestens um Faktor 5 besser als bei der Konvektionskühlung. Es können dabei auch Kühlkörper mit sehr nahe beieinanderliegenden Kühlrippen verwendet werden, die sich bei reiner Konvektion nur gegenseitig aufheizen würden. Somit kann die Kühlfläche auf gleichem Raum wesentlich erhöht werden. Die Nachteile dieser Art der Kühlung sind Verschmutzung, der Verschleiss des Lüfters (dessen Lebensdauer wesentlich geringer ist als die der LED), die Geräuschentwicklung und die zusätzliche Stromversorgung für den Lüfter. Bei LEDs mit sehr hohen Leistungen wie 50 bis 100 W wird man allerdings kaum daran vorbeikommen. Im Falle von nur kurzzeitigen Anwendungen wie Notbeleuchtungen, Signalisationen, Baustellenbeleuchtungen, Messebeleuchtungen, Studio- und Bühnenbeleuchtungen muss dies nicht unbedingt ein Nachteil sein und erlaubt den Bau von sehr kompakten Hochleistungs-LED-Leuchten. Wenn allerdings genügend Platz vorhanden ist, wie im Beispiel des 10000-lm-LED-Scheinwerfers in **Bild 6**, der für Dauerbetrieb ausgelegt ist, können auch 150 W über das Gehäuse abgeführt werden.

Thermoschalter

Um Beschädigungen der LED oder der Stromversorgung bei zu hohen Aussentemperaturen (versehentliches Einschalten bei hoher Sonneneinstrahlung) zu vermeiden, kann ein Thermoschalter eingesetzt werden, der bei einer Kühlkörpertemperatur über 80 °C automatisch abschaltet.

Angaben zu den Autoren

Christoph Müller ist eidg. dipl. Elektroniker, eidg. dipl. Verkaufsleiter, Gründer und Geschäftsführer der Telcona AG (Power-LED und LED-Driver).
Telcona AG, 8154 Oberglatt
christoph.mueller@telcona.com

Sven Klett, Ing. Mechatronik, ist Product Manager bei der Elinter AG (Wärmesimulation und komplette LED-Kühllösungen).
Elinter AG, 6330 Cham, sven.klett@elinter.ch

Résumé

Refroidissement des LEDs haute puissance

Critères à intégrer dans la conception de systèmes d'éclairage LED

Les LEDs haute puissance connaissent une popularité croissante dans l'éclairage. Un refroidissement efficace est extrêmement important pour pouvoir assurer une longue durée de vie et garantir que ni l'intensité lumineuse ni la couleur ne soient altérées. Cet article décrit dans quelle mesure le refroidissement doit être pris en compte pendant la conception de solutions d'éclairage LED. No

Telcona

Bild 6 LED-Scheinwerfer für Aussenanwendungen.