

GE Germany  
Lighting

# Infusion™ LED Module

## Infusion™ LED Module

THERMAL  
CONSIDERATIONS

THERMISCHE  
EIGENSCHAFTEN



GE imagination at work

[www.gelighting.com](http://www.gelighting.com)

# Thermal considerations

## Thermische Eigenschaften

In order to function optimally, GE Infusion™ LED Modules must be attached to a heat dissipation system; this section looks at the factors that must be taken into account when designing such a system. LEDs must operate within specified temperature limits; failure to do so will accelerate chip degradation, affecting the lifetime and lumen output of the module. The GE Infusion™ LED Module system transfers most of its heat through conduction; the use of a heat sink allows convection to dissipate the heat into surrounding air.

### Temperature measurement point

A measuring point on the module,  $T_c$  (see photograph), correlates to the junction temperature of the LED chip. In order to meet life claims, and for product warranties to be valid, the temperature at  $T_c$  should not exceed 80°C in the environment in which the module is to be operated.

Um optimal funktionieren zu können, müssen die GE Infusion™ LED-Module an einen Kühlkörper angeschlossen werden. In diesem Abschnitt werden die Faktoren behandelt, die beim Design eines solchen berücksichtigt werden müssen. LEDs müssen innerhalb eines vorgegebenen Temperaturbereichs arbeiten; eine Nichteinhaltung beschleunigt die Alterung der Bauteile und hat Auswirkungen auf Lebensdauer und Lichtstromerhalt des Moduls. Das GE Infusion™ LED-Modulsystem überträgt den Großteil seiner Wärme durch Ableitung. Durch die Nutzung eines Kühlkörpers kann die Wärme durch Konvektion an die Umgebungsluft abgeführt werden.

### Temperaturmesspunkt

Ein Messpunkt auf dem Modul,  $T_c$  (siehe Foto), korreliert mit der Sperrschichttemperatur des LED-Chips. Als Voraussetzung für die Annahme von Garantie- und Gewährleistungsansprüchen darf die Temperatur bei  $T_c$  in der Umgebung, in der das Modul betrieben wird, 80°C nicht überschreiten.

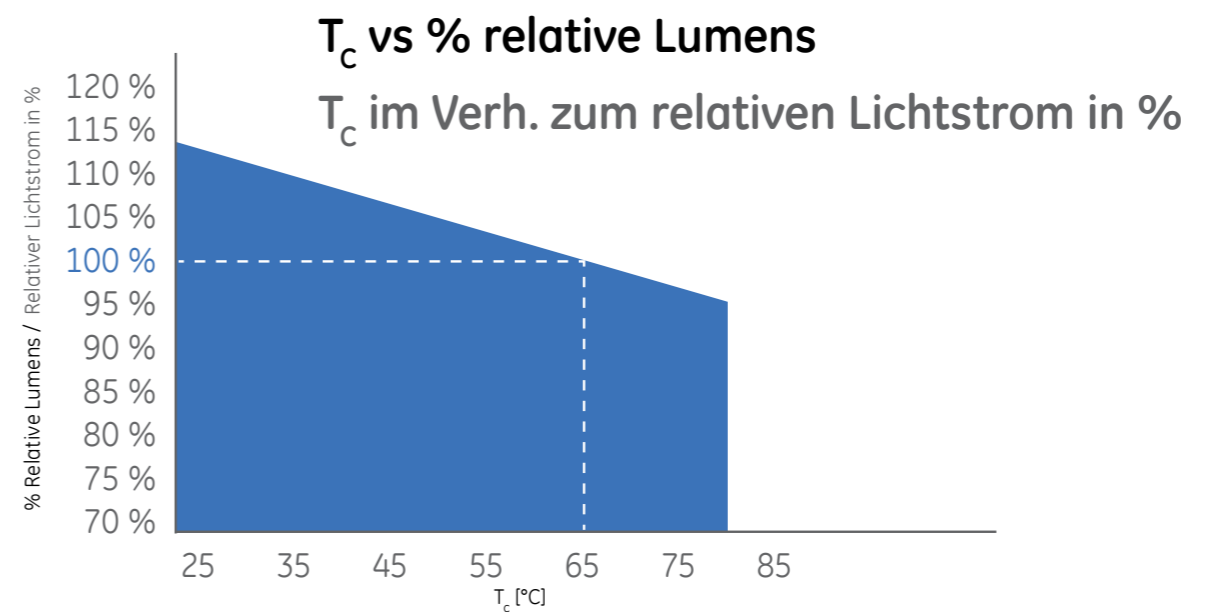
The temperature should be measured using a pre-welded thermocouple. The tip of the thermocouple must be pressed against the surface of the module as any material or space between the two will result in inaccurate readings; a thermal epoxy can be used. The temperature reading should be taken after the system has reached steady state. The operating temperature of the module will also impact on lumen output. Claimed lumens assumes a steady-state  $T_c$  reading of 65°C. Modules operating cooler than this will have higher lumen output, while modules operating at a higher temperature will show a reduction in lumens, as illustrated in the graph below.

Die Temperatur muss mithilfe eines geeigneten Thermofühlers gemessen werden. Die Spitze des Thermofühlers muss innig mit der Oberfläche des Moduls verbunden werden, da jegliche Fremdkörper oder Lücken zwischen Thermoelement und Modul zu Fehlmessungen führen. Zum Befestigen des Thermofühlers kann thermisches Epoxidharz verwendet werden. Die Temperaturablesung sollte erfolgen, nachdem das System einen stabilen Zustand erreicht hat. Die Betriebstemperatur des Moduls hat Einfluss auf den Lichtstrom. Die Lichtstromangaben beruhen auf einer  $T_c$ -Temperatur von 65°C in stabilem Zustand. Module, die bei geringeren Temperaturen arbeiten, haben einen höheren Lichtstrom, während Module, die bei höheren Temperaturen arbeiten, wie in der nachfolgenden Grafik dargestellt, eine Reduzierung des Lichtstroms aufweisen.



Temperature measurement point ( $T_c$ )

Temperaturmesspunkt ( $T_c$ )



### Operation under built-in conditions

If the heat dissipation system is in an enclosed area or there is an obstacle in the airflow path, lack of airflow may result in inadequate dissipation.

As heat must be dissipated into the surrounding environment in order to meet the performance claims, it is important to maximize the efficiency of the heat sink. Heat fins should therefore be parallel to the direction of airflow (density of air decreases when heated, causing it to flow upwards). Another factor to consider is the trade off between heat fins and airflow – closely packed heat fins may result in higher surface area, but may also interfere with convection.

### Temperature and performance

The ambient temperature must be taken into consideration when designing the heat sink. The application of the product, such as track lighting or a recessed product, will drive the thermal design of the system. The GE Infusion™ LED Module will operate in the range of -20°C to 45°C ambient temperature as long as a  $T_c$  of 80°C is not exceeded.

### Betrieb in eingebautem Zustand

Wenn sich der Kühlkörper in einem eingeschlossenen Bereich befindet oder wenn Hindernisse den Luftstrom blockieren, kann mangelnde Luftströmung zu unzureichender Wärmeableitung führen.

Da die Wärme in die Umgebung abgegeben werden muss, um die Leistungsangaben zu erfüllen, ist es wichtig, die Wirksamkeit des Kühlkörpers zu maximieren. Die Lamellen des Kühlkörpers sollten daher parallel zur Luftströmungsrichtung verlaufen (die Dichte der Luft verringert sich durch Wärme, wodurch sie nach oben steigt). Ein weiterer zu berücksichtigender Faktor ist die Wechselbeziehung zwischen den Lamellen des Kühlkörpers und dem Luftfluss – eng aneinanderliegende Lamellen können eine größere Oberfläche ergeben, können aber auch die Wärmekonvektion behindern.

### Temperatur und Leistung

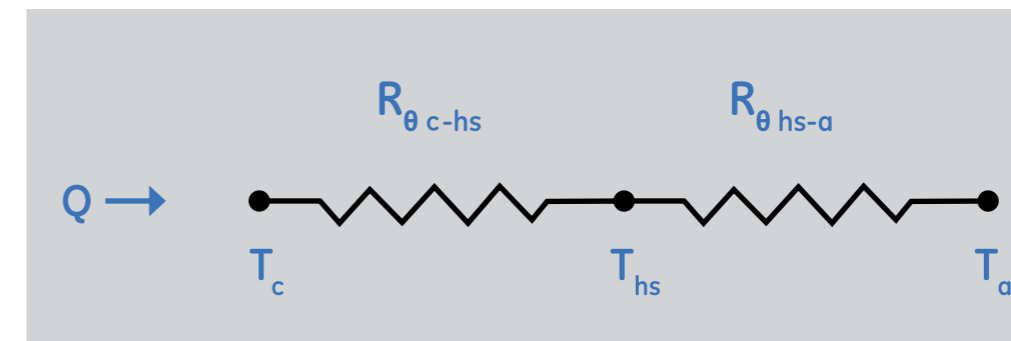
Bei der Konstruktion des Kühlkörpers muss die Umgebungstemperatur berücksichtigt werden. Die thermische Konstruktion des Systems wird durch den Einsatz des Produkts, wie z. B. in einer Stromschiene oder als Downlight, bedingt. Die Betriebstemperatur des GE Infusion™ LED-Moduls liegt in einem Umgebungstemperaturbereich von -20°C bis 45°C, sofern ein  $T_c$  von 80°C nicht überschritten wird.

### Thermal model

The primary mathematical tool used to explain the impedance between various surfaces is thermal resistance. A simplified series thermal resistance circuit model for the LED heat system is shown below.

### Thermisches Modell

Der thermische Widerstand ist die mathematische Erklärung der Impedanz zwischen verschiedenen Oberflächen. Ein vereinfachtes Schaltkreismodell zum thermischen Widerstand des LED-Wärmesystems dieser Serie ist unten dargestellt.



$Q$  = heat transfer through the circuit  
 $T_a$  = ambient temperature  
 $T_{hs}$  = temperature of the heat sink  
 $T_c$  = point measured on the module  
 $R_{\theta value}$  = thermal resistance between the two temperature nodes.

$R_{\theta}$  resistance between the heat sink and ambient air depends on the conductivity of the heat sink and fin configuration. Transfer of heat between  $T_c$  and  $T_{hs}$  is mostly through conduction; heat is dissipated from the heat sink to ambient through convection and to a lesser degree, radiation. Radiation of smooth surfaces can be enhanced by anodizing or other techniques.

$Q$  = Wärmetransport durch den Schaltkreis  
 $T_a$  = Umgebungstemperatur  
 $T_{hs}$  = Temperatur des Kühlkörpers  
 $T_c$  = gemessener Punkt am Modul  
 $R_{\theta Wert}$  = thermischer Widerstand zwischen den zwei Temperaturknoten.  
 $R_{\theta}$  Der Widerstand ( $R_{\theta}$ ) zwischen dem Kühlkörper und der Umgebungsluft ist abhängig von der Leitfähigkeit des Kühlkörpers und der Lamellenkonfiguration. Die Übertragung von Wärme zwischen  $T_c$  und  $T_{hs}$  erfolgt hauptsächlich über Ableitung. Die Wärme wird vom Kühlkörper durch Konvektion und, in geringerem Maß, durch Strahlung an die Umgebung abgegeben. Die Strahlung glatter Oberflächen kann durch Eloxierung (schwarz) oder andere Techniken verbessert werden.

### Designing a heat sink

The necessary size of the heat sink will depend on the temperature difference between  $T_c$  and ambient temperature, total input power, and material properties of the heat sink. To ensure that adequate heat is dissipated from the light engine, heat sink design must take into account the input power to the LED module as well as effects from nearby heat sources. Assuming that ambient temperature is 25°C,  $T_c$  is 65°C, the heat sink is in a free-air condition, and the module is run at nominal current (necessary to achieve the rated lumens) the minimum  $R\theta_{hs-a}$  needed of the different module systems is published in the table below. A smaller  $R\theta_{hs-a}$  will improve thermal performance.

### Konstruktion eines Kühlkörpers

Die erforderliche Größe des Kühlkörpers ist abhängig von dem Temperaturunterschied zwischen  $T_c$  und der Umgebungstemperatur, der aufgenommenen Gesamtleistung und den Materialeigenschaften des Kühlkörpers. Um sicherzustellen, dass ausreichend Wärme vom Light Engine abgeleitet wird, müssen bei der Konstruktion des Kühlkörpers die Leistungsaufnahme des LED-Moduls sowie die Einflüsse nahegelegener Wärmequellen berücksichtigt werden. Angenommen, die Umgebungstemperatur beträgt 25°C,  $T_c$  ist 65°C, der Kühlkörper befindet sich an der freien Luft und das Modul läuft bei Nennstrom (erforderlich um die Nennlichtstrom zu erreichen), betragen die maximalen  $R\theta_{hs-a}$ -Werte für die unterschiedlichen Modulsysteme:

There must be a clear path for heat transfer from the heat source to the environment. The heat from the LED module travels via conduction through the heat sink to the heat fins, and then to the ambient environment through convection (and to a lesser degree through radiation). Each interface in the system will add to the overall resistance of the system so good thermal conductivity is important at every point of the thermal path. If the heat sink is manufactured in multiple pieces, care must be taken to manage the impact of each interface. For example, applying a thin layer of thermal grease between the interfaces or applying significant pressure between components may improve thermal conductivity. The convection heat transfer will occur at the surface of the heat sink. Generally, more surface area will dissipate more heat to the environment.

Die Wärmeabgabe von der Wärmequelle in die Umgebung darf nicht blockiert werden. Die Wärme vom LED-Modul bewegt sich durch Ableitung durch den Kühlkörper zu den Lamellen und dann durch Konvektion (und in geringerem Maß durch Strahlung) in die Umgebung. Jede Kontaktfläche im System trägt zum Gesamtwiderstand bei, sodass eine gute thermische Leitfähigkeit an jedem Punkt der Wärmeableitung wichtig ist. Sofern der Kühlkörper in mehreren Teilen gefertigt wird, muss auf die Auswirkungen der einzelnen Schnittstellen geachtet werden. Zum Beispiel kann das Auftragen einer dünnen Schicht Wärmeleitpaste zwischen den Schnittstellen oder die Ausübung von Druck zwischen den Bauteilen die Wärmeleitfähigkeit verbessern. Die Wärmeübertragung durch Konvektion erfolgt an der Oberfläche des Kühlkörpers. Grundsätzlich wird bei einer größeren Oberfläche mehr Wärme in die Umgebung abgegeben.

Module Series Lumen Value Lichtstromwert Modulserie	Required Heat Sink $R\theta$ [K/W] Erforderlicher Kühlkörper $R\theta$ [K/W]
NPM	1.65
1000	2.7
1500	1.7
2000	1.3
3000	0.75
4500	0.75
DLM1000	2.6
DLM1500	1.9
DLM2000	1.3
DLM3000	0.76
DLM4000	0.46

**Notes:**  $R\theta_{hs-a}$  can generally be reduced by adding heat fin surface area or introducing forced convection via active cooling methods  
**Hinweise:**  $R\theta_{hs-a}$  kann im Allgemeinen durch Vergrößerung der Oberfläche der Kühlkörperlamellen oder erzwungene Konvektion über aktive Kühlmethode reduziert werden.

### Active cooling for compact luminaires

The design guide on the preceding pages considers a 'passive cooling' scenario, where a static heat sink is used to dissipate most of the heat generated by the LED module.

However, the higher the wattage of the LED module, the larger the heat sink required and this can present a challenge where compact luminaires are required. The solution will often involve 'active cooling' methods, whereby air is moved over the cooling surfaces to increase the heat transfer coefficient.

Two types of active cooling solution are currently available: fans and synthetic jets. Synthetic jets use oscillating diaphragms to create high velocity pulses of air that can be precisely directed to the area requiring most critical cooling.

Design considerations for active cooling are:

- Provision in luminaire design for inlet of cool air and outlet of hot air, ensuring smooth airflow and preventing restrictions in the flow path
- Avoidance of recirculation of hot air inside the luminaire, which leads to lower thermal performance
- Minimizing noise of fan or synthetic jet by avoiding unnecessary openings near the fan or synthetic jet in the luminaire housing

### Aktive Kühlung für kompakte Leuchten

Der Konstruktionsleitfaden auf den vorangehenden Seiten geht von einem Szenario mit „passiver Kühlung“ aus, bei dem ein statischer Kühlkörper genutzt wird, um einen Großteil der von dem LED-Modul erzeugten Wärme abzuleiten.

Je höher die Leistungsaufnahme des LED-Moduls jedoch ist, desto größer ist die benötigte Wärmeableitung. Dies kann problematisch werden, wenn kompakte Leuchten verlangt werden. Die Lösung ist häufig eine „aktive Kühlmethode“, bei der Luft über die zu kühlenden Oberflächen geleitet wird, um den Wärmeübertragungskoeffizienten zu erhöhen.

Derzeit sind zwei Arten von aktiven Kühllösungen erhältlich: Lüfter und „Synthetic Jets“. Bei Synthetic Jets werden oszillierende Membranen genutzt, um Luftstöße mit hoher Geschwindigkeit zu erzeugen, die präzise in die Bereiche gelenkt werden können, die am stärksten gekühlt werden müssen.

Bei der Konstruktion einer aktiven Kühlung ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Ein Einlass für kühle Luft und ein Auslass für erwärmte Luft in der Leuchte, sodass ein gleichmäßiger Luftstrom gewährleistet und Behinderungen des Luftstroms verhindert werden
- Vermeidung der Rezirkulation warmer Luft im Inneren der Leuchte, die zu geringerer thermischer Leistung führt
- Minimierung der Geräusche von Lüftung oder Synthetic Jet durch Vermeidung unnötiger Öffnungen in der Nähe von Lüftung oder Synthetic Jet im Leuchtengehäuse

### GE Partners for Infusion™ LED Module cooling solutions

GE is working with a number of partner companies who are developing both active and passive cooling solutions for Infusion™ LED modules. Please check our website for more information: [www.gelighting.com/eu/](http://www.gelighting.com/eu/)

### Evaluating the thermal system

It is essential that the system be evaluated in its intended application. Factors such as whether a system is recessed/tracked or insulated/non-insulated will impact on performance and an environment with a high ambient temperature and restricted airflow will require a more efficient thermal system. The temperature at  $T_c$  should be measured to ensure that it is below the specified maximum temperature ( $T_c = 80\text{ °C}$ ) and – in order to achieve rated lumens – at or below the specified performance temperature ( $T_c = 65\text{ °C}$ ).

If the system does not meet these criteria, improve heat sink or active cooling system performance.

### GE Partner für Kühllösungen für Infusion™ LED-Module

GE arbeitet mit einer Reihe von Partnerunternehmen zusammen, die sowohl aktive als auch passive Kühllösungen für Infusion™ LED-Module entwickeln. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Website: [www.gelighting.com/eu/](http://www.gelighting.com/eu/)

### Beurteilung des thermischen Systems

Das gesamte System muss in seiner beabsichtigten Anwendung anhand verschiedener Faktoren überprüft werden. Die Voraussetzungen, beispielsweise ob ein System eingebaut/in Stromschienen montiert oder isoliert/nicht isoliert ist, haben Einfluss auf die Leistung. Zudem erfordert ein Umfeld mit einer hohen Umgebungstemperatur und eingeschränktem Luftstrom ein effizienteres thermisches System.

Die Temperatur bei  $T_c$  muss gemessen werden, um sicherzustellen, dass sie unter der angegebenen Maximaltemperatur ( $T_c = 80\text{ °C}$ ) und bei oder unter der empfohlenen Temperatur ( $T_c = 65\text{ °C}$ ) liegt, um den Nennlichtstrom zu erreichen.

Wenn das System diese Kriterien nicht erfüllt, muss die Leistung des Kühlkörpers oder des aktiven Kühlsystems verbessert werden.

[www.gelighting.com](http://www.gelighting.com)



and General Electric are both registered trademarks  
of the General Electric Company  
und General Electric sind eingetragene Marken  
der General Electric Company