

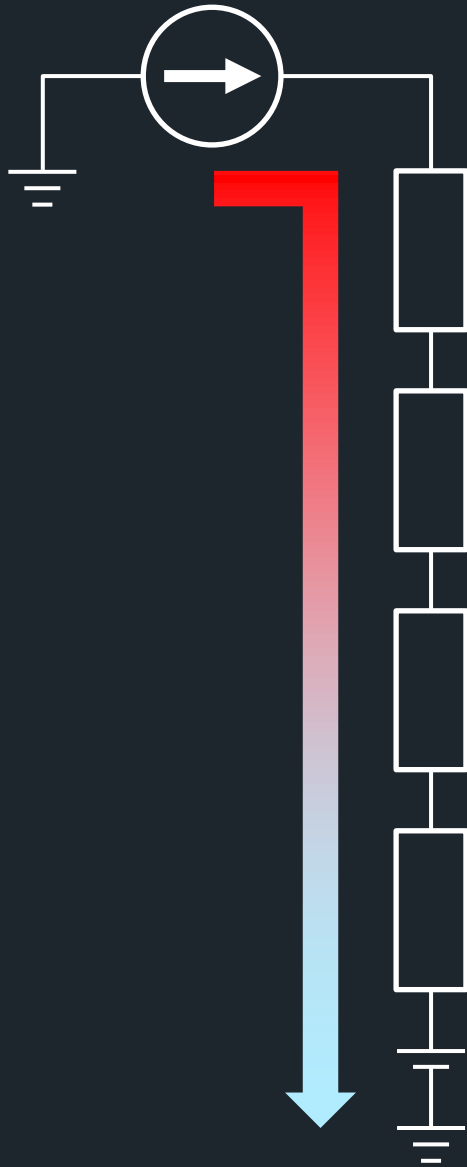


THERMAL MANAGEMENT IN OUR ELECTRONICS DEVICES: HEATSINK SOLUTIONS

Frank Gräber
Fields Application Engineer

Maria Cuesta
Product Management

Agenda



Warum Kühlung?

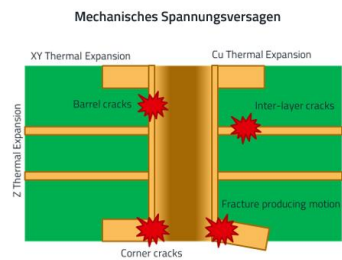
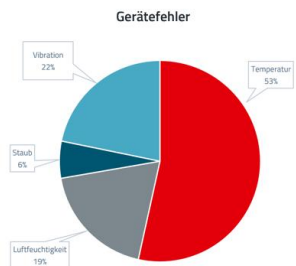
Begriffe und Grundlagen der Wärmeübertragung

Kühlkörper Grundlagen

Kühlkörper Produktübersicht

Warum Kühlen?

Problemstellung



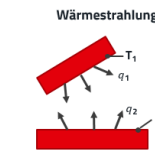
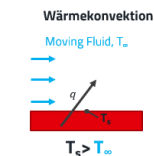
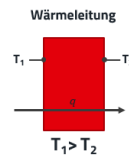
8 | THERMAL MANAGEMENT IN OUR ELECTRONIC DEVICES: HEATSINK SOLUTIONS
WEBINAR | FRG | 26-0V1-DE - APRIL 2026



Begriffe und Grundlagen der Wärmeübertragung

Wie sich Wärme verteilt

- Das Ziel des Wärmemanagements in der Elektronik, ist die Steuerung der **Wärmeübertragung**.
- Wärmeübertragung ist die Energie, die aufgrund eines **Temperaturunterschieds** transportiert wird.
- Das sind die 3 Hauptübertragungsarten:

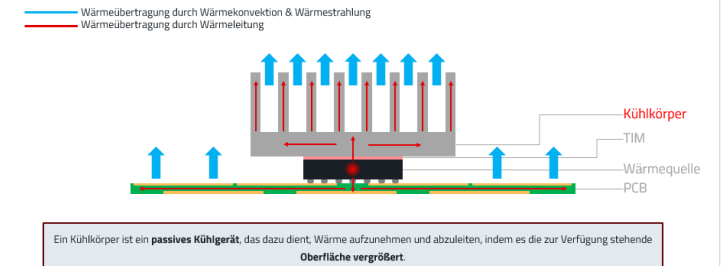


12 | THERMAL MANAGEMENT IN OUR ELECTRONIC DEVICES: HEATSINK SOLUTIONS
WEBINAR | FRG | 26-0V1-DE - APRIL 2026



Kühlkörper Grundlagen

Wärmeübertragung bei einem Kühlkörper



17 | THERMAL MANAGEMENT IN OUR ELECTRONIC DEVICES: HEATSINK SOLUTIONS
WEBINAR | FRG | 26-0V1-DE - APRIL 2026



Kühlkörper Produktübersicht

Allgemein

Thermal Management
Please select product family

All subcategories

WE-HTO
WE-HIC
WE-HTOI/WE-HICI

38 | THERMAL MANAGEMENT IN OUR ELECTRONIC DEVICES: HEATSINK SOLUTIONS
WEBINAR | FRG | 26-0V1-DE - APRIL 2026



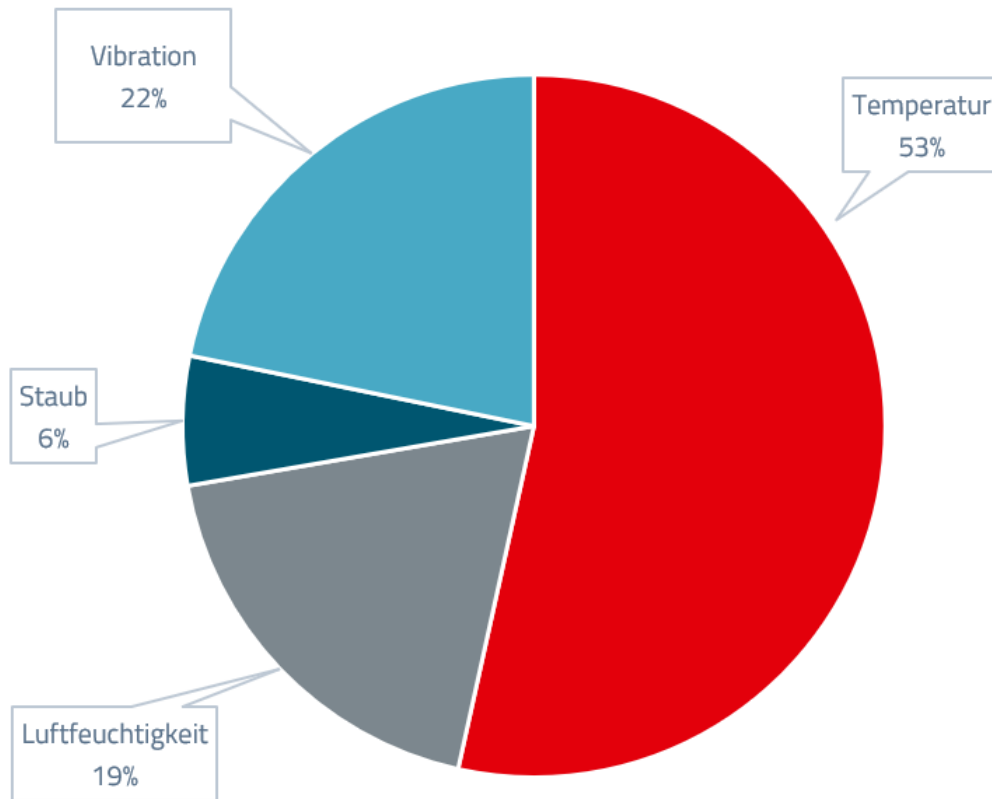
60 | THERMAL MANAGEMENT IN OUR ELECTRONIC DEVICES: HEATSINK SOLUTIONS
WEBINAR | FRG | 26-0V1-DE - APRIL 2026



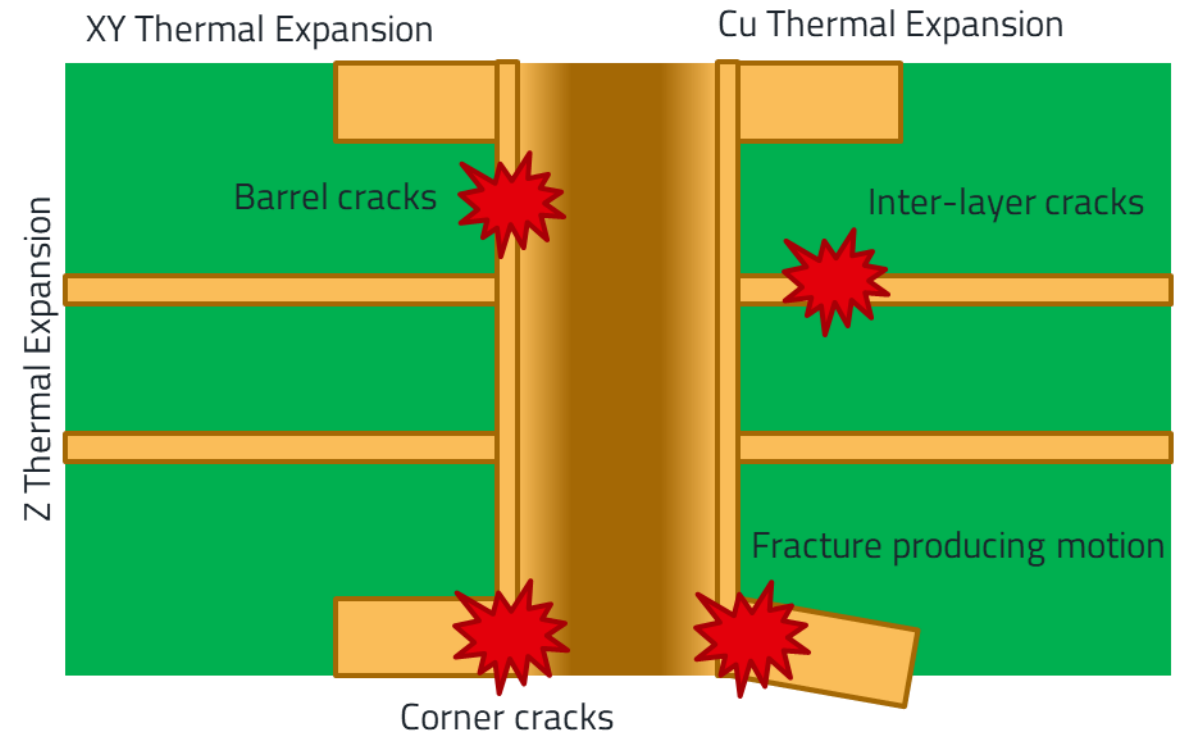
Warum Kühlen?

Problemstellung

Gerätefehler



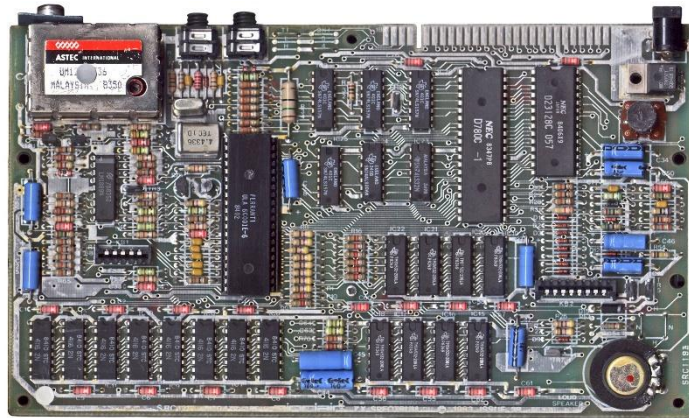
Mechanisches Spannungsversagen



Warum Kühlen?

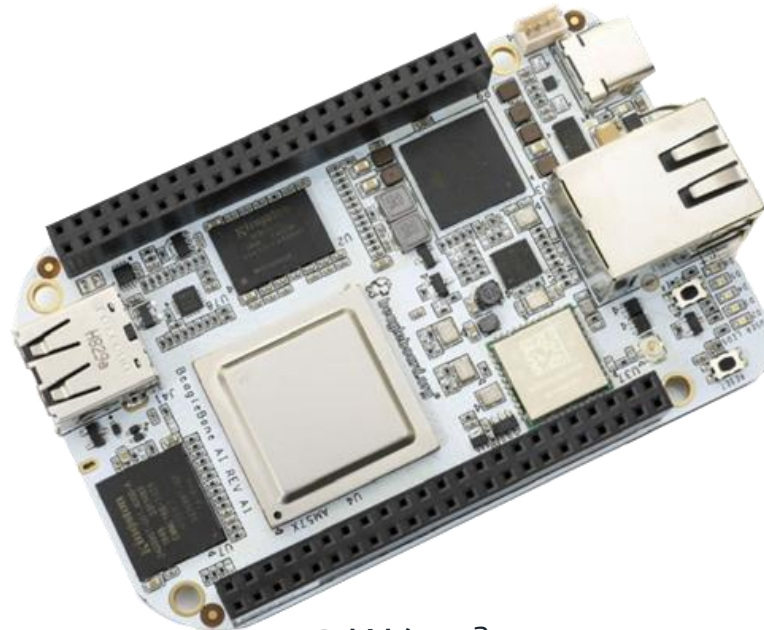
Miniaturisierung und Leistungsdichte

ZX Spectrum
1980s



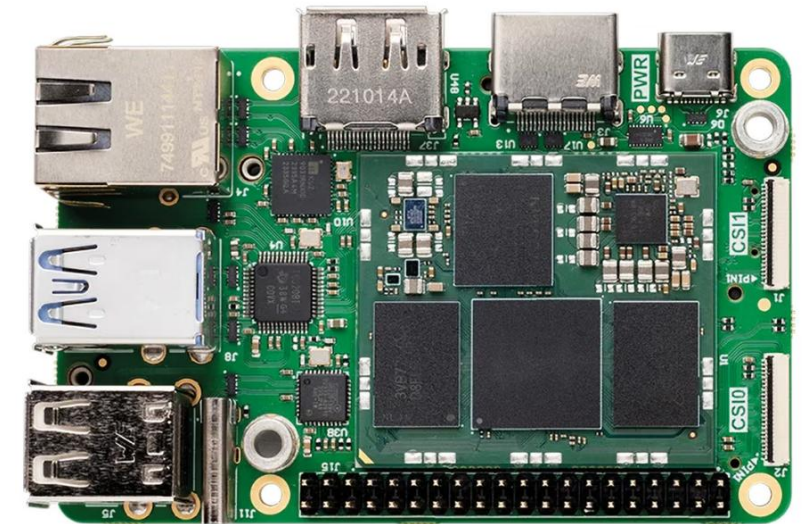
22 W/cm²

Beaglebone
2010s



43 W/cm²

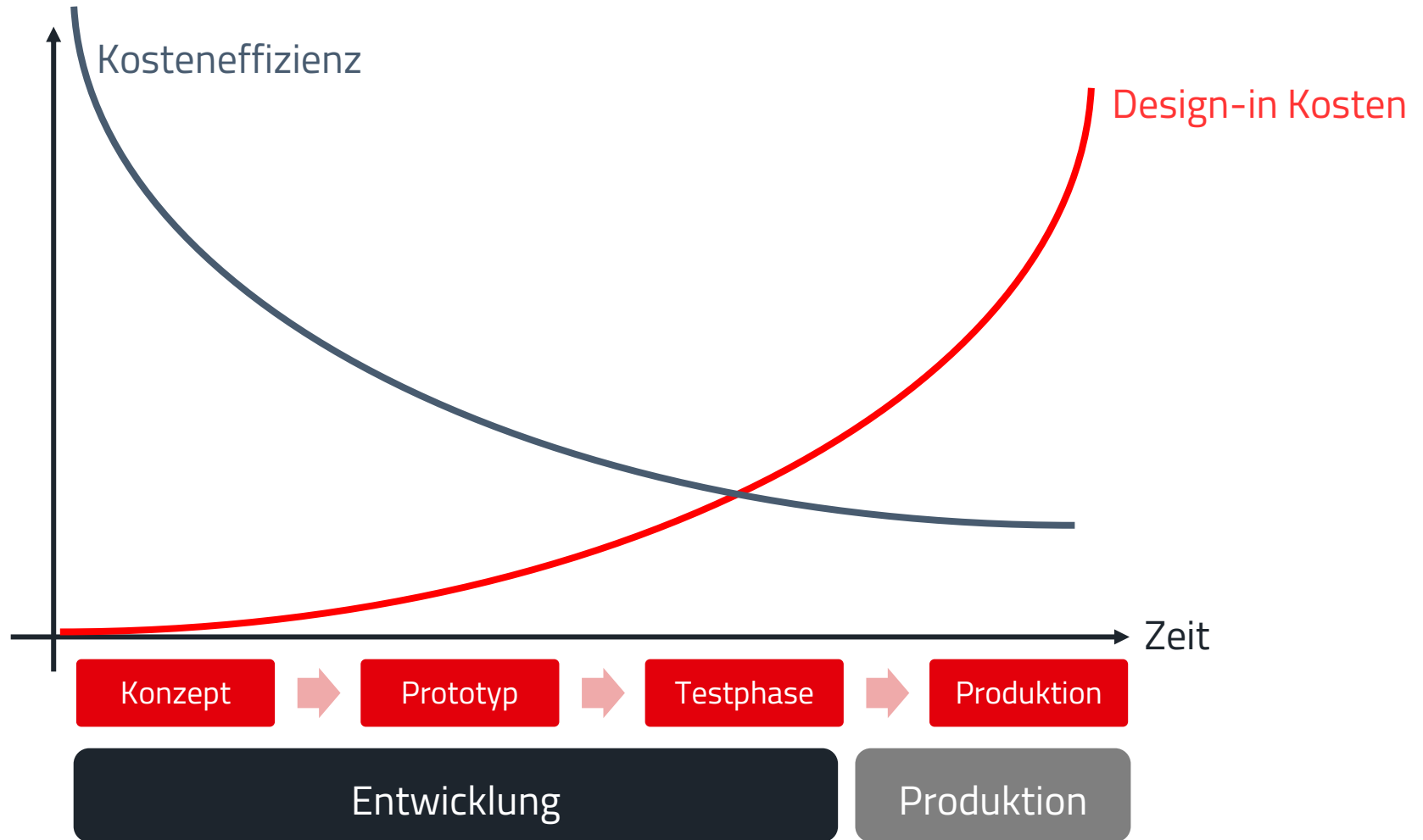
GRINN GenioBoard
2026



> 60 W/cm²

Warum Kühlen?

Auswirkungen auf die Entwicklung

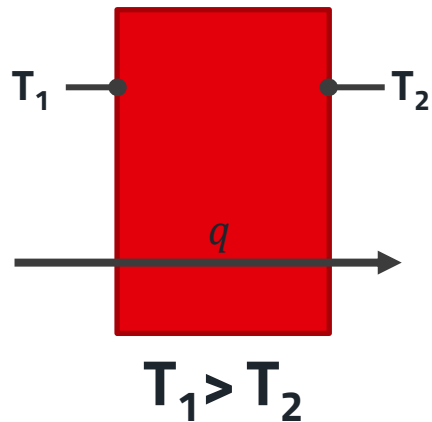


Begriffe und Grundlagen der Wärmeübertragung

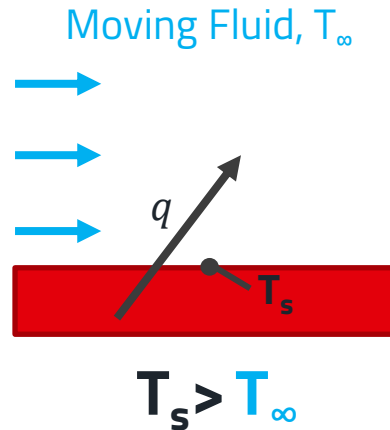
Wie sich Wärme verteilt

- Das Ziel des Wärmemanagements in der Elektronik, ist die Steuerung der **Wärmeübertragung**.
 - Wärmeübertragung ist die Energie, die aufgrund eines **Temperaturunterschieds** transportiert wird.
- Das sind die 3 Hauptübertragungsarten:

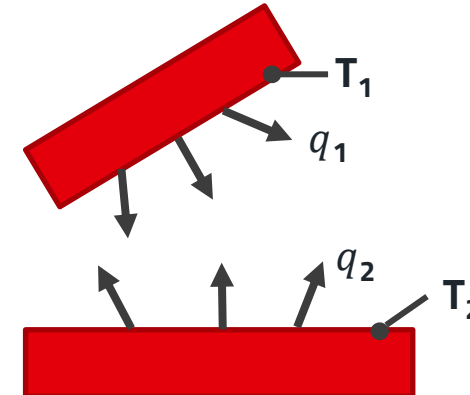
Wärmeleitung



Wärmekonvektion



Wärmestrahlung



Begriffe und Grundlagen der Wärmeübertragung

Wärmeleitung

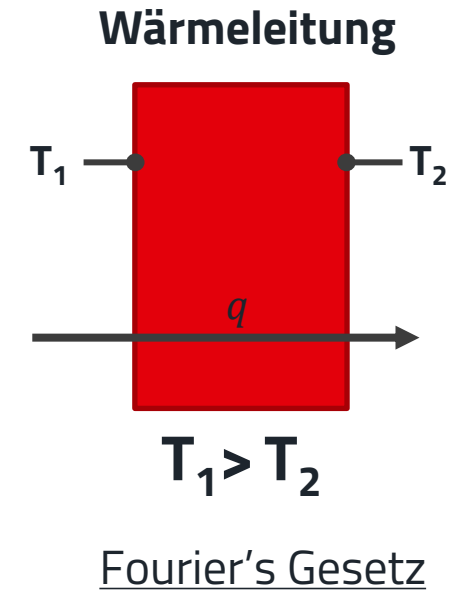
- Der Wärmefluss durch einen Festkörper ist direkt proportional zur Temperaturdifferenz.

$$P = k \cdot \frac{A}{L} \cdot \Delta T$$

Kontaktfläche

Wärmeleitfähigkeit

Dicke



Beispiel:

Al	–	237 W / mK
Cu	–	401 W / mK

Begriffe und Grundlagen der Wärmeübertragung

Wärmekonvektion

- Wärmefluss vom Feststoff zur Flüssigkeit proportional zur Temperaturdifferenz.

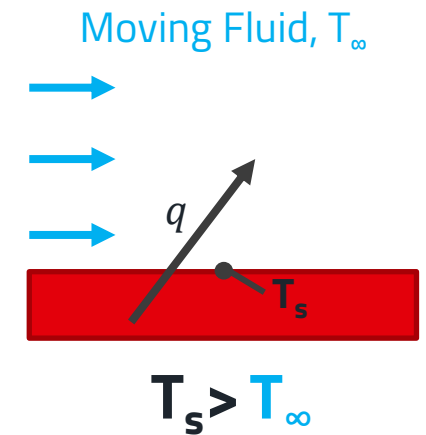


Konvektionskoeffizient
 $h_{conv} = 0$ (Vakuum)
 $h_{conv} = 1$ (natürliche Konvektion)
 $h_{conv} = >1$ (erzwungene Konvektion)

$$P = h_{conv} \cdot A_s \cdot (T_s - T_{fluid})$$

Fläche

Wärmekonvektion



Newton's Gesetz

Begriffe und Grundlagen der Wärmeübertragung

Wärmestrahlung

- Wenn ein Objekt von einem anderen mit niedrigerer Temperatur umgeben ist, findet eine Wärmeübertragung statt, die der natürlichen Konvektion entspricht.

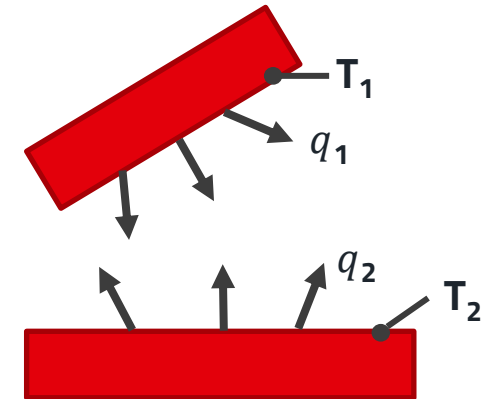
$$P = \epsilon \cdot A_s \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{ent}^4) \cdot f_v$$

Geometrischer Faktor $\rightarrow f_v$

Emissionsgrad $\rightarrow \epsilon$

Boltzmann's Konstante $\rightarrow \sigma$

Wärmestrahlung



Boltzmann's Gesetz

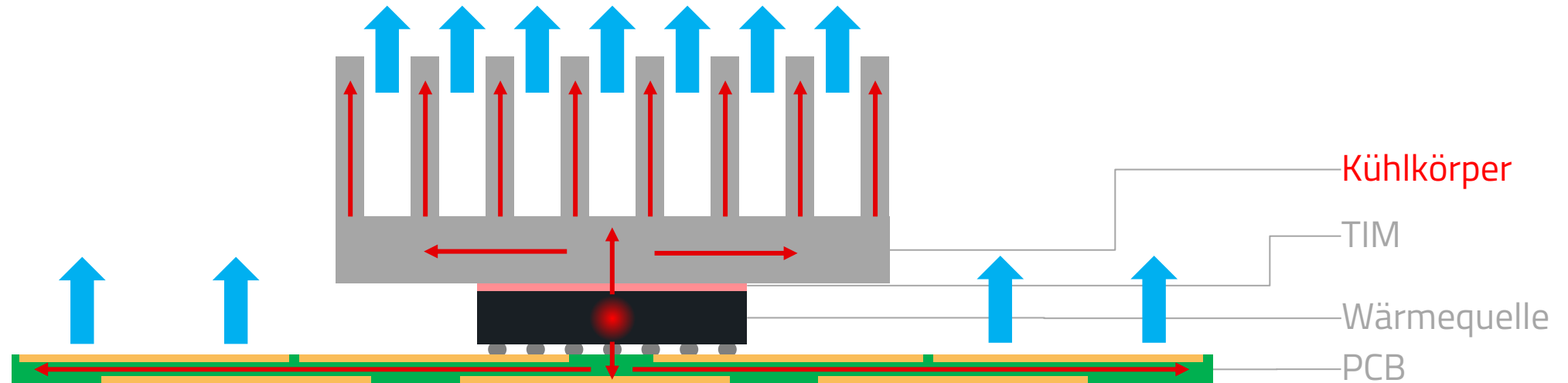
Material	ϵ
Kupfer matt	0,15
Aluminium poliert	0,05
Aluminium eloxiert	0,9

Emissionsgrad Beispiele

Kühlkörper Grundlagen

Wärmeübertragung bei einem Kühlkörper

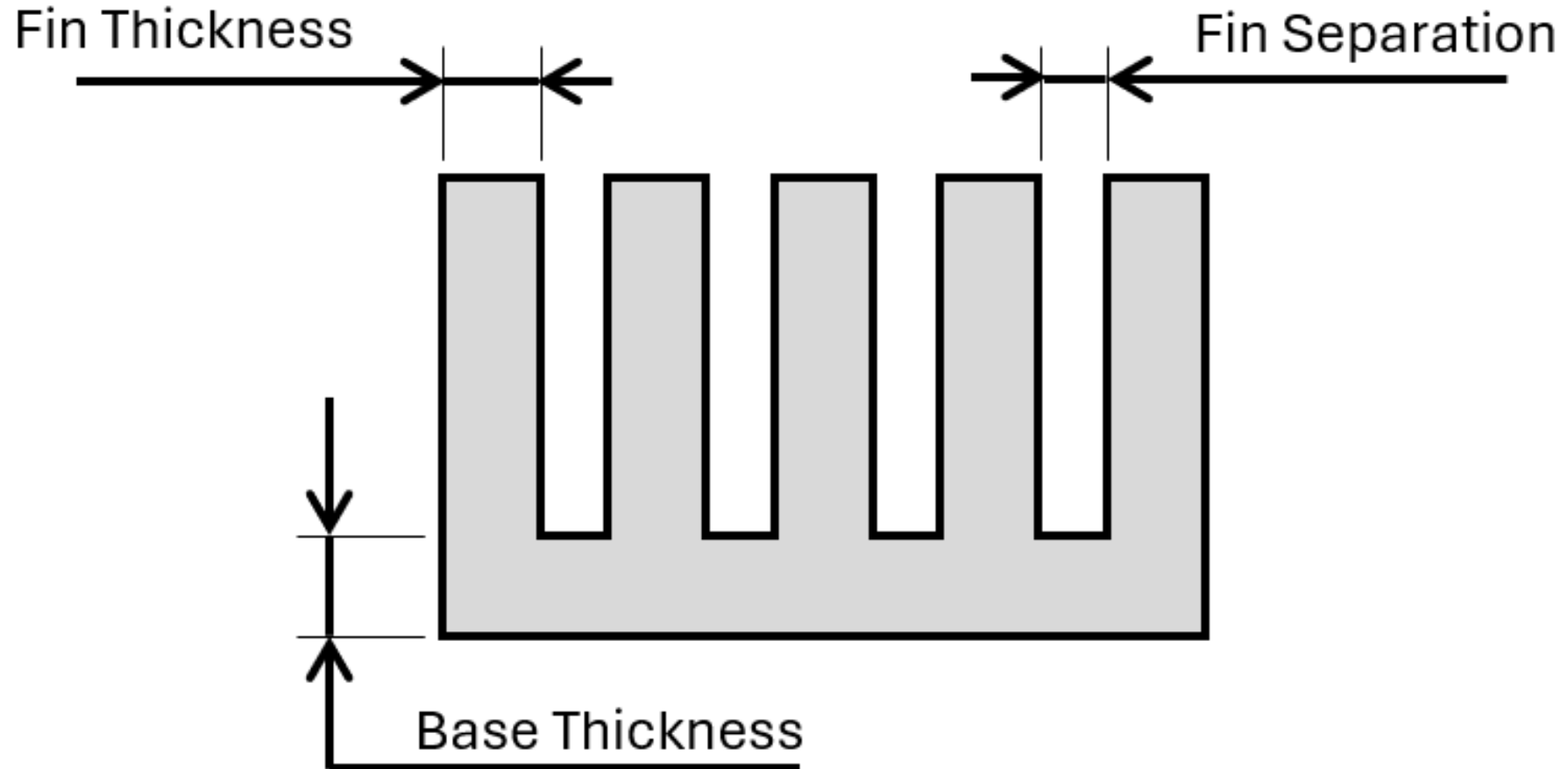
- Wärmeübertragung durch Wärmekonvektion & Wärmestrahlung
- Wärmeübertragung durch Wärmeleitung



Ein Kühlkörper ist ein **passives Kühlgerät**, das dazu dient, Wärme aufzunehmen und abzuleiten, indem es die zur Verfügung stehende **Oberfläche vergrößert**.

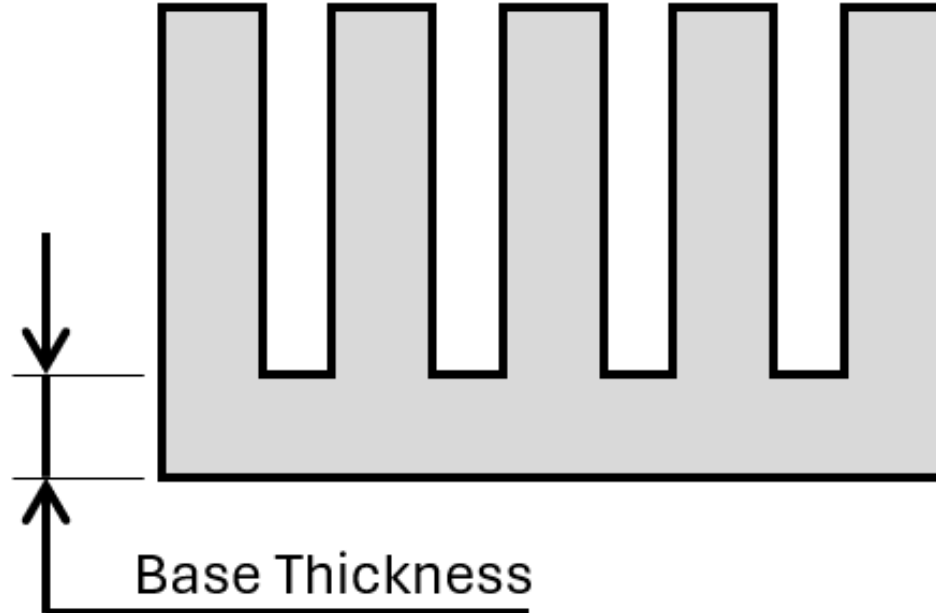
Kühlkörper Grundlagen

Designüberlegungen: Allgemein



Kühlkörper Grundlagen

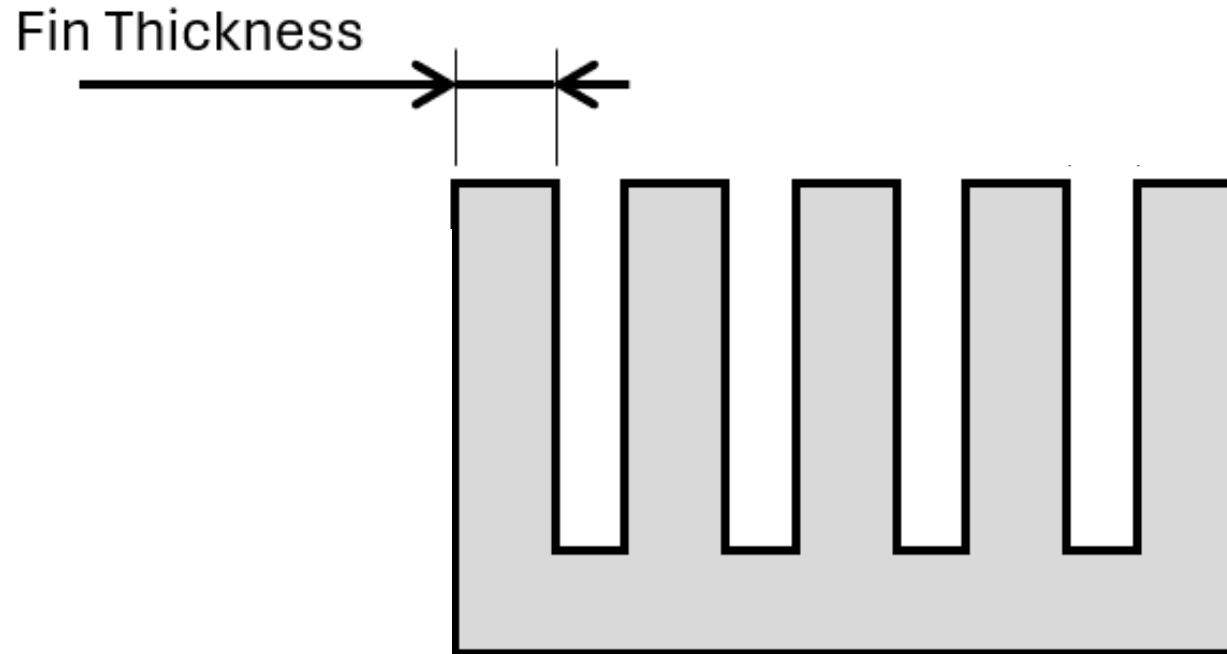
Designüberlegungen: Die Basis



- Eine dickere Basis sorgt für eine bessere Ausbreitung der Wärme und reduziert Hot Spots.
- Nachteile: Je dicker, desto schwerer und teurer.

Kühlkörper Grundlagen

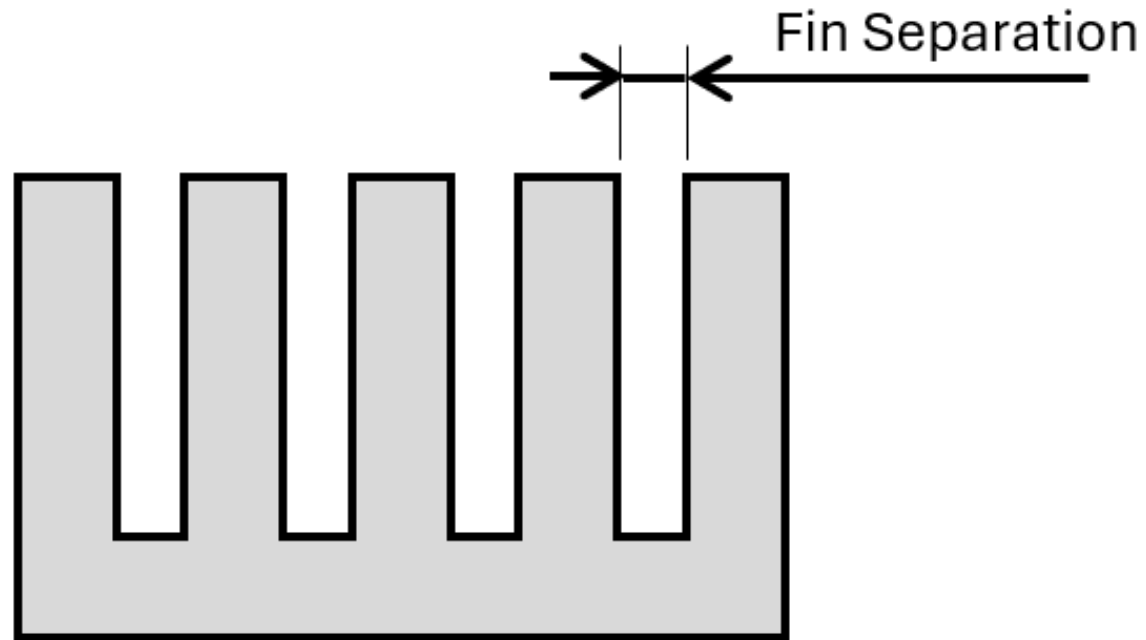
Designüberlegungen: Lamellen Dicke



- Dickere Lamellen helfen dabei die Wärme leicht zu übertragen.
- Dünnere Lamellen ermöglichen eine größere Anzahl an Lamellen (wodurch die verfügbare Fläche vergrößert wird).

Kühlkörper Grundlagen

Designüberlegungen: Lamellen Abstand

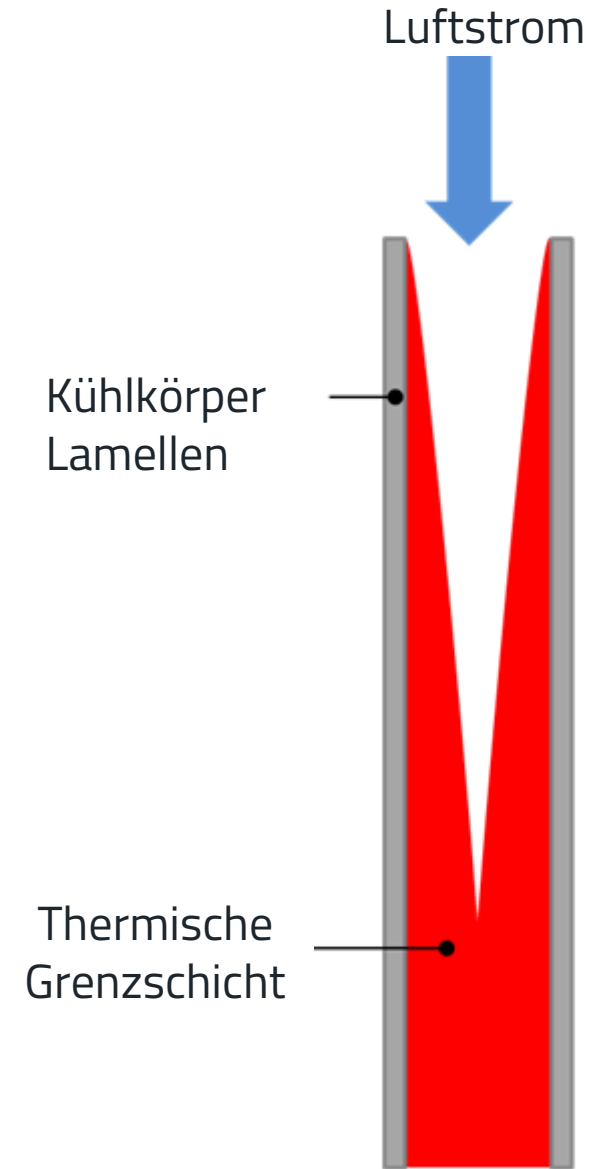


- Der Abstand zwischen den Kühlrippen bestimmt, wie die Luft durch den Kühlkörper strömt.
 - Bei natürlicher Konvektion ermöglichen größere Abstände ein freies Aufsteigen der Luft.
 - Engere Abstände maximieren die Oberfläche, erfordern jedoch in der Regel eine erzwungene Konvektion.

Kühlkörper Grundlagen

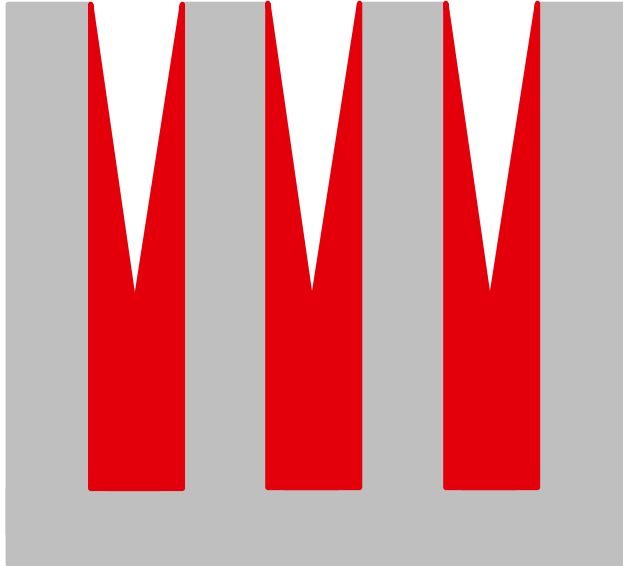
Design Überlegungen: Thermische Grenzschicht

Die **thermische Grenzschicht** ist der dünne Luftbereich neben der Oberfläche der Lamellen, in dem sich die **Temperatur der Luft** von der **Temperatur der Lamellenoberfläche** zur **Temperatur der Umgebungsluft** verändert.



Kühlkörper Grundlagen

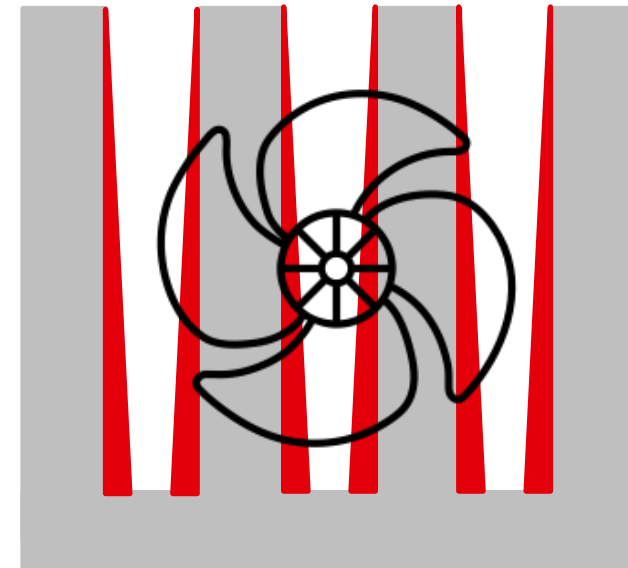
Design Überlegungen: Thermische Grenzschicht



Überlappung der Thermischen Grenzschichten

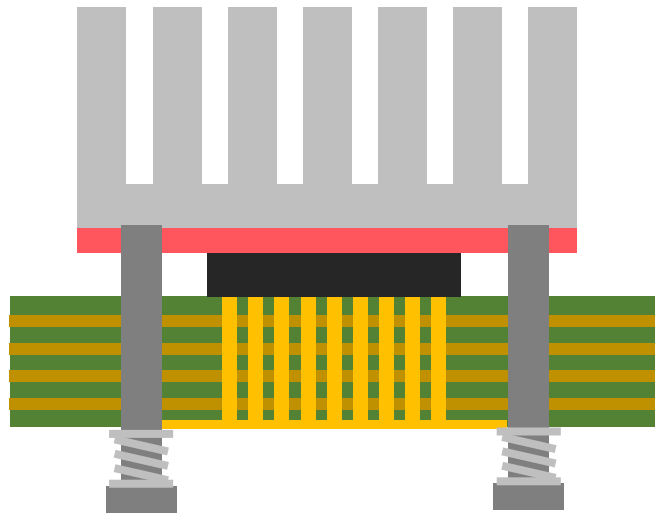


Keine Überlappung der Thermischen Grenzschichten



Kühlkörper Grundlagen

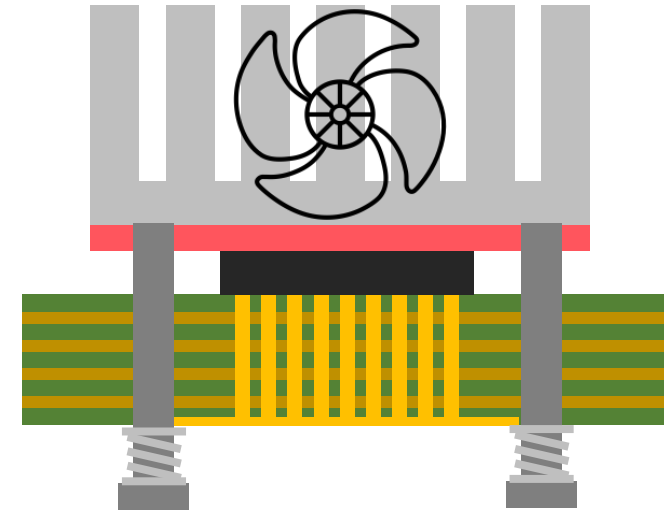
Designüberlegungen: Natürliche Konvektion vs. Erzwungene Konvektion



- Geringere Kosten
- Geringerer Energieverbrauch
- Leiser Betrieb



- Geringere Kühlleistung
- Erfordert große Kühlkörper für Anwendungen mit hoher Leistung



- Höhere Kühlleistung
- Die Kühlleistung kann dynamisch gesteuert werden
- Ermöglicht kleinere Kühlkörper

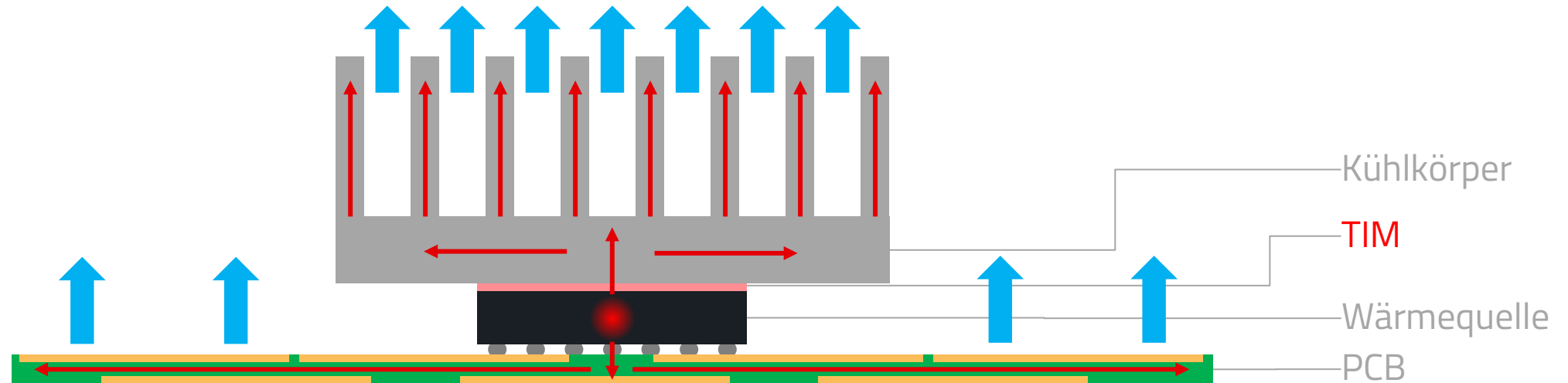


- Lärm und Staubansammlung
- Teurer
- Zusätzlicher Platz- und Stromverbrauch

Kühlkörper Grundlagen

Thermal Interface Material

- Wärmeübertragung durch Wärmekonvektion & Wärmestrahlung
- Wärmeübertragung durch Wärmeleitung



Bei allen Überlegungen zu den Kühlkörper Grundlagen dürfen wir jedoch keineswegs das **Thermal Interface Material (TIM)** vergessen.

Kühlkörper Grundlagen

Thermal Interface Material (TIM) für optimale Wärmeleitung

- Ein Wärmeleitmaterial (TIM) sorgt durch Wärmeleitung für eine gute Wärmeübertragung zwischen der Wärmequelle und der Kühlvorrichtung.



$$P = k \cdot \frac{A}{L} \cdot \Delta T$$

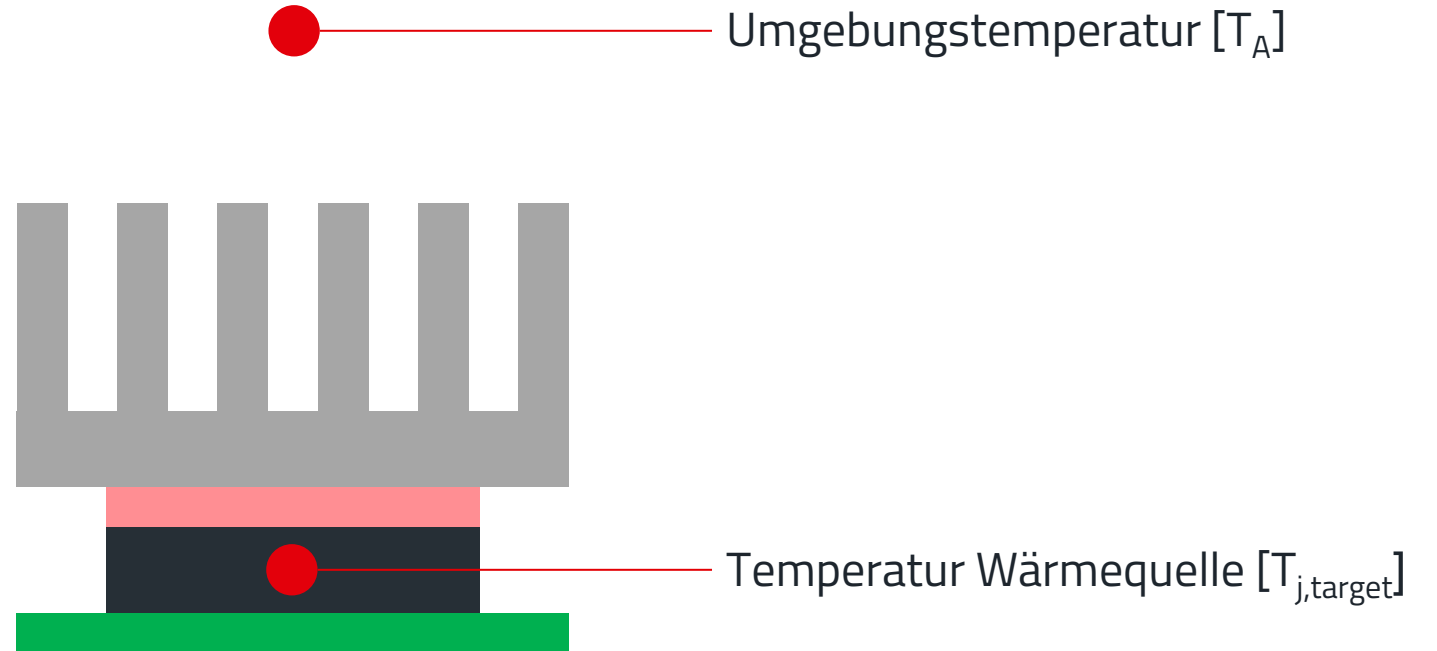
Kontaktfläche

Wärmeleitfähigkeit

Dicke

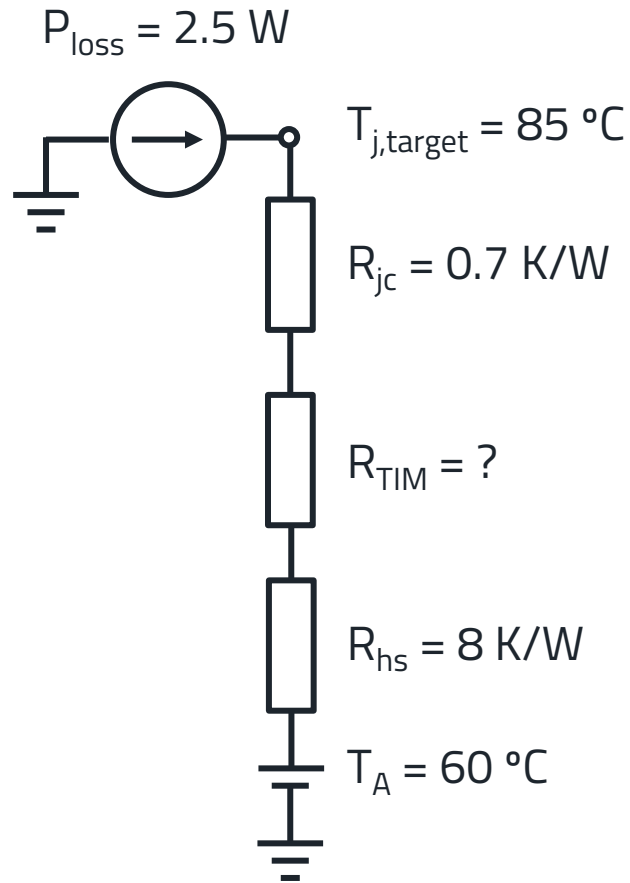
Kühlkörper Grundlagen

Thermal Interface Material – Schematische Darstellung



Kühlkörper Grundlagen

Thermal Interface Material – Berechnung maximaler Widerstandswert



$$T_j = P_{\text{loss}} \cdot R_{\text{jA}} + T_{\text{A}}$$

$$85^{\circ}\text{C} = 2.5\text{W} \cdot \left(0.7 \frac{\text{K}}{\text{W}} + R_{\text{TIM}} + 8 \frac{\text{K}}{\text{W}} \right) + 60^{\circ}\text{C}$$

$$R_{\text{TIM}} \leq 1.3 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Kühlkörper Grundlagen

Thermische Widerstandsrechnung des TIM

$$R_{\text{th-TIM}} = \frac{l}{\lambda \cdot A} = \frac{0,001 \text{ m}}{1,0 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot (0,03 \text{ m} \cdot 0,03 \text{ m})} = 1,11 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

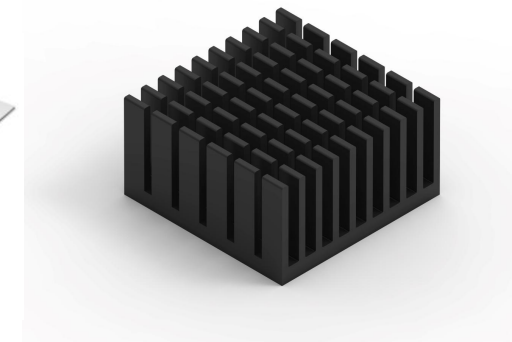
$$R_{\text{th-TIM}} = \frac{l}{\lambda \cdot A} = \frac{0,005 \text{ m}}{1,0 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot (0,03 \text{ m} \cdot 0,03 \text{ m})} = 5,55 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

l = Material Dicke des TIM [m]

A = Kontaktfläche des TIM [m²]

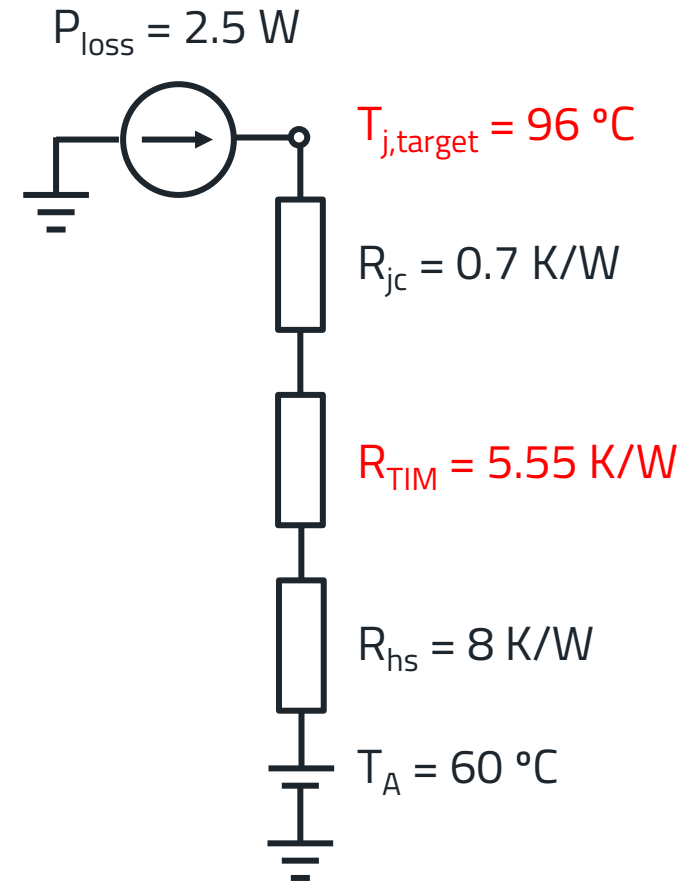
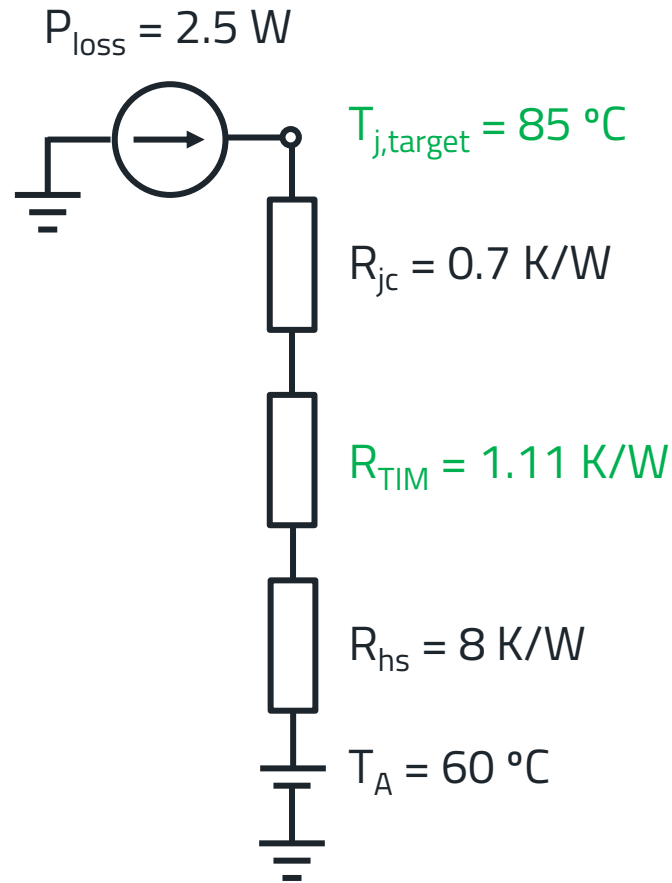
λ = Wärmeleitkoeffizient des TIM [$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$]

- Modell des Wärmewiderstandes
- WE-TGF
30 mm x 30 mm;
1 mm; 1 W / mK
- WE-TGF
30 mm x 30 mm;
- 5 mm; 1 W / mK



Kühlkörper Grundlagen

Thermal Interface Material – Arbeitspunktverschiebung durch Veränderung des TIM



Note: $T_2 = R * P_{\text{LOSS}} + T_1$

Kühlkörper Grundlagen

Thermische Widerstandsrechnung des TIM

$$R_{\text{th-TIM}} = \frac{\Theta}{\text{cm}^2} = \frac{47 \frac{\text{K} \cdot \text{cm}^2}{\text{W}}}{(3,0 \text{ cm} \cdot 3,0 \text{ cm})} = 5,22 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

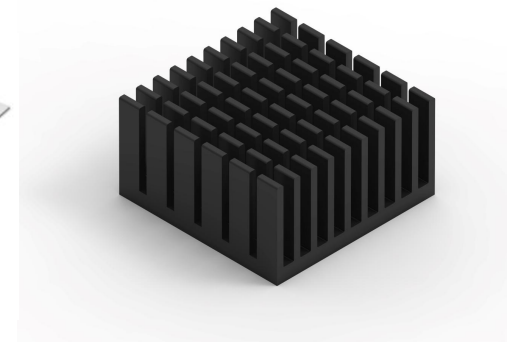
$$R_{\text{th-TIM}} = \frac{\Theta}{\text{cm}^2} = \frac{42 \frac{\text{K} \cdot \text{cm}^2}{\text{W}}}{(3,0 \text{ cm} \cdot 3,0 \text{ cm})} = 4,67 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

l = Material Dicke des TIM [m]

A = Kontaktfläche des TIM [m²]

Θ = Wärmeimpedanz des TIM [$\frac{\text{K} \cdot \text{cm}^2}{\text{W}}$]

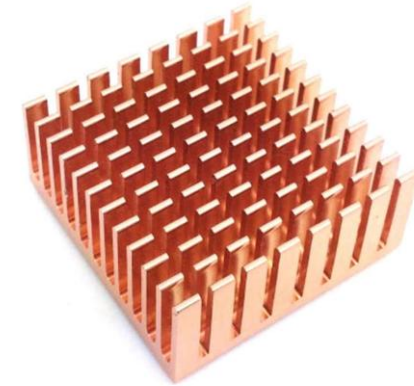
- Modell des Wärmewiderstandes
- WE-TGF
30 mm x 30 mm;
5 mm; 1 W / mK; 10 %
- WE-TGF
30 mm x 30 mm;
5 mm; 1 W / mK; 30 %



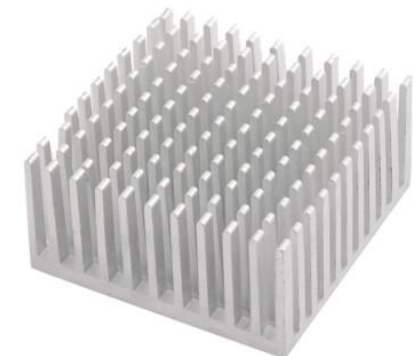
Kühlkörper Grundlagen

Material Auswahl

- Kupfer
 - Wärmeleitfähigkeit: 401 W/m*K
 - Dichte: 8,96 g/cm³
 - Preis: €€€

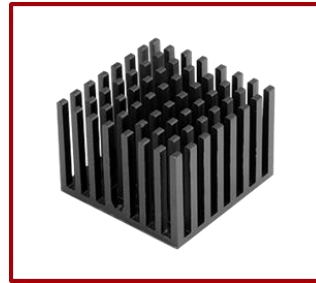


- Aluminium
 - Wärmeleitfähigkeit: 237 W/m*K
 - Dichte: 2,7 g/cm³
 - Preis: €

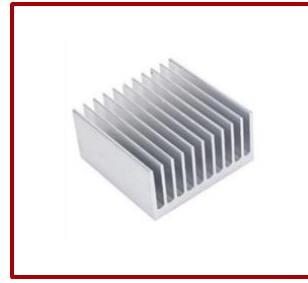


Kühlkörper Grundlagen

Herstellungsprozesse



Cross cutting



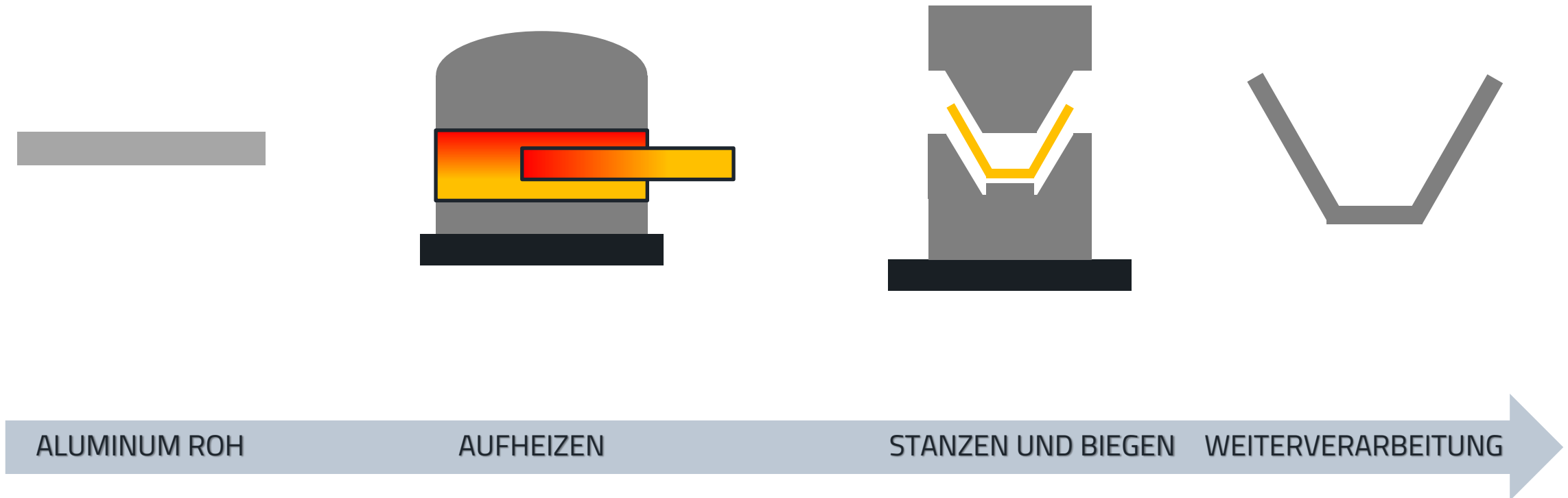
Extrusion



Stamping

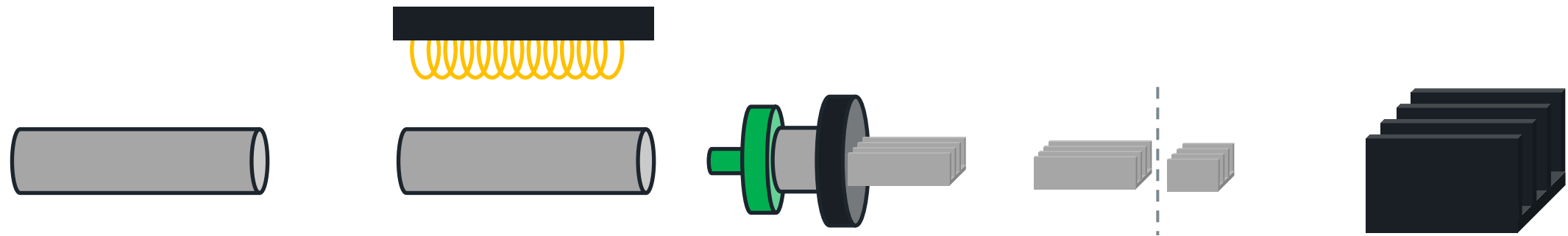
Kühlkörper Grundlagen

Herstellungsprozess: Stanzen und Biegen



Kühlkörper Grundlagen

Herstellungsprozess: Extrusion



ALUMINUM STANGE

AUFHEIZEN

EXTRUSION

SCHNEIDEN

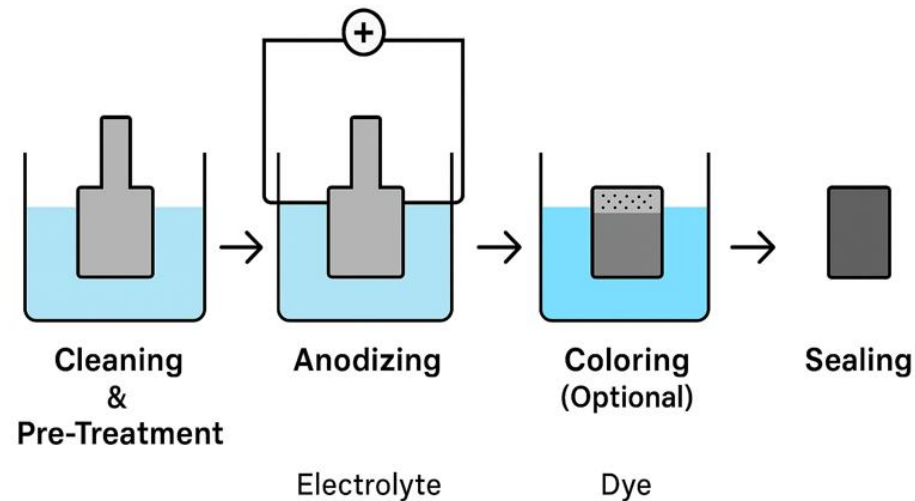
WEITERVERARBEITUNG

Kühlkörper Grundlagen

Eloxierung: Der Prozess

Das Eloxieren ist ein **elektrochemischer Prozess**, bei dem die Außenfläche von Aluminium in eine dauerhafte, korrosionsbeständige, poröse **Schicht aus Aluminiumoxid (Al_2O_3)** umgewandelt wird. Im Gegensatz zu Lack, oder Beschichtung, befindet sich diese Oxidschicht nicht nur auf der Oberfläche, sondern **wächst aus dem Metall selbst heraus** und ist integraler Bestandteil des Bauteils.

ANODIZING



Kühlkörper Produktübersicht

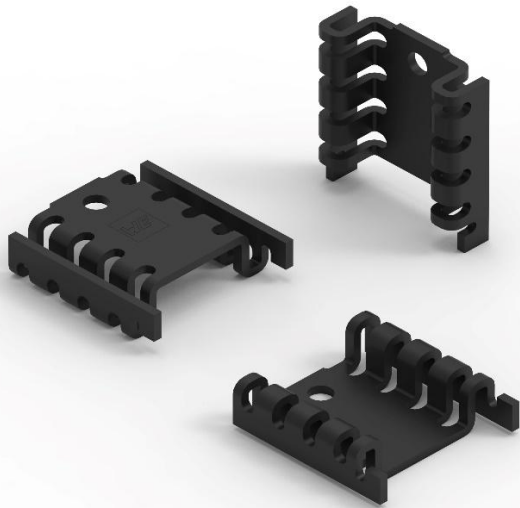
Allgemein

Thermal Management

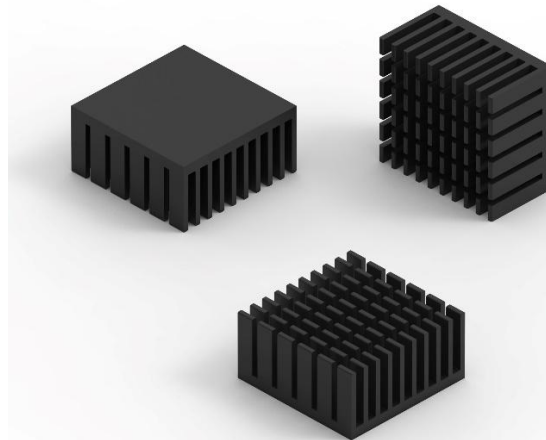
Please select product family

All subcategories

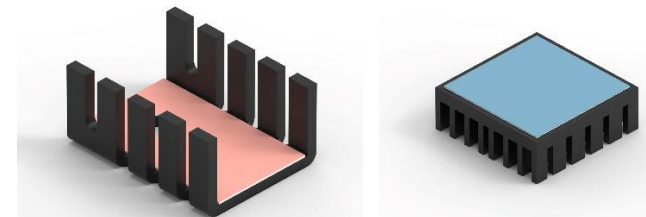
WE-HTO



WE-HIC



WE-HTOI/WE-HICI



Kühlkörper Produktübersicht

WE-HTO

Thermal Management

Please select product family

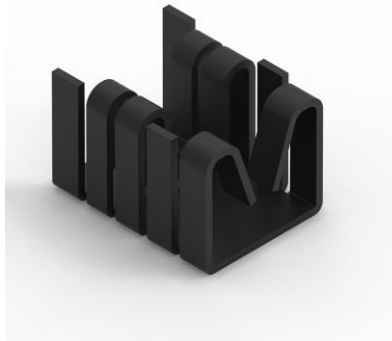
All subcategories



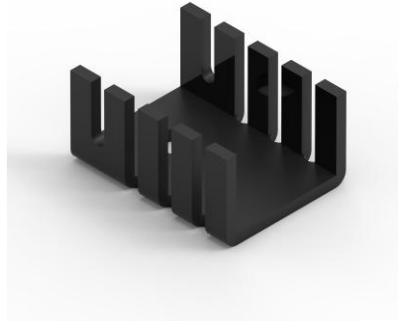
Kühlkörper Produktübersicht

WE-HTO - Anwendungen

“Clip on”



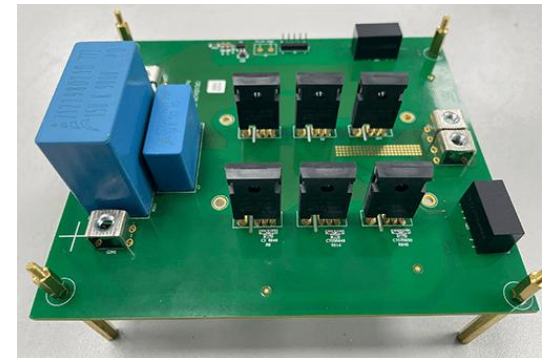
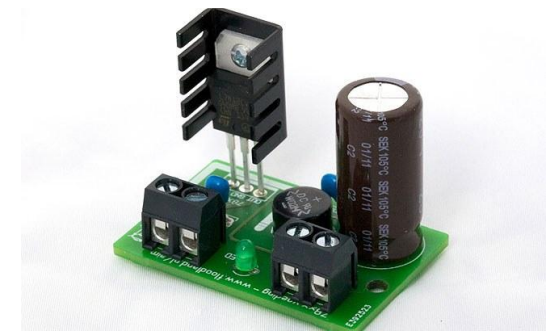
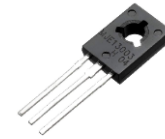
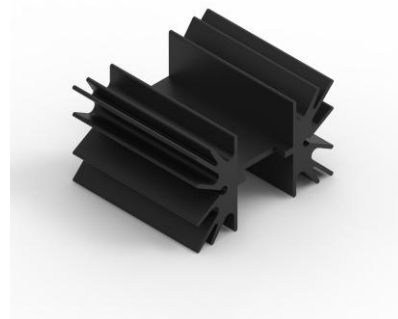
“Simple topology”



“Curved topology”



“Extruded for TO”



Kühlkörper Produktübersicht

WE-HTO – „Clip on“

- **Befestigungsmethode**
 - Auf die Komponente schieben
 - Keine Befestigung an der PCB
 - Keine Schraube notwendig
- **Vorteile**
 - Spart Platz und Kosten
 - Keine Schraube notwendig
 - Einfache Befestigung
 - Kann ohne Berücksichtigung in das Layoutdesign der PCB aufgenommen werden



Kühlkörper Produktübersicht

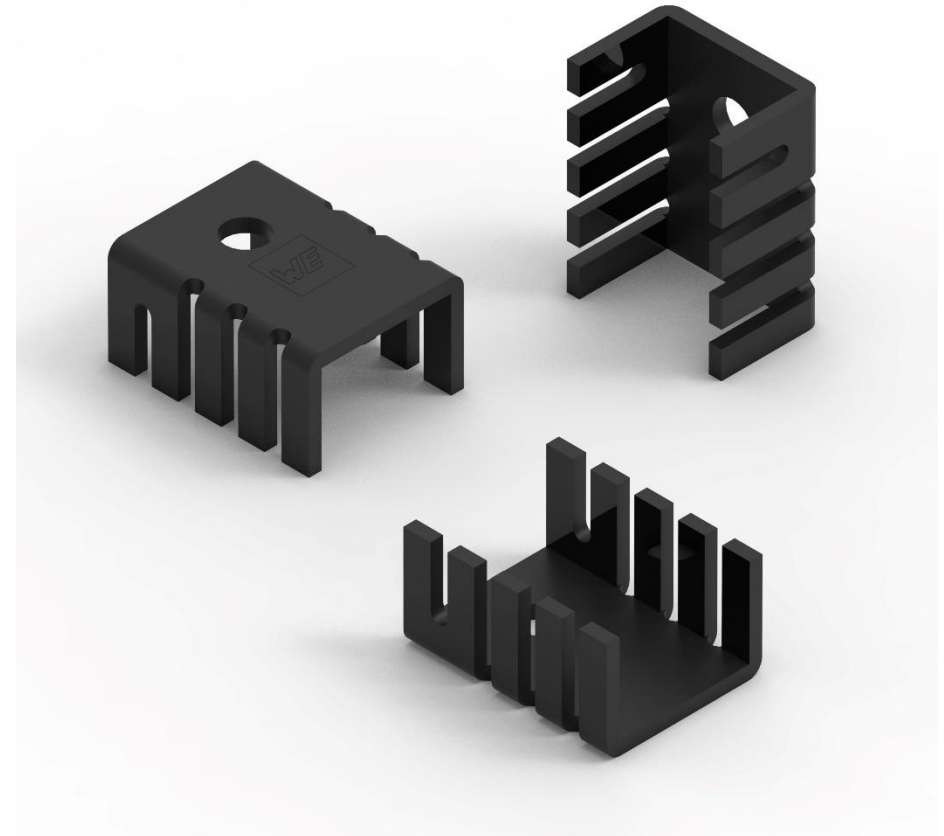
WE-HTO – „Simple topology“

- **Befestigungsmethode**

- An die Komponente Schrauben
- Keine Befestigung an der PCB

- **Vorteile**

- Preisgünstig
- Leicht
- Geringes Volumen
- Kann ohne Berücksichtigung in das Layoutdesign der PCB aufgenommen werden



Kühlkörper Produktübersicht

WE-HTO – „Curved topology“

- **Befestigungsmethode**

- An die Komponente schrauben
- Keine Befestigung an der PCB

- **Vorteile**

- Optimale Topologie: Bei gleichem Volumen ist die Leistung gegenüber der “Simple topology” besser
- Kann ohne Berücksichtigung in das Layoutdesign der PCB aufgenommen werden



Kühlkörper Produktübersicht

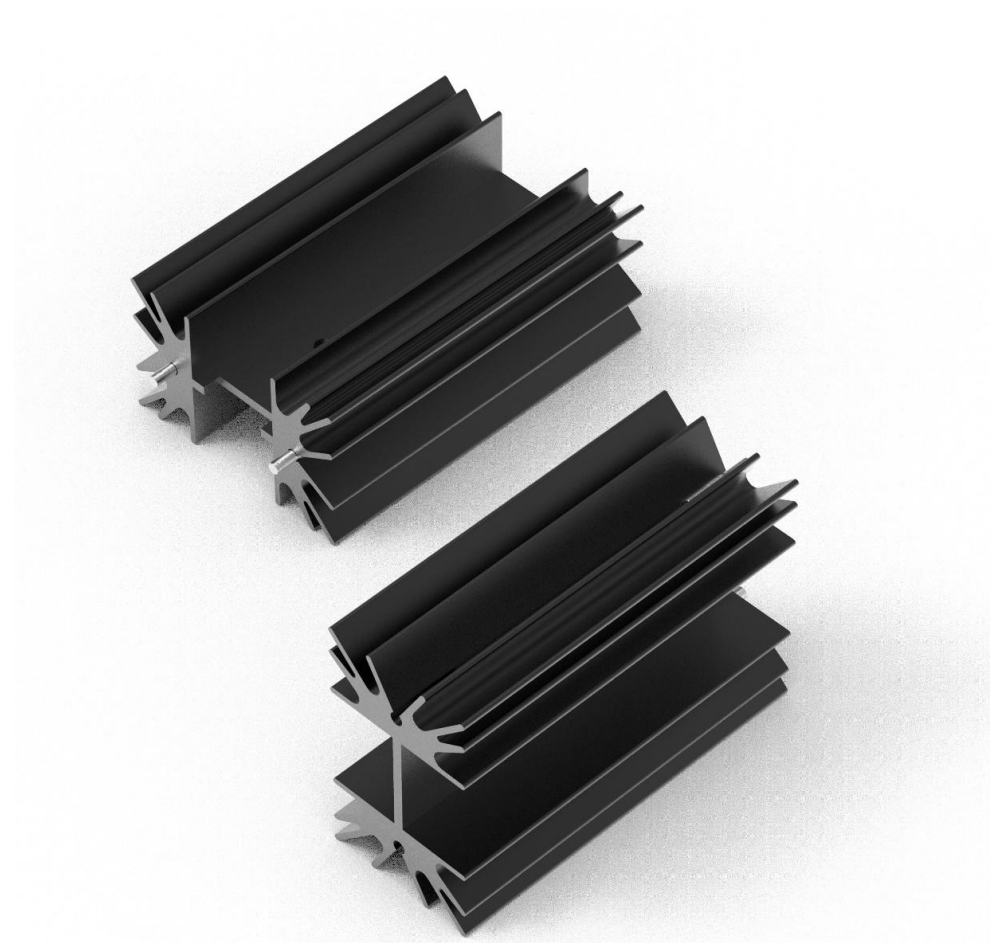
WE-HTO – „Extruded for TO“

- **Befestigungsmethode**

- An die Komponente schrauben
- Schrauben, oder löten an die PCB

- **Vorteile**

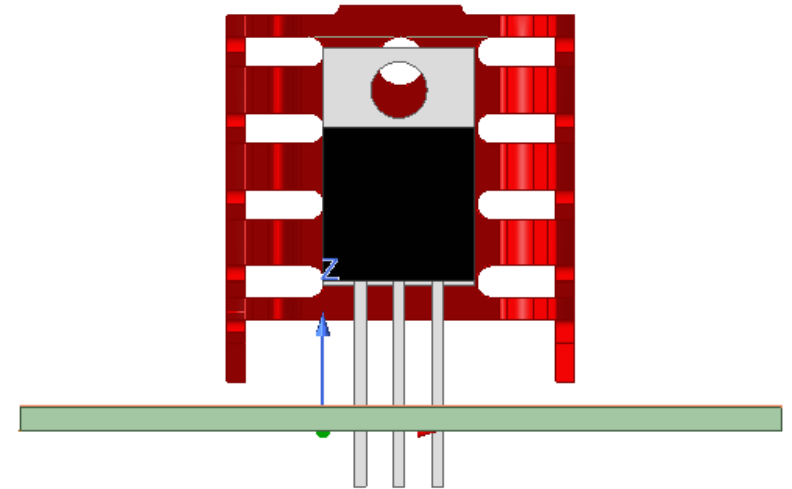
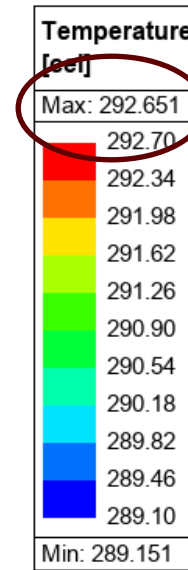
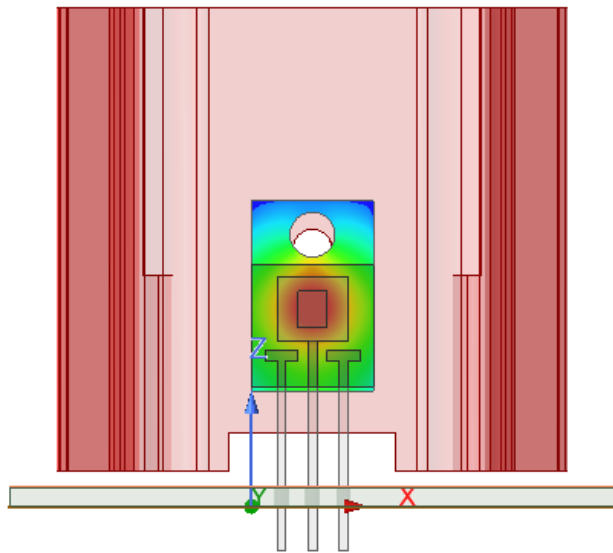
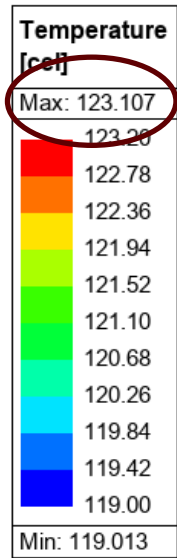
- Bessere Leistung im Vergleich zu gestanzten Kühlkörpern (Benötigt jedoch mehr Platz)
- Fokus auf Anwendungen mit höherem Leistungsbedarf



Kühlkörper Produktübersicht

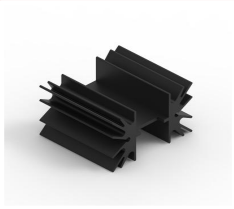

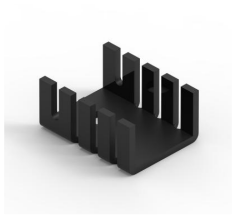
Leistungsvergleich „Extruded for TO“ vs. „Curved topology“

„Extruded for TO“	„Curved topology“
Leistung: 10W	Leistung: 10W
Max temp: 123.11 °C	Max temp: 292.65 °C



Kühlkörper Produktübersicht

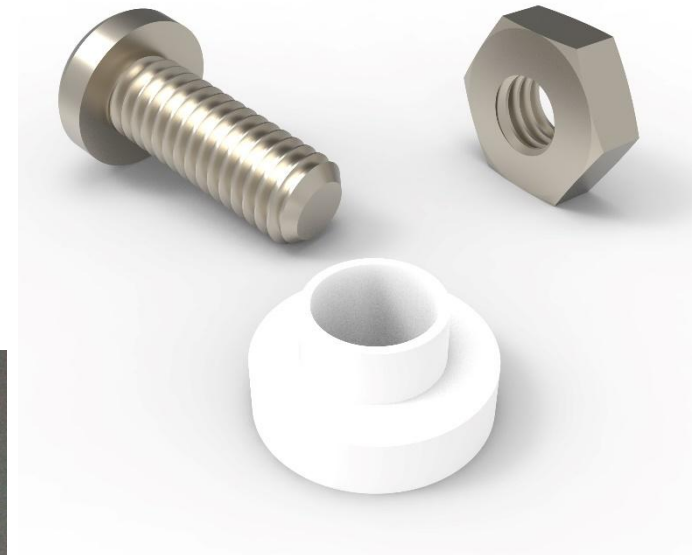
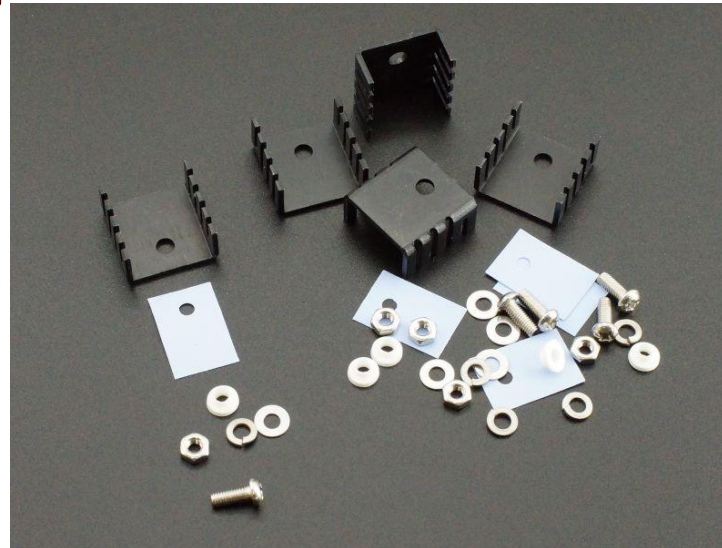
Vergleichstabelle

		1 W	5 W	10 W
	TO220	80,80	276,1	498,95
	Extruded ext.	57,25	68,60	76,20
	Extruded	31,35	79,80	121,9
	Curved ext.	49,58	141,19	244,45
	Curved	51,56	165,70	294,3
	Simple ext.	61,30	176	298,6
	Simple	63,95	191,7	328,2

Kühlkörper Produktübersicht

WE-HTO Zubehör: Isolierbuchse + Schraube

WE bietet Ihnen eine Komplettlösung an: Isolierbuchse (4103000), Schraube (4101000), Mutter (4102000) und TIM bereits auf den Kühlkörper aufgebracht (Produktgruppe WE-HICI).



Kühlkörper Produktübersicht

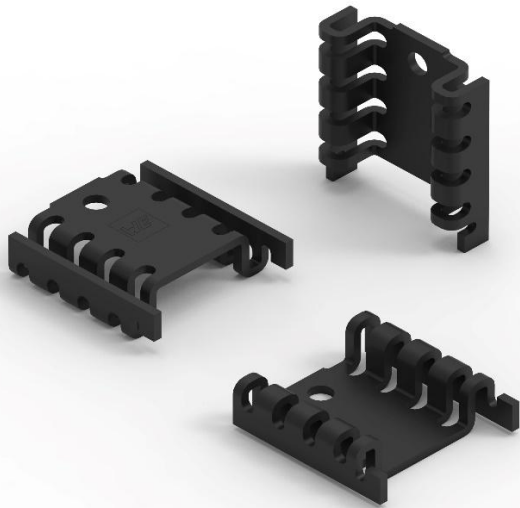
WE-HIC

Thermal Management

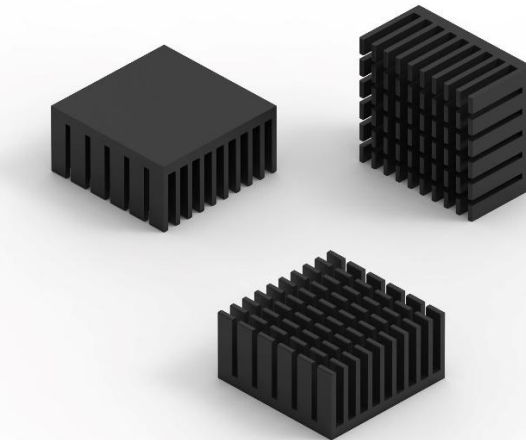
Please select product family

All subcategories

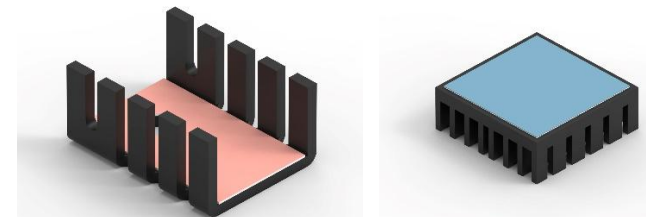
WE-HTO



WE-HIC

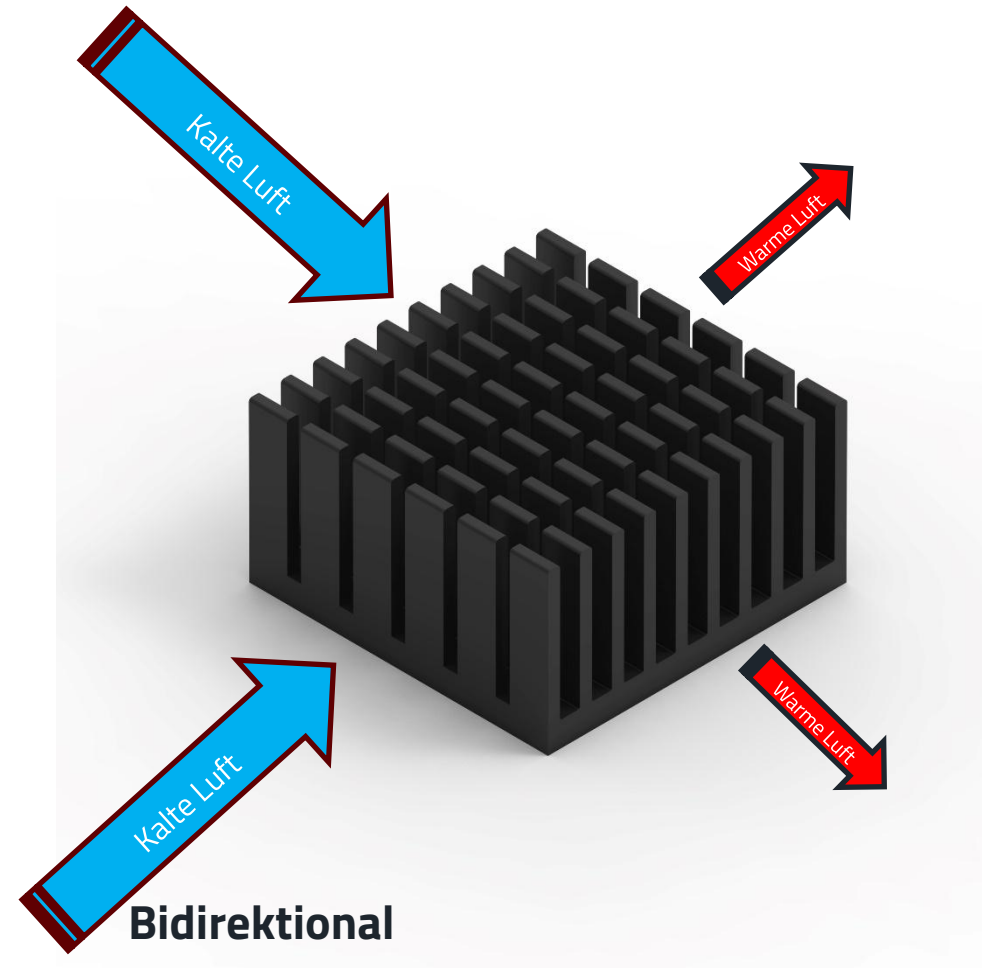
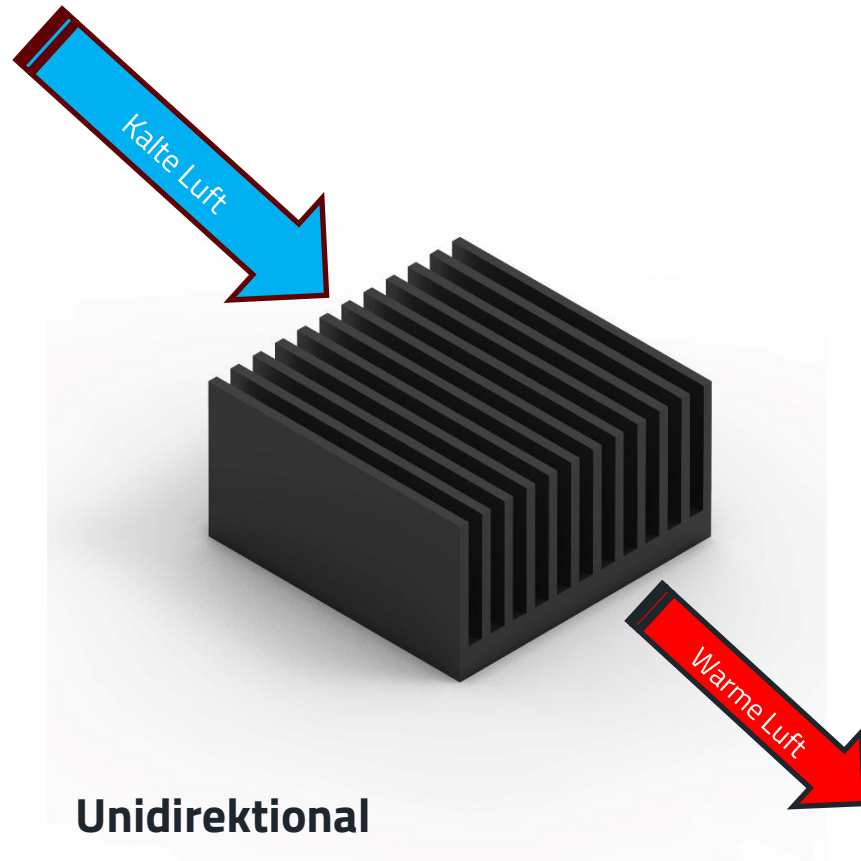


WE-HTOI/WE-HICI



Kühlkörper Produktübersicht

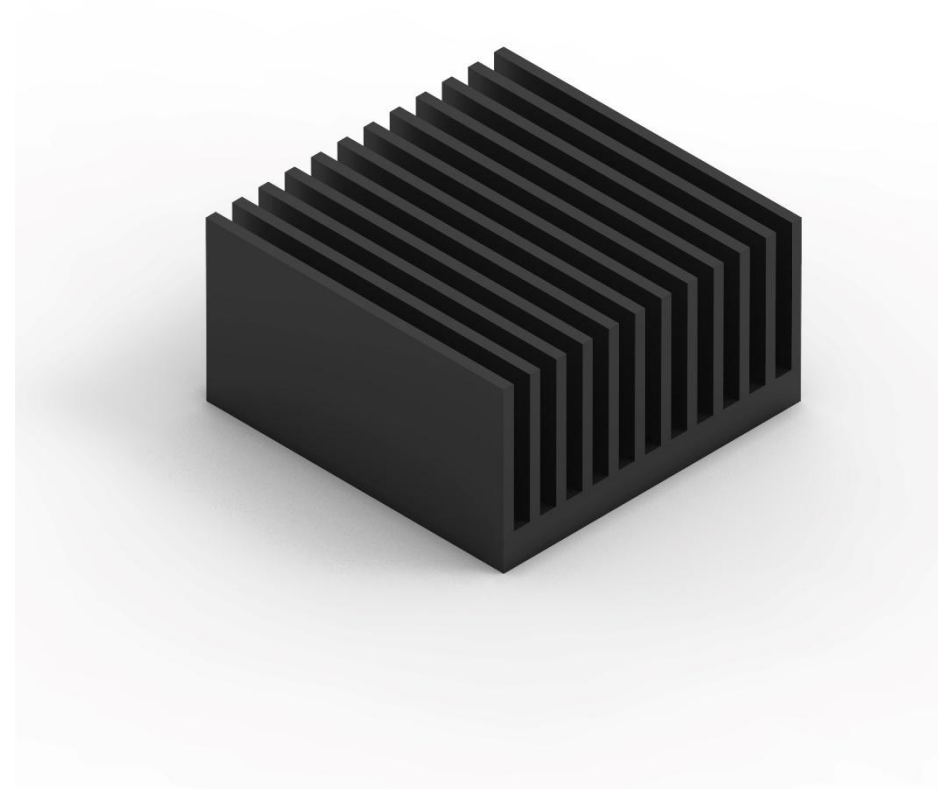
WE-HIC



Kühlkörper Produktübersicht

HIC Unidirektional

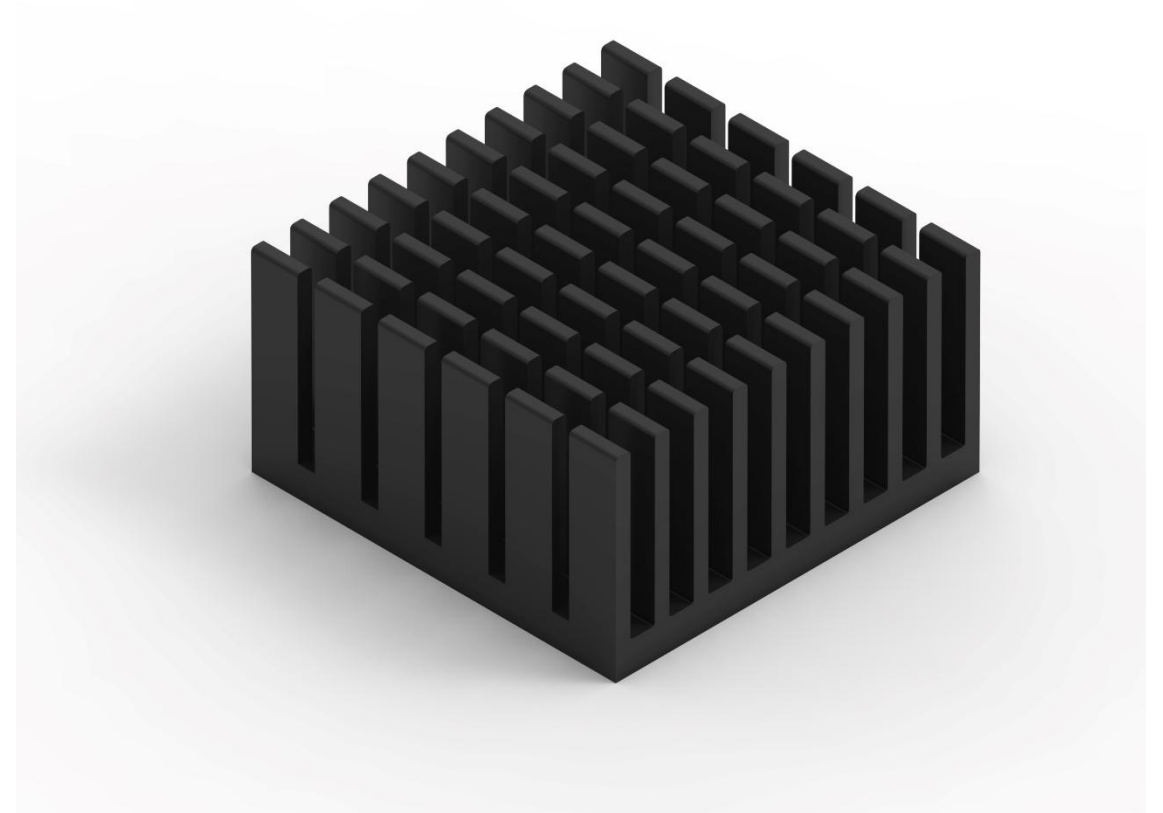
- **Befestigungsmethode**
 - Thermisches Klebeband
 - Keine Befestigung an der PCB
 - Keine Schraube an der Komponente
- **Vorteile**
 - Optimal für erzwungene Konvektion
 - Größe an die Hauptanwendungsfälle angepasst



Kühlkörper Produktübersicht

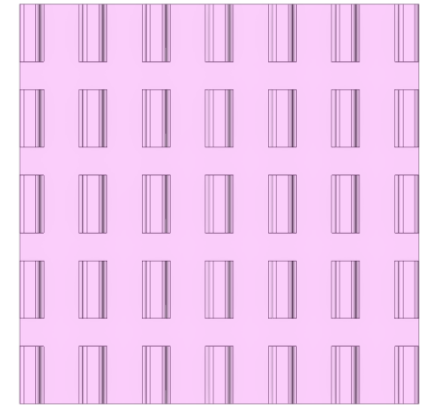
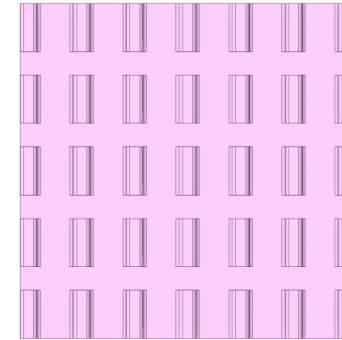
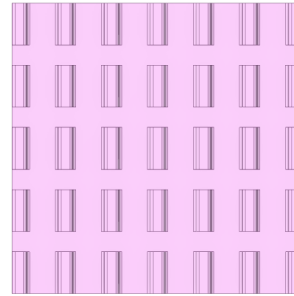
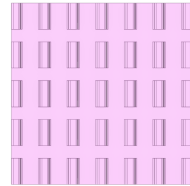
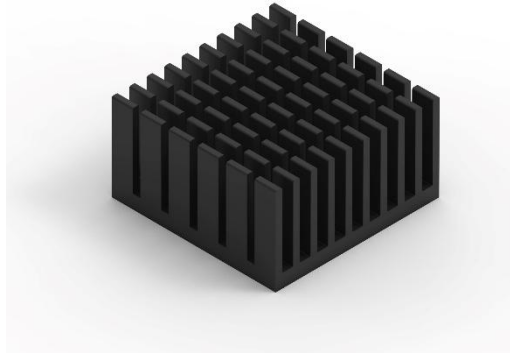
HIC Bidirektional

- **Befestigungsmethode**
 - Thermisches Klebeband
 - Keine Befestigung an der PCB
 - Keine Schraube an der Komponente
- **Vorteile**
 - Vielseitiger, da keine Luftführung erforderlich
 - Größe an die Hauptanwendungsfälle angepasst



Kühlkörper Produktübersicht

WE-HIC Übersicht

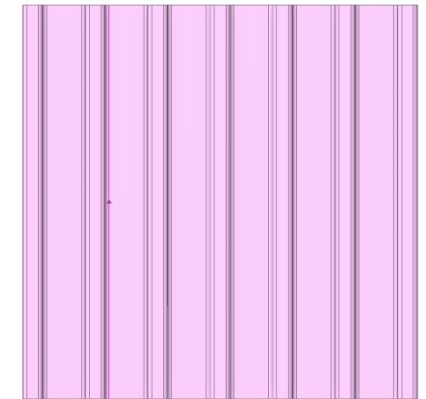
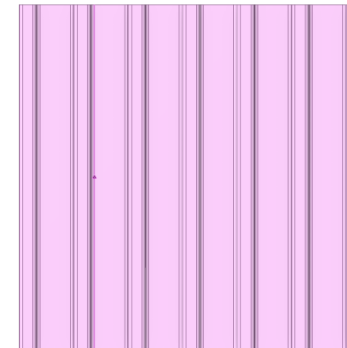
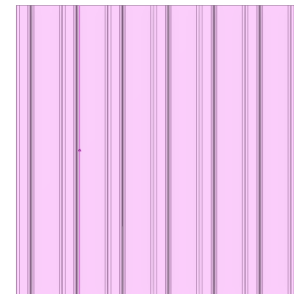
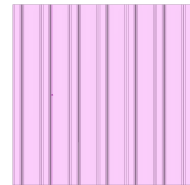
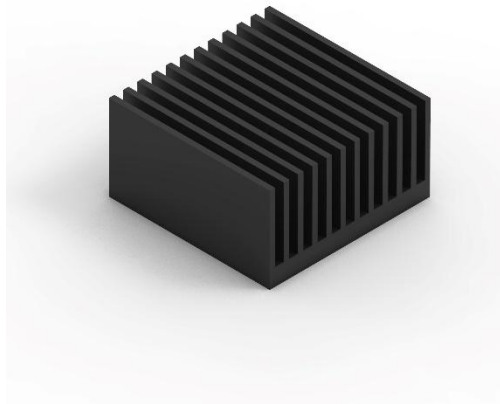


20x20
mm

24x24
mm

30x30
mm

40x40
mm



Kühlkörper Produktübersicht

HIC Applikationen

- Unsere ausgewählten Größen haben den Fokus auf folgenden Applikationen:
 - DC / DC Wandler
 - CPU
 - BGA
 - Raspberry Pi / GRINN GenioBoard
 - RF components



Kühlkörper Produktübersicht

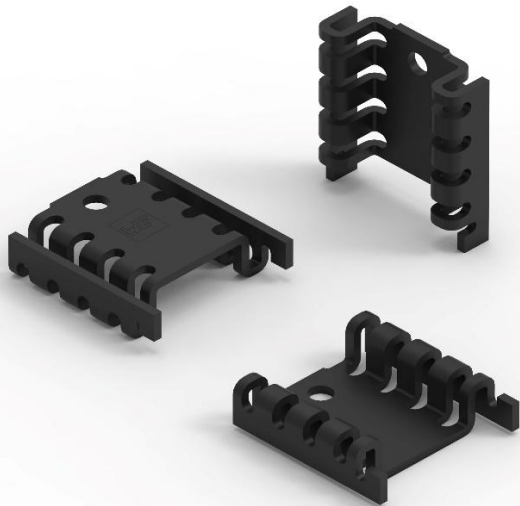
WE-HTOI / WE-HICI

Thermal Management

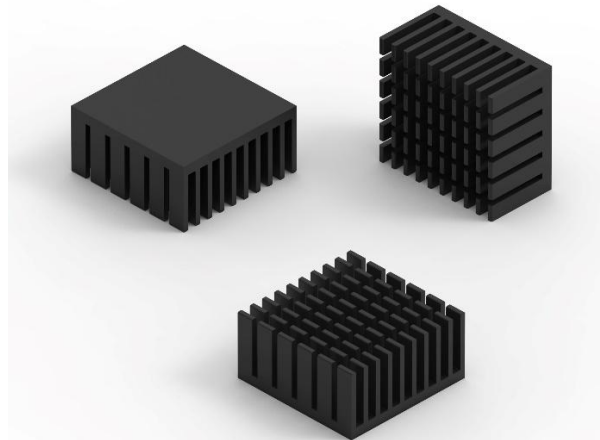
Please select product family

All subcategories

WE-HTO



WE-HIC



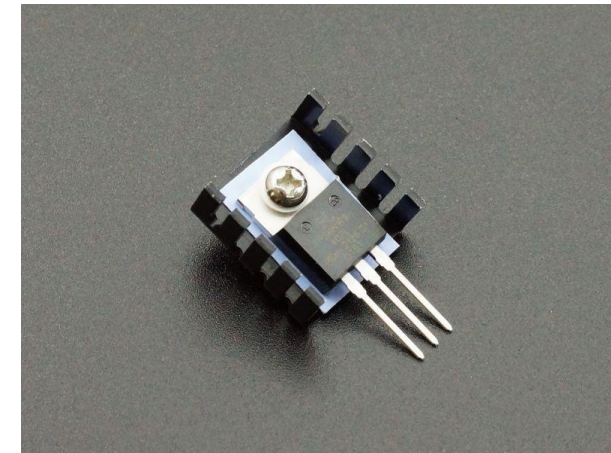
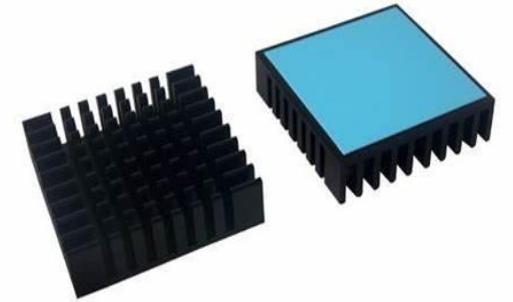
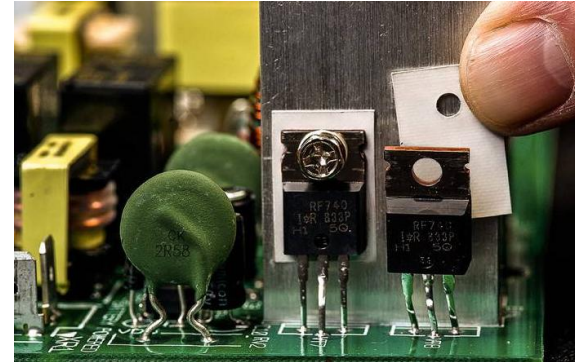
WE-HTOI/WE-HICI



Kühlkörper Produktübersicht

WE-HTOI / WE-HICI – Unser Service

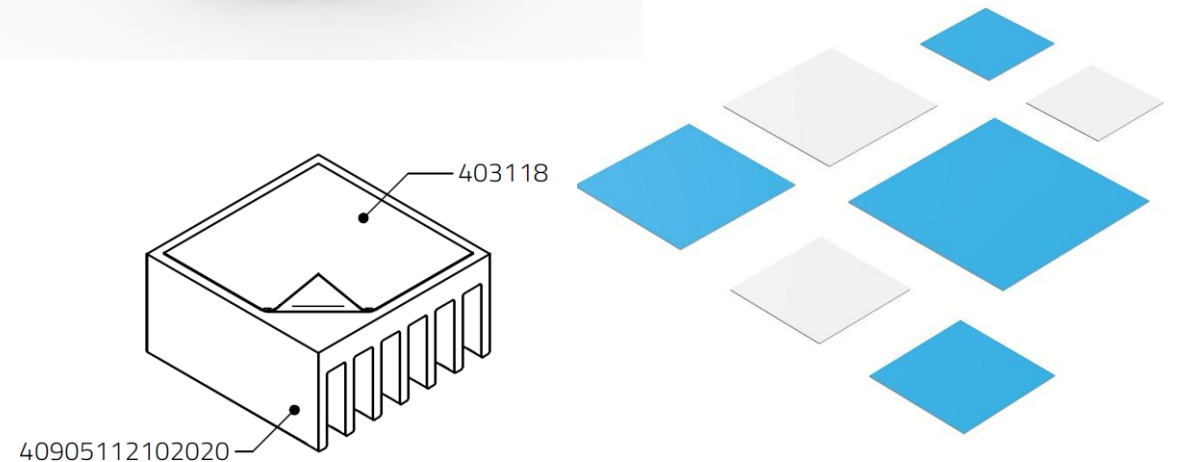
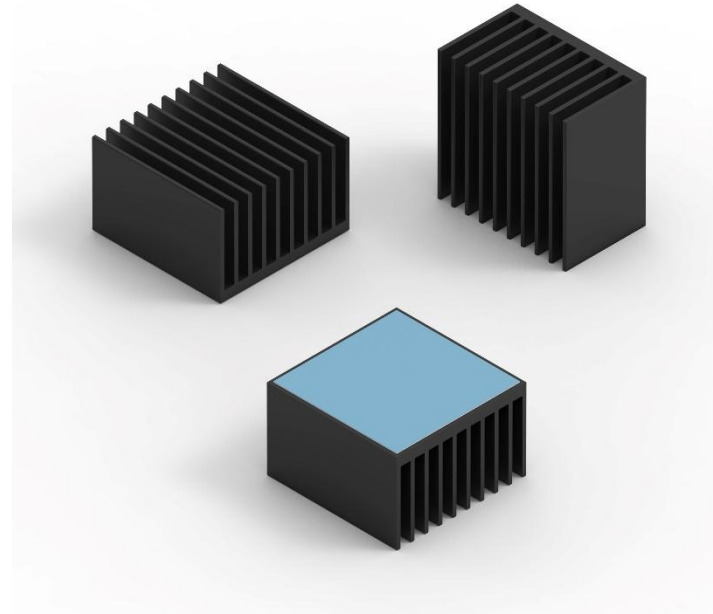
Um eine **optimale Leistung** zu gewährleisten, sollten wir den Kontakt zwischen der Komponente und dem Kühlkörper verbessern.
Dies erreichen wir mit unseren **Wärmeleitmaterialien**.



Kühlkörper Produktübersicht

WE-HICI: Kühlkörper + TTT

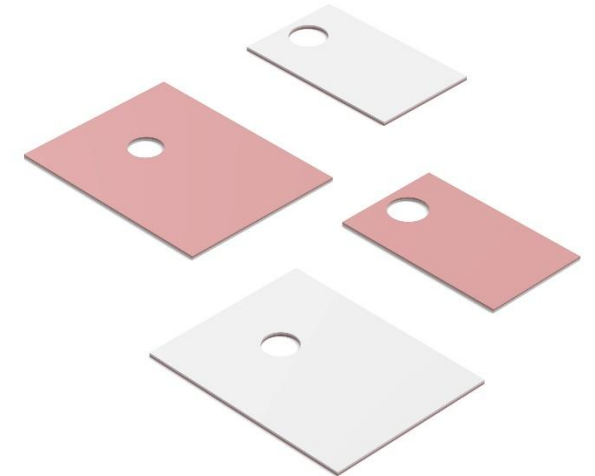
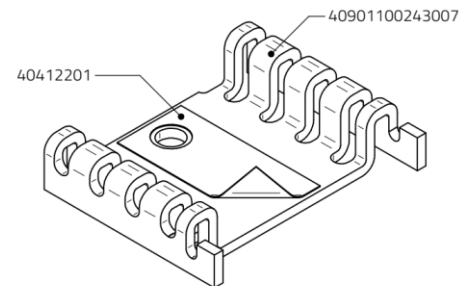
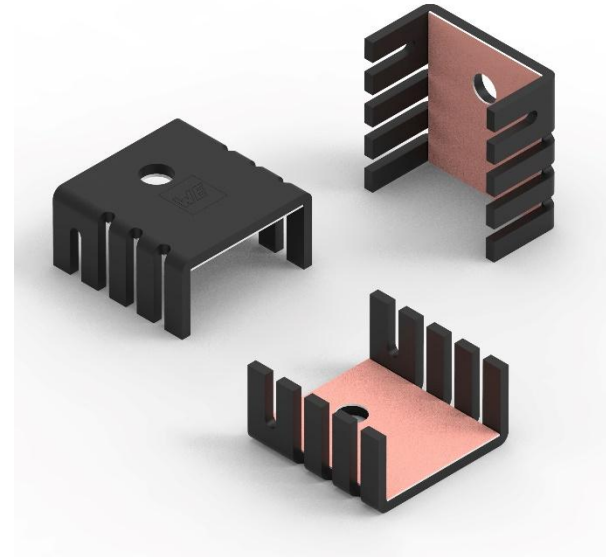
- WE-TTT wird auf den Kühlkörper aufgetragen, was dazu beiträgt, dass:
 - der Thermische Widerstand zwischen der Wärmequelle und dem Kühlkörper geringer ist
 - die mechanische Haftung unterstützt wird
- WE-TTT kann folgendermaßen angeboten werden:
 - Vorab aufgetragen auf den Kühlkörper
 - Als standard Artikelnummer, ohne Kühlkörper



Kühlkörper Produktübersicht

WE-HTOI: Kühlkörper + TINS

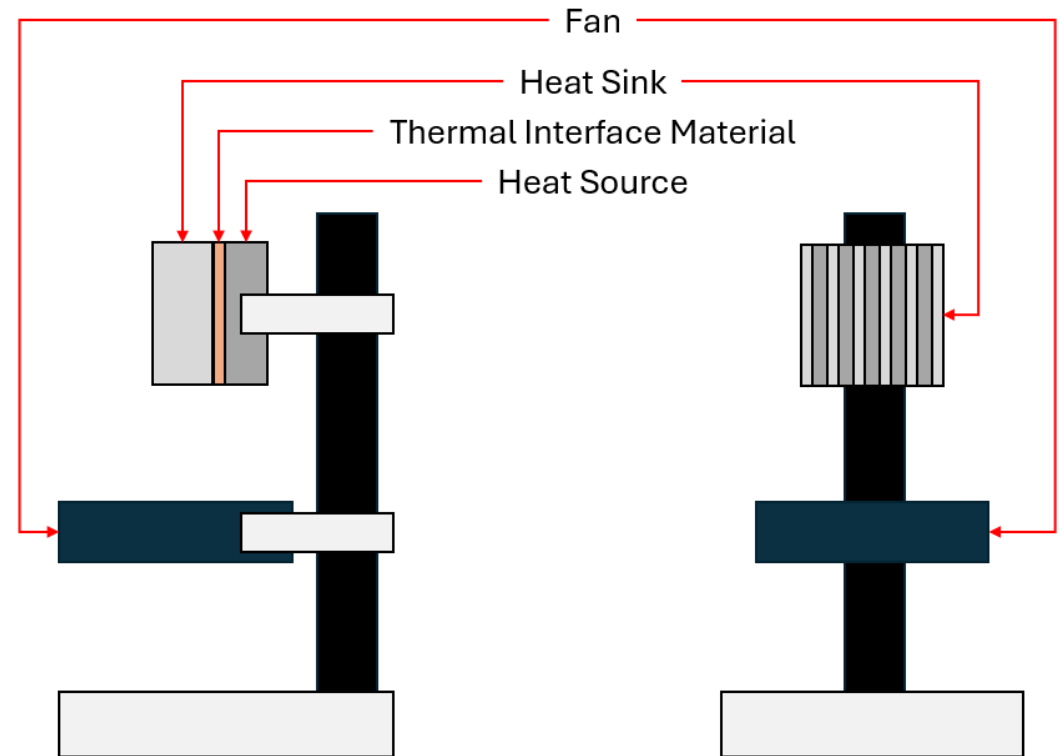
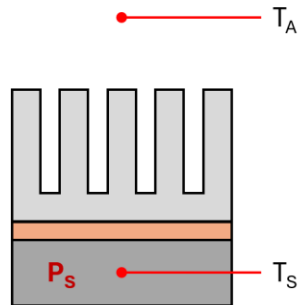
- WE-TINS wird auf den Kühlkörper aufgetragen
- WE-TINS kann folgendermaßen angeboten werden:
 - Vorab aufgetragen auf den Kühlkörper
 - Als standard Artikelnummer, ohne Kühlkörper



Kühlkörper Produktübersicht

Thermische Charakterisierung

- Wir messen
 - Leistungsabgabe der Wärmequelle
 - Temperatur der Wärmequelle
 - Umgebungstemperatur
- Wir berechnen:
 - Wärmewiderstand



Kühlkörper Produktübersicht

Design Guideline

WÜRTH ELEKTRONIK MORE THAN YOU EXPECT

SUPPORT NOTE

SN035 | Information on Heatsinks
WE-HTO & WE-HIC



Maria Cuesta-Martin, Sebastian Mirasol

1. INTRODUCTION AND THEORETICAL BACKGROUND

Thermal management is a critical aspect of electronic design, directly impacting performance, reliability, and longevity. This guideline serves as a practical resource for engineers and designers who need to select and design-in the [WE-HTO](#), [WE-HTOI](#), [WE-HIC](#) and [WE-HICI](#) series heatsinks in different use-case scenarios.

Electronic components such as processors, power transistors, and LEDs generate heat during operation. If not properly dissipated, excessive heat can lead to:

• Reduced component life expectancy

3. **Radiation:** Plays a minor role, contributing <10% of heat dissipation in most scenarios, though surface treatments (e.g., anodization) can enhance radiative cooling.

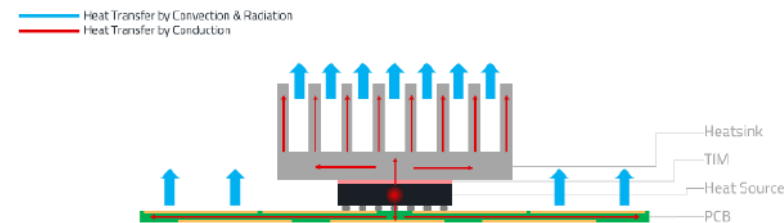


Figure 1: Heat transfer inside a heatsink.

2. CHARACTERISTICS & SPECIFICATIONS

