

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern WE-HTO & WE-HIC



Maria Cuesta-Martin, Sebastian Mirasol

1. EINLEITUNG UND THEORETISCHER HINTERGRUND

Effiziente Kühllösungen sind ein entscheidender Aspekt beim elektronischen Design: Sie ermöglichen eine rasche Wärmeableitung der Komponenten und beeinflussen somit deren Leistung, Zuverlässigkeit und Lebensdauer in positiver Weise.

Diese Support Note dient als praktischer Leitfaden für Ingenieure und Entwickler, die die Serien **WE-HTO** und **WE-HTOI** sowie **WE-HIC** und **WE-HICI** für verschiedene Anwendungsszenarien auswählen und integrieren wollen.

Elektronische Bauelemente wie Prozessoren, Leistungstransistoren oder LEDs erzeugen während ihres Betriebs Wärme. Wird diese nicht korrekt abgeführt, kann dies zu folgenden Problemen führen:

- Leistungseinbußen (Drosselung, Effizienzverlust)
- Vorzeitige Ausfälle (thermischer Stress)
- Sicherheitsrisiken (Überhitzung in Hochleistungssystemen)

Kühlkörper adressieren diese Herausforderungen, indem sie Wärme über Leitung, Konvektion und zu einem geringeren Teil über Strahlung an die Umgebung abgeben.

Der Prozess beginnt damit, dass Wärme vom IC oder Transistor über direkte Berührung oder via Thermische Interface-Materialien (TIM) wie die von Würth Elektronik angebotenen Serien **WE-TGF**, **WE-TINS**, **WE-PCM** und **WE-TTT** in die Grundplatte des Kühlkörpers geleitet wird. Von dort verteilt sich die Hitze in die Kühlkörperrippen, wo sie hauptsächlich über freie oder erzwungene Konvektion an die Luft abgegeben wird.

Kühlkörper lösen diese thermische Herausforderung, indem sie eine passive (oder aktive) Kühllösung bieten und so die Wärme von kritischen Komponenten in die Umgebung ableiten (Abbildung 1). Sie funktionieren durch:

1. **Wärmeleitung:** Diese wird durch das Material des Kühlkörpers (typischerweise Aluminium oder Kupfer) und die Dicke der Grundplatte beeinflusst. Diese Faktoren bestimmen, wie effizient sich die Wärme von der Kontaktfläche zu den Rippen ausbreitet.
2. **Konvektion:** Der dominierende Kühlprozess, bei dem Luftstrom (natürlich oder erzwungen) die Wärme von den Rippenoberflächen abführt. Die Rippengeometrie (Abstand, Länge, Dicke) wirkt sich direkt auf die konvektive Effizienz aus.
3. **Strahlung:** Spielt eine untergeordnete Rolle und trägt in den meisten Szenarien weniger als 10 % zur Wärmeabgabe bei. Oberflächenbehandlungen (wie etwa Eloxierung) können jedoch die Strahlungskühlung verbessern.

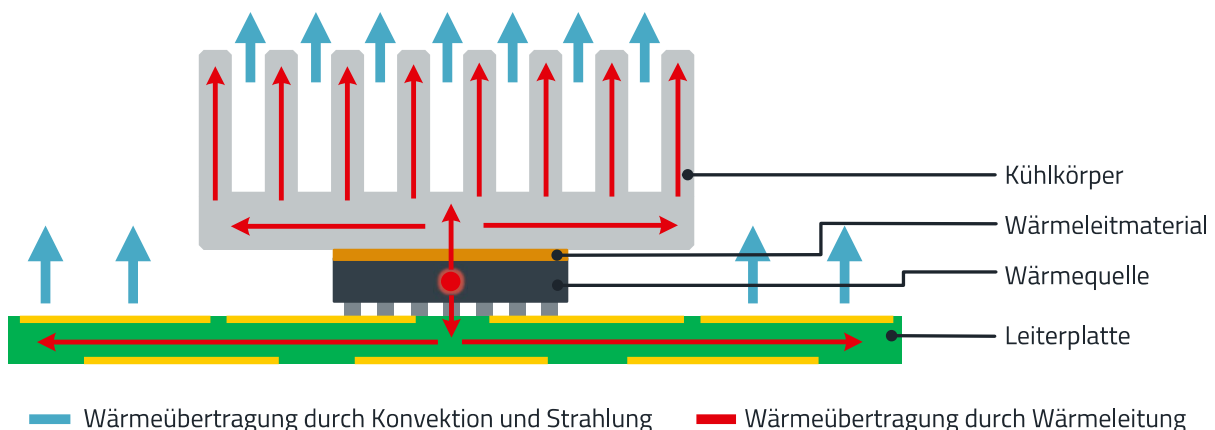


Abbildung 1: Wärmeableitung über den Kühlkörper.

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern WE-HTO & WE-HIC

2. MERKMALE & SPEZIFIKATIONEN

Jeder Kühlkörper kann je nach seiner Geometrie, dem verwendeten Material, der Position auf der Leiterplatte und der Befestigungsmethode in der Anwendung unterschiedlich performen.

Die folgenden beiden Tabellen veranschaulichen den thermischen Widerstand der verschiedenen Kühlkörper:

2.1 WE-HTO

Typ	Artikel-Nr.	Topologie	Oberfläche (mm ²)	Wärme-widerstand (K/W)
	40902100191409	einfach	1252	22
	40902100191909	einfach erweitert	1433	21
	40903100191412	aufsteckbar	658	16
	40901100242307	gekrümmt	1767	21
	40901100243007	gekrümmt erweitert	2073	20
	40904110384125	extrudiert für TO220	13222	9
	40904110634125	extrudiert für TO247	20971	7

Tabelle 1: Übersicht zu den HTO-Typen und deren Wärmewiderstand.

2.2 WE-HIC



Typ	Artikel-Nr.	Abmaße (mm)	Oberfläche (cm ²)	Wärme-widerstand (K/W)
	40905110102020	20x20	3,88	17...6
	40905110092424	24x24	5,00	15...6
	40905110163030	30x30	11,71	11...4
	40905110254040	40x40	21,61	8...3
	40906110102020	20x20	3,00	17...6
	40906110092424	24x24	4,99	15...5
	40906110163030	30x30	10,16	11...4
	40906110254040	40x40	19,56	7...3

Tabelle 2: Übersicht zu den HIC-Typen und deren Wärmewiderstand.

Die thermischen Widerstandswerte der **WE-HTO**-Serie wurden unter natürlicher Konvektion ermittelt, während die Werte der **WE-HIC**-Serie sowohl unter natürlicher als auch unter erzwungener Konvektion bestimmt wurden.

Zweifelsohne besteht ein enger Zusammenhang zwischen der verfügbaren Oberfläche eines Kühlkörpers und seinem thermischen Widerstand. Je größer die Oberfläche ist, desto mehr Aluminium steht zur Verfügung, um die entstehende bessere Wärme abzuführen. Dies lässt sich in der WE-HIC-Serie deutlich erkennen: Eine größere Oberfläche führt zu einem niedrigeren thermischen Widerstand.

Allerdings ist es wichtig zu verstehen, dass auch der Typ und das Design des Kühlkörpers die Leistung direkt beeinflussen. Daher wird in der WE-HTO-Serie der thermische Widerstand nicht nur durch die Oberfläche, sondern auch durch die Topologie des Kühlkörpers bestimmt.

Obwohl der thermische Widerstandswert maßgeblich ist, um zu bestimmen, welcher Kühlkörper zum Design passt, gilt es, auch andere Parameter zu berücksichtigen – zum Beispiel die Befestigungsmethode des Kühlkörpers, der korrekte Kontakt zwischen Kühlkörper und Bauteil, das Design sowie die verfügbare Einbaufäche. Der thermische Widerstandswert ist ein Referenzwert, der unter den weiter unten (**Beispiele für Design-In**) beschriebenen Bedingungen ermittelt wurde und je nach Anwendung variieren kann.

3. DESIGN-ANFORDERUNGEN

Beim Wärmeübergang an die Umgebung spielen sowohl die Luftkontaktfläche als auch die Topologie eine entscheidende Rolle bei der Kühlung von Komponenten. Aus diesem Grund ist das Kühlkörper-Produktportfolio von Würth Elektronik in zwei Hauptbereiche unterteilt.

- **WE-HIC**-Kühlkörper sind dafür ausgelegt, mit flachen Elementen wie integrierten Schaltungen (ICs) oder anderen SMT-Bauteilen zu interagieren.
- Hingegen wurde die **WE-HTO**-Serie für bedrahtete TO-Gehäuse – wie etwa TO-220 und TO-247 – entwickelt.

3.1 WE-HTO



Abbildung 2: Kühlkörper der Serie **WE-HTO**.

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern WE-HTO & WE-HIC

Gestanzte Aluminiumkühlkörper stellen einen völlig anderen Ansatz im Thermomanagement dar, bei dem Leichtbau und einfache Konstruktion über maximale Kühlleistung gestellt werden. Diese Kühlkörper werden durch Stanzen und Biegen dünner Aluminiumbleche hergestellt und verfügen über flache, weit auseinanderliegende Rippen sowie eine minimale Grundplattendicke. Obwohl sie bei der Wärmeableitung weniger effizient sind als extrudierte Kühlkörper, bieten gestanzte Varianten deutliche Vorteile für Anwendungen mit geringer Leistungsaufnahme. Für kleine Gehäuseformate wie TO-220- und TO247-Transistoren liefern gestanzte Kühlkörper eine ausreichende Kühlung bei sehr niedrigem Gewicht und geringen Kosten.

Ihr einfaches Design ermöglicht eine unkomplizierte Integration mit Clip-, Klebe- oder mechanischen Befestigungsmethoden, wobei diese Techniken in stark vibrierenden Umgebungen auch Zuverlässigkeitsprobleme verursachen können. Die dünne Konstruktion begrenzt jedoch ihre thermische Masse, weshalb sie für leistungsstarke Anwendungen ungeeignet sind. Gleichzeitig macht ihr flaches Profil sie besonders wertvoll in Anwendungen, bei denen nur wenig Einbauraum zur Verfügung steht.

3.2 WE-HIC

Extrudierte Kühlkörper gehören zu den am weitesten verbreiteten und kosteneffizientesten Lösungen im Thermomanagement. Sie werden hergestellt, indem erhitztes Aluminium durch eine formgebende Matrize gepresst wird. Dadurch entstehen Kühlkörper mit parallel verlaufenden Rippen über die gesamte Länge, die ein optimales Verhältnis zwischen Oberfläche und struktureller Stabilität bieten.

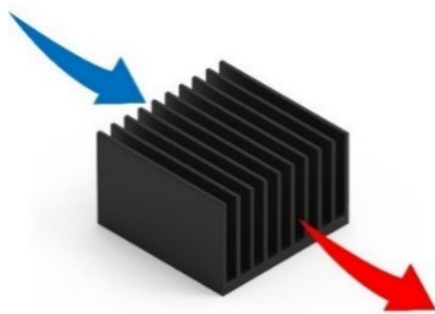


Abbildung 3: Unidirektionaler Kühlkörper für gleichmäßig gerichteten Luftstrom.

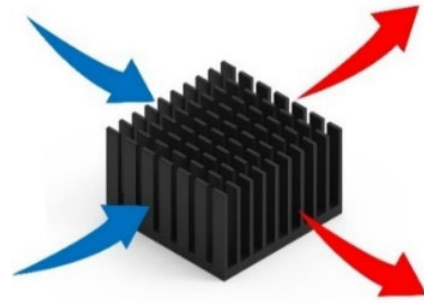


Abbildung 4: Bidirektionaler Kühlkörper für uneindeutige Luftströme.

Der Extrusionsprozess ermöglicht zweidimensionale Profilformen bei gleichzeitig sehr guter Wärmeleitfähigkeit. Für IC-Gehäuse sind extrudierte Kühlkörper besonders effektiv, wenn sie mithilfe geeigneter Wärmeleitmaterialien direkt auf die wärmeerzeugenden Komponenten montiert werden. Das Herstellungsverfahren erlaubt zudem eine kostengünstige Serienfertigung in hohen Stückzahlen, wenngleich die Designs aufgrund des Prozesses generell auf zweidimensionale Profilformen beschränkt sind. Ihre langen, durchgehenden Rippen fördern eine rasche Wärmeabgabe durch natürliche Konvektion und machen sie besonders geeignet für Anwendungen mit einem gleichmäßigen, gerichteten Luftstrom (Abbildung 3).

Der Querschnitt der Rippen ermöglicht es dem Kühlkörper, Wärme in Anwendungen an die Umgebung abzugeben, in denen der Luftstrom uneindeutig ist und aus jeder Richtung kommen kann (Abbildung 4). Es ist jedoch zu beachten, dass die Kühlleistung in Umgebungen mit natürlicher Konvektion – abhängig von der Orientierung der Rippen – um etwa 25 % sinken kann. Grund hierfür ist, dass die reduzierte Leistung auf eine eingeschränkte Luftzirkulation zwischen den Kühlrippen zurückzuführen ist, wenn diese ungünstig zur nach oben gerichteten, auftriebsbedingten Luftströmung ausgerichtet sind. Dies kann zu höheren Bauteiltemperaturen oder zu einer verringerten zulässigen Verlustleistung führen, weshalb dies bereits in der Designphase berücksichtigt werden sollte.

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern WE-HTO & WE-HIC

3.3 Applikationen

Bestens geeignet für	Vermeiden bei	Typ. Anwendungen
<ul style="list-style-type: none"> Niedrigleistungs-TO-Gehäuse (< 10 W) Geringe Einbaufläche Großserienfertigung 	<ul style="list-style-type: none"> Leistungen > 15 W Präzisiertes Wärmemanagement Hohe Zuverlässigkeitsanforderungen 	<ul style="list-style-type: none"> TO-Transistoren Consumer-Netzteile Schaltungen für Kleinsignale LEDs mit geringer Leistungsaufnahme

Tabelle 3: Überblick über die Anwendungen und Einsatzgebiete von TO-kompatiblen Kühlkörpern

Bestens geeignet für	Vermeiden bei	Typ. Anwendungen
<ul style="list-style-type: none"> Kompakte IC-Gehäuse Gerichteter Luftstrom Platzkritische Designs Systeme mit erzwungener Konvektion 	<ul style="list-style-type: none"> Reiner, natürlicher Konvektion Umgebungen mit sehr starken Vibrationen 	<ul style="list-style-type: none"> SMT-Bauteile (QFN, BGA) Telekommunikations-Equipment

Tabelle 4: Anwendungen für unidirektionale Kühlkörper.

Bestens geeignet für	Vermeiden bei	Typ. Anwendungen
<ul style="list-style-type: none"> Mittlere und niedrige Leistung (10 W-200 W) Turbulenter, bzw. unbestimmter Luftstrom: natürliche und erzwungene Konvektion 	<ul style="list-style-type: none"> Platzkritischen Designs Hohen Leistungen (> 300 W) 	<ul style="list-style-type: none"> TO-Transistoren Spannungsregler LED-Treiber CPU/GPU

Tabelle 5: Anwendungen für bidirektionale Kühlkörper.

3.4 Befestigungsmethoden

Abhängig vom jeweiligen Einsatzbereich gibt es verschiedene Befestigungsmethoden. Schraubmontage eignet sich für Hochstromanwendungen, die starken Vibrationen ausgesetzt sind, wohingegen thermische Klebänder beispielsweise besonders gut für platzkritische Anwendungen geeignet sind. Eine Übersicht zu den [Befestigungsmethoden](#) befindet sich im Anhang am Ende der Support Note.

3.5 Bedeutung von TIM

Thermische Interface-Materialien (TIMs) maximieren die Kontaktfläche zwischen der Wärmequelle und dem Kühlkörper, indem sie Luft aus den Kontaktflächen verdrängen und sowohl größere als auch kleinere Spalten ausfüllen. Entscheidend ist hierbei, das geeignete

Interface-Material auszuwählen, das die Anforderungen der Anwendung erfüllt – wie Oberflächenrauheit oder zu füllende Spaltmaße – und gleichzeitig die notwendigen thermischen Leistungsanforderungen einhält, da TIMs sonst zum Flaschenhals eines thermischen Systems werden können. Eine [Überblick über Wärmeleitmaterialien - Das richtige TIM auswählen](#), einschließlich der wichtigsten Spezifikationen der jeweiligen Materialien, gibt es im Anhang am Ende der Support Note.

Um Elektronikfertigern den aufwändigen Prozess des Aufbringens von TIM auf die Kühlkörper zu erleichtern, gibt es von Würth Elektronik mit den beiden Produktgruppen [WE-HTOI](#)- und [WE-HICI](#) bereits mit TIM vorkonfektionierte Kühlkörper, die eine optimale thermische Wärmeableitung bieten.

Konkret kommen für die WE-HTOI-Kühlkörper die TIMs der Produktgruppe WE-TINS und für die Kühlkörper der WE-HICI-Serie die TIMs der WE-TTT-Produktreihe zum Einsatz (Abbildung 5).

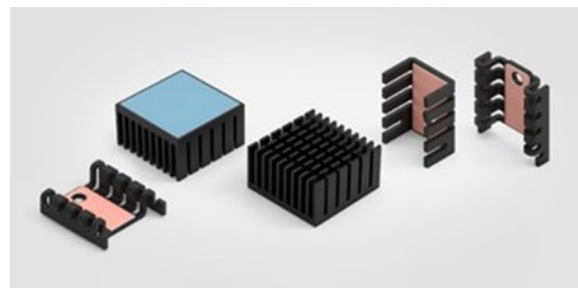


Abbildung 5: Beispiele für mit Wärmeleitmaterialien vorkonfektionierte Kühlkörper der WE-HTOI- und WE-HICI-Serie.

3.6 Kühlkörper-Design

Das Hauptziel jeder Kühlkörperkonstruktion besteht darin, die Wärmeübertragung von einem heißen Bauteil an die umgebende Luft zu maximieren und somit die Temperaturen der Bauteile in einem funktionalen Bereich zu halten. Dies wird hauptsächlich durch die folgende Formel bestimmt:

$$Q = h_{\text{conv}} \cdot A \cdot (T_{\text{source}} - T_{\text{ambient}}) \quad (1)$$

Wobei:

- Q = abgeführte Wärme in Watt
- h_{conv} = konvektiver Wärmeübergangskoeffizient (10 W/m²K für natürliche Konvektion, 15-50 W/m²K für erzwungene Konvektion) ^[1]
- A = gesamte Oberfläche, die mit der Umgebungsluft in Kontakt steht

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern WE-HTO & WE-HIC

- $T_{\text{source}} - T_{\text{ambient}}$ = Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle/Kühlkörper und Umgebungsluft

Um die abgeführte Leistung zu erhöhen, lässt sich die Oberfläche vergrößern. Jedoch ist dies dadurch begrenzt, wie gut die Grundplatte des Kühlkörpers die Wärme verteilen kann. Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient lässt sich ebenfalls erhöhen, indem man von natürlicher auf erzwungene Konvektion umstellt.

Wie aus Abbildung 6 hervorgeht, gibt es aus Sicht der Konstruktion drei zusätzliche Eigenschaften, die die Leistung eines Kühlkörpers beeinflussen:

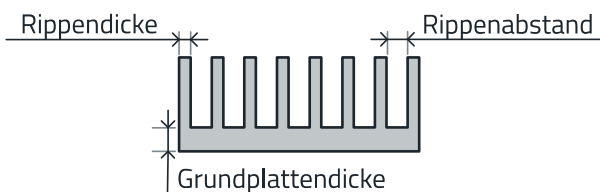


Abbildung 6: Heatsink characteristics.

- **Grundplattendicke:** Die Grundplatte dient dazu, die Wärme von der Wärmequelle auf alle Kühlrippen des Kühlkörpers zu verteilen. Eine dickere Grundplatte verbessert die Wärmeverteilung – aber mit Auswirkung auf Kosten und Gewicht. Für die meisten Anwendungen ist ein optimaler Wert von 3 mm empfehlenswert. Bei Anwendungen mit geringerer Verlustleistung lässt sich die Dicke auf 1 bis 2 mm reduzieren.
- **Rippendicke:** Dicke Rippen (> 1 mm) verbessern bei hohen Rippen die Wärmeübertragung von der Grundplatte an die Umgebung. Allerdings verringern sie die Anzahl der Rippen und die verfügbare Oberfläche pro Volumeneinheit. Sie eignen sich für Anwendungen mit natürlicher Konvektion. Dünne Rippen (< 0,5 mm) maximieren zwar die Oberfläche, neigen jedoch unter mechanischer Belastung oder bei hohen Luftströmungen zu Schwingungen oder Verformungen.
- **Rippenabstand:** Der Rippenabstand bestimmt, wie die Luft durch den Kühlkörper strömt. Bei Anwendungen mit natürlicher Konvektion ermöglichen größere Abstände (> 5 mm) ein ungehindertes Aufsteigen der Luft zwischen den Rippen. Engere Abstände (2 bis 4 mm) maximieren die Oberfläche, erfordern aber einen höheren Luftdurchsatz.

3.7 Beispiele für Design-In

Als Design-Beispiel dafür, wie man den richtigen Kühlkörper für unsere Anwendung auswählt, nehmen wir an, dass unser Ziel darin besteht, ausreichende Kühlung für einen IC bereitzustellen, der sich bei etwa 85 °C stabilisiert.

Unter der Annahme, dass sich zwischen Wärmequelle und Kühlkörper ein Thermisches Interface-Material (TIM) befindet, definieren wir eine Zieloberflächentemperatur von 80 °C sowie eine maximale Umgebungstemperatur von 40 °C.

Zunächst ermitteln wir, welche minimale Wärmeübertragungsrate (W/K) der Kühlkörper ins System einbringen muss, um die Designziele zu erreichen. Anschließend bestimmen wir, welche Oberfläche der Kühlkörper besitzen sollte – unter Berücksichtigung weiterer mechanischer Randbedingungen.

Parameter	Wert
Verlustleistung (P_s)	10 W
Zieloberflächentemperatur (T_s)	80 °C
IC-Oberflächen-Fläche (A_{IC})	250 mm ²

Tabelle 6: Beispiel für Parameter zur Berechnung der Kühlkörpergröße.

Wir können die Konvektionsformel so umformen, dass die durch das Design festgelegten Parameter von denjenigen getrennt werden, die wir verändern können, um unsere Ziele zu erreichen:

$$h_{\text{conv}} \cdot A \geq \frac{Q}{T_s - T_A} = \frac{10 \text{ W}}{80 \text{ °C} - 40 \text{ °C}} = 0,25 \frac{\text{W}}{\text{K}} \quad (2)$$

0,25 W/K ist die minimale Wärmeübertragungsrate an die Umgebung. Um die Oberfläche zu bestimmen, die der Kühlkörper haben muss, betrachten wir nun zwei Szenarien.

- Natürliche Konvektion: $h_{\text{conv}} \sim 10 \text{ W/m}^2\text{K}$:

$$A \geq \frac{0,25 \frac{\text{W}}{\text{K}}}{h_{\text{conv}}} = \frac{0,25 \frac{\text{W}}{\text{K}}}{10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}} = 0,025 \text{ m}^2 \quad (3)$$

- Erzwungene Konvektion: $h_{\text{conv}} \sim 25 \text{ W/m}^2\text{K}$:

$$A \geq \frac{0,25 \frac{\text{W}}{\text{K}}}{h_{\text{conv}}} = \frac{0,25 \frac{\text{W}}{\text{K}}}{25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}} = 0,01 \text{ m}^2 \quad (4)$$

SUPPORT NOTE

SNO35 | Informationen zu den Kühlkörpern WE-HTO & WE-HIC

Für einen Kühlkörper, der unter Bedingungen der natürlichen Konvektion arbeitet, ist ein großer Abstand zwischen den Kühlrippen erforderlich. Betrachten wir daher einen Kühlkörper mit 10 Kühlrippen, die jeweils 25 mm hoch, 50 mm lang, 1 mm dick und mit einem Abstand von 5 mm zueinander angeordnet sind.

$$A = 10 \text{ fins} \cdot 2 \text{ sides} \cdot 2,5 \text{ cm height} \cdot 5 \text{ cm length} \quad (5)$$
$$A = 0,025 \text{ m}^2$$

Wenn unser Design in einer Umgebung mit erzwungener Konvektion arbeiten könnte, ließe sich auf derselben Grundfläche eine größere Oberfläche erzielen, indem die Kühlrippen dünner ausgeführt und enger beieinander angeordnet werden. Betrachten wir deshalb einen Kühlkörper mit 16 Kühlrippen, die 25 mm hoch, 50 mm lang, 0,5 mm dick und mit einem Abstand von 3 mm zueinander angeordnet sind.

$$A = 16 \text{ fins} \cdot 2 \text{ sides} \cdot 2,5 \text{ cm height} \cdot 5 \text{ cm length} \quad (6)$$
$$A = 0,04 \text{ m}^2$$

Beide Kühlkörper würden die notwendige Wärmeübertragungsrate liefern, um unser Designziel zu erreichen. Abhängig davon, in welcher Umgebung das endgültige Design betrieben wird, können wir zwischen natürlicher oder erzwungener Konvektion wählen.

Mit der berechneten Oberfläche können wir nun den thermischen Widerstand eines Kühlkörpers dieser Fläche wie folgt abschätzen:

$$R_{HS} = \frac{1}{10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 0,025 \text{ m}^2} = 4 \frac{\text{K}}{\text{W}} \quad (7)$$

Nun verfügen wir über alle notwendigen Informationen, um unser thermisches System zu bewerten und zu prüfen, ob wir unsere ursprünglichen Designziele erreichen können. Zu diesem Zweck können wir ein thermisches Widerstandsmodell verwenden:

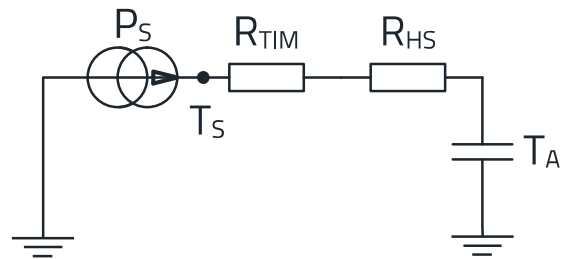


Abbildung 7: Modell zur Berechnung des thermischen Widerstands.

$$T_S = P_S \cdot (R_{TIM} + R_{HS}) + T_A \quad (8)$$

Da 10 W eine große Verlustleistung darstellen, spielt die Auswahl des Thermischen Interface-Materials (TIM) eine entscheidende Rolle.

Für dieses Szenario evaluieren wir ein Silikonpad, beispielsweise aus der [WE-TGF-Serie](#), mit einer Wärmeleitfähigkeit von 3 W/mK und einer Dicke von 0,5 mm, um den thermischen Widerstand möglichst gering zu halten.

$$R_{TIM} = \frac{\text{Thickness}}{\text{Thermal Conductivity} \cdot \text{Area}} \quad (9)$$
$$= \frac{0,0005 \text{ m}}{3 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \cdot 0,00025 \text{ m}^2} = 0,66 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Abschließend können wir nun bewerten, ob unser System das Ziel einer Oberflächentemperatur von $T_S = 80 \text{ °C}$ erreicht:

$$T_S = 10 \text{ W} \cdot \left(0,66 \frac{\text{K}}{\text{W}} + 4 \frac{\text{K}}{\text{W}}\right) + 40 \text{ °C} \approx 86 \text{ °C} \quad (10)$$

Da es sich hierbei um ein vereinfachtes thermisches Modell handelt, das davon ausgeht, dass die gesamte Wärme vom Bauteil zum Kühlkörper fließt und ausschließlich über natürliche Konvektion – ohne Berücksichtigung von Strahlungsanteilen – an die Umgebung abgeführt wird, können wir annehmen, dass unser Design für eine erste Abschätzung hinreichend konsistent ist.

Wenn wir das System jedoch umfassender bewerten wollten, bräuchten wir eine thermische Simulationssoftware wie Ansys' Icepak, um komplexere Effekte wie Strahlung, Wärmestau, Luftströmungsmuster oder lokale Hotspots realistisch zu modellieren.

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern WE-HTO & WE-HIC

4. THERMISCHE EIGENSCHAFTEN

Die Bereitstellung anwendungsnaher Messdaten ist entscheidend für unser Ziel, Entwicklern eine effiziente Auslegung von Kühlkörpern zu ermöglichen. Zu diesem Zweck haben wir einen Testaufbau entwickelt (Abbildung 8), der in der Lage ist, unterschiedliche Leistungsabgaben zu erzeugen und den thermischen Widerstand beliebiger Kühlkörper sowohl in natürlicher als auch in erzwungener Konvektion zu bewerten.

Der Arbeitsablauf des Aufbaus beginnt damit, dass der Kühlkörper auf einer Wärmequelle mit einem charakterisierten thermischen Interface-Material platziert wird. Die Kühlrippen sind parallel zum Gravitationsvektor ausgerichtet, um sicherzustellen, dass dieser dem Strömungsfluss der natürlichen Konvektion nicht entgegenwirkt.

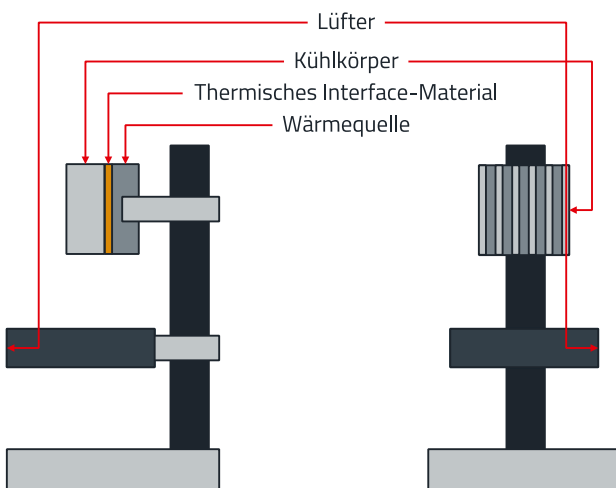


Abbildung 8: Testaufbau zur Messung der thermischen Eigenschaften von Kühlkörpern.

Während der Messung überwachen wir sowohl die Leistungsabgabe der Wärmequelle als auch die Temperatur der Quelle und der Umgebung. (Abbildung 9).

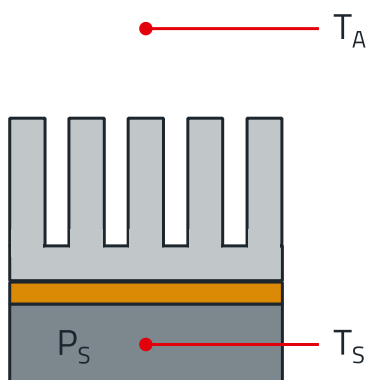


Abbildung 9: Beispiel zur Temperaturüberwachung.

Um den thermischen Widerstand des Kühlkörpers zu berechnen, können wir den Messaufbau als eine Reihe von thermischen Widerständen modellieren:

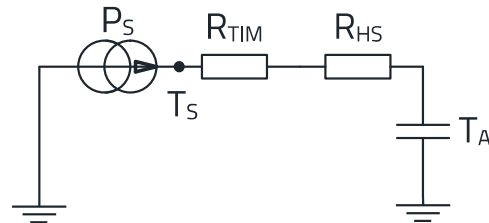


Abbildung 10: Modell zur Berechnung des thermischen Widerstands des Kühlkörpers.

Da das in der Versuchsanordnung verwendete Wärmeleitmaterial bekannt ist, können wir den thermischen Widerstand des Kühlkörpers wie folgt bestimmen:

$$R_{HS} = \frac{T_S - T_A}{P_S} - R_{TIM} \quad (11)$$

Legende:

- R_{HS} = Widerstand des Kühlkörpers
- T_S = Temperatur/Wärmequelle
- T_A = Umgebungstemperatur
- P_S = Verlustleistung
- R_{TIM} = Widerstand des TIMs

Dies ist der Versuchsaufbau, der zur Ermittlung des in den Datenblättern angegebenen Wärmewiderstandswerts verwendet wird. Dieser Wert ist als Referenz zu verstehen. Es ist zu beachten, dass er von dem in ihrer spezifischen Anwendung ermittelten Wert abweichen kann, da dort völlig andere Randbedingungen vorliegen.

5. INSTALLTION, HANDHABUNG UND BEFESTIGUNGSMETHODEN

Eine korrekte Installation eines Kühlkörpers ist entscheidend, um einen effizienten Wärmetransfer, mechanische Stabilität und langfristige Zuverlässigkeit sicherzustellen. Zu diesem Zweck sind die folgenden Schritte zu beachten:

1. Reinigen Sie die Oberfläche des Bauteils und die Grundfläche des Kühlkörpers, um sicherzustellen, dass sich weder Staub noch Fett in der Kontaktfläche befinden. Verwenden Sie hierfür ein fusselfreies Tuch mit Isopropylalkohol.
2. Tragen Sie das geeignete Wärmeleitmaterial – passend für den Spalt und die Kontaktflächen – auf die Wärmequelle auf.

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern WE-HTO & WE-HIC

3. Setzen Sie den Kühlkörper mit einer rollenden Bewegung auf, um sicherzustellen, dass keine größeren Luftblasen im Wärmeleitmaterial verbleiben.
4. Befestigen Sie den Kühlkörper mit der am besten für die jeweilige Anwendung geeigneten Befestigungsmethode.

6. ELOXIER-VERFAHREN

Das Eloxieren ist ein elektrochemischer Prozess, der verwendet wird, um die Oberflächeneigenschaften von Aluminiumkühlkörpern zu verbessern. Während des Prozesses wird der Kühlkörper zunächst gereinigt, um Öle und Oxide zu entfernen, und anschließend in ein Elektrolyt aus Schwefelsäure eingetaucht. Wenn eine Gleichspannung angelegt wird, fungiert das Aluminium als Anode, und Sauerstoff aus dem Elektrolyten reagiert mit der Oberfläche, wodurch eine dünne, harte Schicht aus Aluminiumoxid entsteht.

Diese Oxidschicht ist anfangs porös, wodurch sie sich in verschiedenen Farben einfärben lässt, um ihre Fähigkeit zur Wärmestrahlung zu erhöhen. Nach dem Färben werden die Poren versiegelt, um die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern und die Farbe dauerhaft einzuschließen.

Die resultierende Oberfläche ist deutlich härter und korrosionsbeständiger und weist einen höheren Oberflächenwiderstand auf als unbehandeltes Aluminium. Dieser Prozess erhöht den Wärme-Emissionsgrad erheblich, was die Fähigkeit des Kühlkörpers verbessert, Wärme durch Strahlung abzuführen. Diese Kombination aus Schutz, Haltbarkeit und verbesserter Wärmeleistung ist der Grund, warum die meisten Aluminiumkühlkörper schwarz eloxiert sind.

Während des Eloxierprozesses müssen die Aluminiumteile elektrisch mit der Stromquelle verbunden sein, damit ein Stromfluss durch sie hindurch erfolgen kann. Zu diesem Zweck wird jedes Teil mechanisch geklemmt, eingehakt oder an einer Aluminium- oder Titanhalterung aufgehängt, die als elektrischer Kontakt zur Anode dient. Dieser Verbindungspunkt ermöglicht es dem Strom, in das Teil einzutreten und die elektrochemische Reaktion auszulösen, die die Oxidschicht bildet.

An den Stellen jedoch, an denen das Teil direkten Kontakt mit der Halterung hat, kann der Strom nicht gleichmäßig über die Oberfläche fließen.

Der feste mechanische Kontakt verhindert, dass der Elektrolyt diese kleine Fläche erreicht, und da dort keine Oxidation stattfindet, bleibt die Oberfläche an diesen Kontaktpunkten

blank – also nicht eloxiert. Diese unbeschichteten Bereiche werden häufig als „Rack Marks“, „Kontaktpunkte“ oder „Hängepunkte“ bezeichnet.

Abbildung 11 und Abbildung 12 zeigen Beispiele dafür, wie unsere Kühlkörper für den Eloxierprozess befestigt werden können:



Abbildung 11: Beispiel für Halterungen beim Eloxier-Prozess für die Kühlkörper der WE-HTO-Serie.

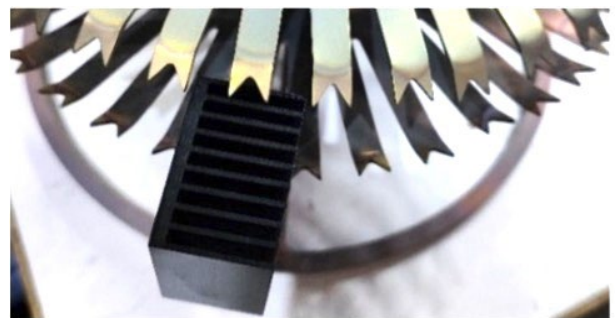


Abbildung 12: Beispiel für Halterungen beim Eloxier-Prozess für die Kühlkörper der WE-HIC-Serie.

Die Hängepunkte hinterlassen lediglich optische Spuren und haben keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Kühlkörpers. Sollte ein Kunde ein vollständig ästhetisches Ergebnis ohne diese Markierungen wünschen, ist es möglich, die Kühlkörper auf Anfrage nachträglich zu lackieren, um diese Stellen zu überdecken.

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern
WE-HTO & WE-HIC

A. ANHANG

A.1 Befestigungsmethoden

Befestigungsmethode	Wann zu verwenden	Wann zu vermeiden	Kühlkörper-Typen	Montagehinweise
Schraubmontage	<ul style="list-style-type: none">Hohe Leistung (> 20 W)Hohe Vibration	<ul style="list-style-type: none">Begrenzter Platz auf der PlatineIC-GehäuseNicht nachbearbeitbare Designs	<ul style="list-style-type: none">Extrudiert;Dickwandig gestanztGeklebte Rippenkühlkörper	<ul style="list-style-type: none">0,5 bis 1,2 Nm DrehmomentSicherungsfederringe für Vibrationsbeständigkeit
Federklammern	<ul style="list-style-type: none">Mittlere Leistung (5 bis 10 W)Schnelle MontageKostenoptimiertes Design	<ul style="list-style-type: none">Hohe Komponenten (> 25 mm)Extreme VibrationenUngleichmäßige Oberflächen	<ul style="list-style-type: none">ExtrudiertDünnwandig gestanzt	<ul style="list-style-type: none">5 bis 10 psi HanddruckStahlfedern
Thermische Klebebänder	<ul style="list-style-type: none">Geringe Leistung (< 5 W)Beengte Platzverhältnisse	<ul style="list-style-type: none">Hohe TemperaturenHohe ZuverlässigkeitHäufiges Nachbearbeiten	<ul style="list-style-type: none">GestanztDünnwandiges extrudiertes Profil.	<ul style="list-style-type: none">5 bis 15 psi während des Verbindens
Thermo-Epoxid	<ul style="list-style-type: none">Dauerhafte VerklebungRaue UmgebungUngleichmäßige Oberflächen	<ul style="list-style-type: none">Bedarf an NacharbeitBedarf an leistungsstarken Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none">Alle	<ul style="list-style-type: none">Raumtemperatur oder Ofenaushärtung
Push-Pins	<ul style="list-style-type: none">Mittlere bis hohe Leistung (10 bis 30 W)IC-Gehäuse (Substrate, Kunststoffe)	<ul style="list-style-type: none">Hoher mechanischer StressMetallgehäuse	<ul style="list-style-type: none">GestanztTeils extrudiert	<ul style="list-style-type: none">20 bis 30 N EinpresskraftEinmaliger Gebrauch

Tabella 7: Typische Befestigungsmethoden im Überblick.

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern
WE-HTO & WE-HIC

A.2 Überblick über Wärmeleitmaterialien – Das richtige TIM auswählen

	Material	Match-Code	Geeignet für	Nicht geeignet bei	Wichtige Kenndaten
	Silikonelastomerpads	WE-TGF	Unebene Oberflächen, hohe Druckbelastbarkeit	Dünne Spalte ($< 0,5$ mm)	1-6 W/mK, 10-30 % Kompression
	Silikonkautschuk-Pads	WE-TINS	Moderate Vibrationen, hohe Druckbelastbarkeit	Unebene Oberflächen	1,6-3,5 W/mK, 0,2 mm Dicke
	Phasenveränderliches Material (PCM)	WE-PCM	Hohe Leistung, dünne Verbindungsschichten	Anwendungen, die Demontage oder Wartung erfordern	1,6-5 W/mK, Schmelzpunkt ~ 55 °C
	Thermotransferband	WE-TTI	Dünne Klebeverbindungen (keine Klemmen benötigt)	Hoher Wärmestrom	1 W/mK, 0,2 mm Dicke
	Graphit auf Schaumstoff- Dichtung	WE-TGFG	Große Spalte, Schnittstelle zu einer einzelnen flachen Oberfläche	Kontakt mit mehreren Komponenten	400 W/mK (Graphit in-plane)
	Graphitfolien	WE-TGS	Wärmeverteilung in der Ebene	Hohe mechanische Belastungen oder Vibration	1800 W/mK (in-plane)

Tabelle 8: Überblick über Wärmeleitmaterialien – Das richtige TIM auswählen.

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern
WE-HTO & WE-HIC

A.3 Literatur

- [1] Çengel, Yunis. A (2003). Heat Transfer: A Practical Approach. McGraw-Hill, 2nd edition, web chapter 15, page 68.

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern WE-HTO & WE-HIC

WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden

hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfälle ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes
www.we-online.com/apnotes



REDEXPERT Design Platform
www.we-online.com/redexpert



Toolbox
www.we-online.com/toolbox



Produkt Katalog
www.we-online.com/products

KONTAKT INFORMATION



apnotes@we-online.com
Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG
Max-Eyth-Str. 1 74638 Waldenburg Germany
www.we-online.com

SUPPORT NOTE

SN035 | Informationen zu den Kühlkörpern
WE-HTO & WE-HIC

REVISIONSHISTORIE

Dokument Version	Veröffentlichungsdatum	Änderungen
SN035a	2026/04/21	Ursprüngliche Version der Application Note

Hinweis: Die aktuelle Version des Dokuments und das Veröffentlichungsdatum sind in der Fußzeile jeder Seite dieses Dokuments angegeben.