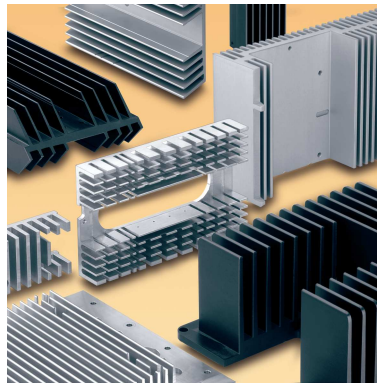


Auslegung und Berechnung von Kühlkörpern

Die in elektronischen Bauteilen entstehende Verlustleistung wird in Wärme umgewandelt und darf die maximale Betriebstemperatur nicht überschreiten, da ansonsten eine thermische Zerstörung oder Fehlfunktionen erfolgen. Bei einer Überschreitung der Bauteiltemperatur, sinkt die Lebensdauer der meisten elektronischen Bauteile, auf die Hälfte Ihrer angegebenen Lebensdauer. Aus diesem Grund muss eine Wärmeabfuhr erfolgen. Bei allen Arten des Wärmetransportes gilt der Grundsatz, dass die natürliche Transportrichtung der Wärmeenergie von der höheren zur tieferen Temperatur verläuft. Dies heißt bei elektronischen Bauteilen, dass die Wärme an die Umgebungsluft abgegeben wird.



Die thermische Leistung der Kühlkörper ist in erster Linie von der Wärmeleitfähigkeit des Materials, der Größe der Oberfläche und der Masse des Kühlkörpers abhängig. Variable Größen sind die Farbe der Oberfläche, die Einbaulage, die Temperatur und die Geschwindigkeit der umgebenden Luft. Diese unterscheiden sich von Fall zu Fall erheblich. Eine weitere einflussnehmende Größe ist die Kontaktierung des Halbleiters auf der Wärmesenke.

Berechnung des Wärmewiderstandes

Für die Auswahl eines geeigneten Kühlkörpers ist neben der Bauform und dem zur Verfügung stehenden Raum in erster Linie der Wärmewiderstand des Kühlkörpers ausschlaggebend.

Zur Berechnung des Wärmewiderstandwertes ist aus den verschiedenen gegebenen Werten des Halbleiterherstellers und der Schaltungsanwendung die folgende Gleichung zu erfüllen:

Gleichung 1:

$$R_{thK} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_U}{P} - (R_{thG} + R_{thM}) = \frac{\Delta\vartheta}{P} - R_{thGM}$$

Damit die maximale Sperrschichttemperatur im Anwendungsfall nicht überschritten wird, ist eine Prüfung der Temperatur erforderlich. Die Temperatur der Sperrschicht ist nicht direkt messbar. Nach Messung der Gehäusetemperatur lässt sie sich für die Praxis ausreichend genau berechnen, nach

Gleichung 2:

$$\vartheta_i = \vartheta_G + P \cdot R_{thG}$$

Die einzelnen Faktoren hierbei sind:

ϑ_i = Maximale Sperrschichttemperatur des Halbleiters in [°C] (Herstellerangabe)
Aus Sicherheitsgründen sollte hierbei ein Abschlag von 20 – 30°C in Anwendung kommen

ϑ_U = Umgebungstemperatur in [°C]

Die Temperaturerhöhung durch die Strahlungswärme des Kühlkörpers sollte mit einem Zuschlag von 10 – 30°C berücksichtigt werden

$\Delta\vartheta$ = Differenz zwischen maximaler Sperrschichttemperatur und Umgebungstemperatur in [K]

ϑ_G = Gemessene Temperatur des Halbleitergehäuses in [°C]

P = Die am zu kühlenden Halbleiter maximal anfallende Leistung in [W]

R_{th} = Wärmewiderstand (allgemein) in [K/W]

R_{thG} = Innerer Wärmewiderstand des Halbleiters (Herstellerangabe) in [K/W]

R_{thM} = Wärmewiderstand der Montagefläche.

Für TO 3-Gehäuse können die nahstehend aufgeführten Richtwerte eingesetzt werden:

- | | |
|---|------------------|
| 1. Trocken ohne Isolator | 0,05 - 0,20 K/W |
| 2. Mit Wärmeleitpaste WLP / ohne Isolator | 0,005 - 0,10 K/W |
| 3. Aluminiumoxydscheiben mit WLP | 0,20 - 0,60 K/W |
| 4. Glimmscheibe 0,05mm stark mit WLP | 0,40 - 0,90 K/W |

R_{thK} = Wärmewiderstand des Kühlkörpers in [K/W]

Der Wert ist direkt aus den Diagrammen ablesbar

R_{thGM} = Summe aus R_{thG} und R_{thM}

Bei Parallelschaltungen mehrerer Transistoren berechnet sich der Wert R_{thGM} als Parallelschaltung der einzelnen Werte von $R_{thG} + R_{thM}$ nach der folgenden Formel:

Gleichung 3:

$$\frac{1}{R_{thGMges.}} = \frac{1}{R_{thG1} + R_{thM1}} + \frac{1}{R_{thG2} + R_{thM2}} + \dots + \frac{1}{R_{thGn} + R_{thMn}}$$

Der hierbei gefundene Wert ist dann in die Gleichung 1 einzusetzen.

[K] = Kelvin

Nach den gesetzlichen Regelungen der physikalischen Einheiten werden °C Temperaturdifferenzen in Kelvin angegeben (1° C = 1 K)

[K/W] = Kelvin pro Watt

Einheit des Wärmewiderstandes

Berechnungsbeispiel

- Ein TO 3-Leistungstransistor ($P = 60 \text{ W}$) darf eine max. Sperrschichttemperatur von 180°C erreichen, der innere Wärmewiderstand beträgt 0,6 K/W. Bei einer Umgebungstemperatur von 40°C wird eine Montage mit Aluminiumoxydscheiben vorgesehen.

Welchen Wärmewiderstand muss der Kühlkörper bieten?

Gegeben:

$$\begin{aligned}
 P &= 60 \text{ W} \\
 \vartheta_i &= 180^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 160^\circ\text{C} \text{ (Sicherheitsreserve)} \\
 \vartheta_U &= 40^\circ\text{C} \\
 R_{thG} &= 0,6 \text{ K/W} \\
 R_{thM} &= 0,4 \text{ K/W (Tabellenmittelwert)}
 \end{aligned}$$

Gesucht: R_{thK}

Lösung nach Gleichung 1

$$R_{thK} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_U}{P} - (R_{thG} + R_{thM}) = \frac{160\text{K} - 40\text{K}}{60\text{W}} - (0,6\text{K/W} + 0,4\text{K/W}) = \underline{\underline{1,0\text{K/W}}}$$

2. Gleiche Voraussetzungen wie Beispiel 1, jedoch Aufteilung der Leistung auf 3 Transistoren gleichen Typs:

Lösung nach Gleichung 1 und Gleichung 3

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{R_{thGMges.}} &= \frac{1}{0,6\text{K/W} + 0,4\text{K/W}} + \frac{1}{0,6\text{K/W} + 0,4\text{K/W}} + \frac{1}{0,6\text{K/W} + 0,4\text{K/W}} = \underline{\underline{\frac{3}{1}\text{W/K}}} \\
 R_{thGMges.} &= \frac{1}{3} \text{ K/W} = \underline{\underline{0,33\text{K/W}}}
 \end{aligned}$$

In die oben gegebene Gleichung 1 eingesetzt ergibt sich:

$$R_{thK} = \frac{160\text{K} - 40\text{K}}{60\text{W}} - 0,33\text{K/W} = \underline{\underline{1,67\text{K/W}}}$$

Mit diesen errechneten Werten kann anhand der einzelnen Kühlkörper-Diagramme die Bestimmung des Kühlkörpers erfolgen.

3. An einem Transistor, der mit 50 Watt belastet ist und einen inneren Wärmewiderstand von 0,5 K/W besitzt, wird eine Gehäusetemperatur von 40 °C gemessen.

Wie hoch ist die Sperrschichttemperatur?

Gegeben:

$$\begin{aligned}
 P &= 50 \text{ W} \\
 R_{thG} &= 0,5 \text{ K/W} \\
 \vartheta_G &= 40^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

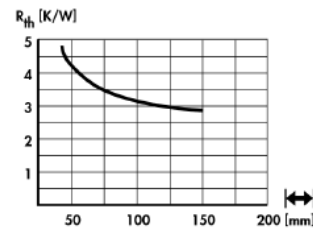
Gesucht: ϑ_i

Lösung nach Gleichung 2

$$\begin{aligned}
 \vartheta_i &= \vartheta_G + P \cdot R_{thG} \\
 \vartheta_i &= 40^\circ\text{C} + 50\text{W} \cdot 0,5\text{K/W} = 65^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Wärmewiderstanddiagramms

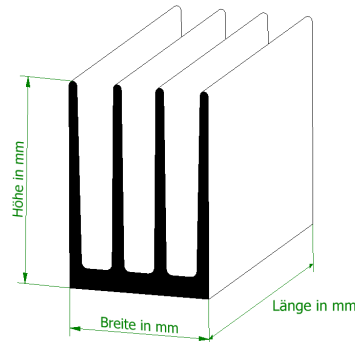
Das Wärmewiderstandsdiagramm zeigt die Abhängigkeit zwischen Wärmewiderstand R_{th} [K/W] und der Länge des Profils [mm].



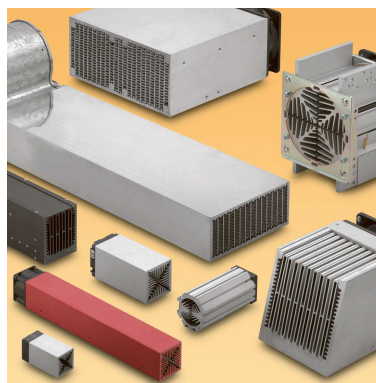
Wärmewiderstand Profil SK 134

Für die Richtige Auswahl sind zu dem Wärmewiderstandswert des Kühlkörpers, auch die Abmessungen des Kühlkörpers wichtig.

Die Breite und die Höhe des Kühlkörpers werden durch die einzelnen Profile vorgegeben. Die Länge ist variabel und kann neben den Standardlängen, nach Kundenvorgabe bis zu 3 m betragen.

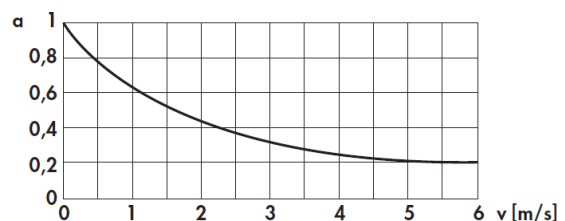


Die Konvektion ist der Transport von Wärmeenergie, gebunden an die Strömung eines Mediums und darf bei der Berechnung nicht vernachlässigt werden. Es wird unterschieden, zwischen einer erzwungenen und einer freien Konvektion. Bei der freien Konvektion wird ausgenutzt, das bei steigender Temperatur die Luft spezifisch leichter wird und nach oben steigt. Diesen Effekt nennt man Kamineffekt. Bei der erzwungenen Konvektion, wird die Strömung von außen aufgezwungen, z.B. durch zusätzliche Lüftermotoren.



Für eine Abschätzung des Wärmewiderstandes bei erzwungener Konvektion dient das folgende Diagramm

- $R_{thKf} = a \cdot R_{thK}$
- R_{thKf} = Wärmewiderstand erzwungener Konvektion
- R_{thK} = Wärmewiderstand freier Konvektion
- a = Proportionalitätsfaktor



Wärmewiderstand von beliebigen Profilen bei verstärkter Kühlung



GmbH & Co. KG, Nottebohmstr.28,
www.fischerelektronik.de

D-58511 Lüdenscheid, Tel.: +49 (0)2351/435-0
e-mail: info@fischerelektronik.de

Alle angegebenen Werte in Diagrammen von Fischer Elektronik gelten für Kühlkörper mit schwarz eloxierter Oberfläche (SA), für senkrechte Einbaulage und freie Konvektion.

Korrekturfaktoren: für naturfarbene Oberfläche + 10 bis 15% und für horizontale Einbaulage + 15 bis 20%

Für die Kühlkörper der Firma Fischer Elektronik wurden alle Wärmewiderstände empirisch, in einem speziell für diese Anforderungen entwickelten Labor, gemessen. Um die Wärmewiderstände von Neuentwicklungen und kundenspezifischen Kühlkörpern schneller und ohne den Aufbau von Mustern schon in den Entwicklungsphase zu analysieren, hat Fischer Elektronik das Messverfahren auf Computer gestützte Simulationen umgestellt.