

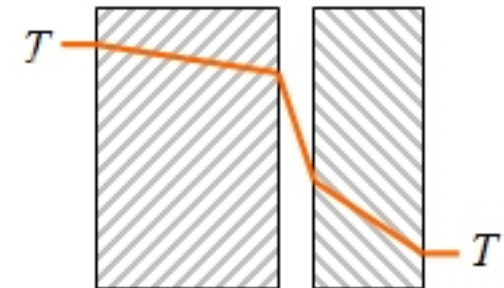
Thermische Widerstände von Kühlprofilen

Kühlkörper leiten die Wärme von heißen Bauteilen entlang eines Wärmepfades ab, wobei das Prinzip der Oberflächenvergrößerung genutzt wird. Dabei besitzt jeder Kühlkörper einen thermischen Widerstand, der von verschiedenen Faktoren wie Material, Größe, Oberflächenbeschaffenheit, Konvektionsart, etc. abhängt.

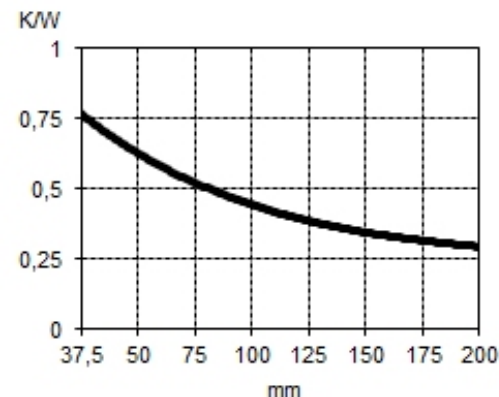
Definition Wärmewiderstand

Jedes Material setzt dem Wärmestrom (von warm nach kalt) einen Wärmewiderstand entgegen. Der Wärmewiderstand (auch thermischer Widerstand oder Wärmeleitwiderstand genannt) wird mit dem Kennwert R_{th} bezeichnet und besitzt die Einheit K/W (Kelvin pro Watt). Der R_{th} -Wert ist ein Maß für die Temperaturdifferenz die in einem Objekt beim Hindurchtreten eines Wärmestroms entsteht.

Bei Kühlkörpern geben die K/W-Werte die Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche des Kühlkörpers und der Umgebungstemperatur bei einer zugeführten Verlustleistung in Watt an. Die Wärmewiderstände der verschiedenen Kühlkörper werden entweder als feststehender K/W Wert (z.B. bei vielen PC-board Kühlkörpern) oder in einem Diagramm in Abhängigkeit der Kühlkörperlänge angegeben.



Ermittlung der R_{th} – Werte für Kühlkörper



Aufgrund fehlender Normen im Bereich der Ermittlung von Wärmewiderständen bei Kühlkörpern für die Elektronik werden die Werte für die einzelnen Kühlkörper unter praxisnahen Bedingungen ermittelt. Sofern nicht anders angegeben werden die Wärmewiderstände unter folgenden Bedingungen ermittelt:

- Natürliche Konvektion (ohne Einsatz von Lüftern o.ä., ruhende Luft)
- Vertikale Einbaulage, das heißt vertikale Rippenrichtung
- Oberfläche der Kühlkörper mattschwarz eloxiert
- Gleichmäßiges Einbringen der Verlustleistung über die Auflagefläche
- Anwendung der Wärmequellen mit Wärmeleitpaste
- Messung der Umgebungstemperatur in 1m vom Kühlkörper

Folgende Korrekturfaktoren können überschlägig angenommen werden:

Oberfläche Aluminium natur (blank)	+10%
Horizontale Einbaulage	+20%

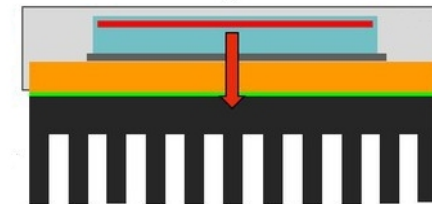
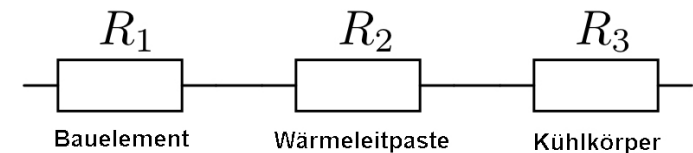
Thermische Widerstände von Kühlprofilen

Wärmeffade

Ein Wärmeffad ist eine Aneinanderreihung von einzelnen Wärmewiderständen, praktische wie eine Reihenschaltung. Bei der Betrachtung der Gesamtwärmeabfuhr laufen mehrere Wärmeffade: Wärmeleitung, Strahlung und Konvektion. Die Betrachtung der Wärmeabfuhr über alle Pfade ist daher rel. komplex.

Jeder Wärmeffad beginnt bei der Wärmequelle, läuft über die verschiedenen Wärmesenken (z.B. den Kühlkörper) bis zum Umgebungsmedium, der umgebenden Luft. Wärmeffade sind 3-Dimensional und zeitabhängig.

Bei der Optimierung der Wärmeffade sollte immer zuerst die schwächste Stelle gesucht und verbessert werden, um den höchsten Nutzen zu erreichen. Wichtige Stellen in den Wärmeffaden sind die Kontaktstellen, da hier oft großes Potenzial zur Verminderung des thermischen Gesamtwiderstands liegt (auf ausreichende Ebenheit und Rauheit der Flächen achten und TIM Materialien (TIM=Thermal Interface Material) verwenden, z.B. Wärmeleitpaste oder Wärmeleitfolien).



Welcher Kühlkörper - R_{th} wird benötigt?

Für eine erste Annäherung an die Dimensionierung des Kühlkörpers wird benötigt: Die Verlustleistung der Bauteile in Watt (P_{tot}), die maximal erlaubte Sperrschichttemperatur der Halbleiter (T_j), die maximal zu erwartende Umgebungstemperatur (T_u), sowie der Wärmewiderstand der Halbleiter (R_{thH}). Mit diesen Werten läßt sich mit der nebenstehenden Formel der benötigte Wärmewiderstand (R_{thK}) für den Kühlkörper berechnen. In dieser ersten Annäherung findet der Wärmewiderstand der Übergänge sowie der TIM Materialien zunächst keine Berücksichtigung.

$$R_{thK} = \frac{T_j - T_u}{P_{tot}} - R_{thH}$$

Je nach gewünschter Konvektionsart (natürliche Konvektion oder mit Lüfter) und unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehende Bauraums kann nun anhand der Wärmewiderstandswerte der Kühlkörperhersteller ein geeigneter Kühlkörper ausgewählt werden.

Für Anwendungen mit forcierter Kühlung (mit Lüfterbetrieb) müssen die R_{th} -Werte der Kühlkörper entsprechend der Luftgeschwindigkeit mit einem Faktor verrechnet werden (siehe Umrechnungsfakoren der Kühlkörperhersteller)

Die Sperrschichttemperatur der Halbleiter (T_j) kann, nachdem in einem Versuchsaufbau die Gehäusetemperatur (T_G) der Halbleiter gemessen worden ist, mit der Formel $T_j = T_G + P_{tot} \times R_{thH}$ nachgerechnet werden.