

## Dimensionieren eines Kühlkörpers

Halbleiterbauelemente werden bei Stromdurchfluss erwärmt. Elektrische Energie wird in Wärmeenergie, die sogenannte Verlustwärme  $P_V$ , umgewandelt. Dies geschieht besonders in Sperrschichten, also an den PN-Übergängen. Die maximale, zulässige Sperrschichttemperatur  $T_J$  wird vom Hersteller im Datenblatt angegeben. Meistens beträgt die max. Sperrschichttemperatur  $150^\circ\text{C}$ . Für die Praxis verwenden wir aus Sicherheit einen Wert von  $125^\circ\text{C}$ . Ein überschreiten der Sperrschichttemperatur zerstört den Halbleiter.

Um die Wärme abzuführen werden Kühlkörper verwendet. Bei sehr kleinen Leistungen reichen z.T. die Halbleitergehäuse aus, oder der Halbleiter wird direkt auf das Gerätegehäuse montiert. Die übertragene Wärmeleistung hängt vom Wärmewiderstand  $R_{th}$  und von der Temperaturdifferenz  $\Delta T = T_J - T_{amb}$  ab.  $T_{amb}$  ist die Umgebungstemperatur.

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{P_V} = \frac{T_J - T_{amb}}{P_V}$$

Der Wärmewiderstand gibt an, welcher Temperaturunterschied  $\Delta T$  in Kelvin vorhanden sein muss, damit vom Bauelement an die Umgebung eine Wärmeleistung von 1 W abgeführt wird.

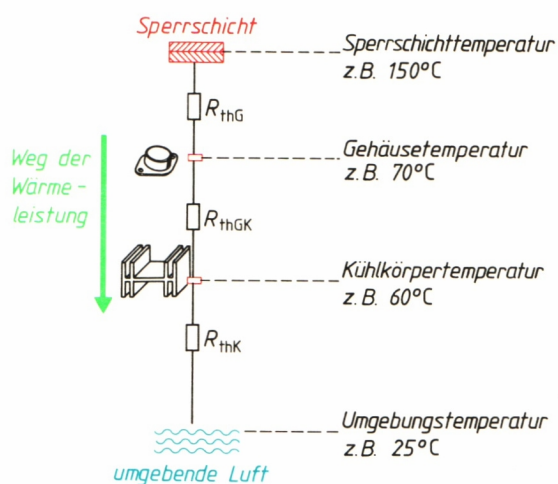


Abbildung 1: Schematisch Wärmewiderstand

Der Wärmewiderstand setzt sich aus der Summe der verschiedenen Wärmewiderstände zusammen. Folgende Wärmewiderstände sind im System Halbleiter - Kühlkörper relevant.

- $R_{thG}$  Wärmewiderstand zwischen Sperrschicht und Gehäuse ( $R_{\theta JC}$ )
- $R_{thGK}$  Wärmewiderstand zwischen Gehäuse und Kühlblech (Glimmer, Wärmeleitpaste, etc.)
- $R_{thK}$  Wärmewiderstand zwischen Kühlkörper und umgebender Luft
- $R_{thU}$  Wärmewiderstand zwischen Sperrschicht und umgebender Luft, ohne Kühlkörper. ( $R_{\theta JA}$ )

Totaler Wärmewiderstand  $R_{th} = R_{thG} + R_{thGK} + R_{thK}$

Je kleiner der gesamte Wärmewiderstand  $R_{th}$ , desto besser wird der Halbleiter gekühlt.

Einige typische Werte:

Halbleiter	Gehäuse	Thermal Resistance, Junction-to-Air ( $R_{\theta JA}, R_{thU}$ ) [ $^{\circ}C/W$ ]	Thermal Resistance Junction-to-Case ( $R_{\theta JC}, R_{thG}$ ) [ $^{\circ}C/W$ ]	Max. Junction Temperature ( $T_{jmax}$ ) [ $^{\circ}C$ ]
LM7815	TO-220	65	5	150
L200	Pentawatt	50	3	150
2N3055	TO-3	--	1.52	200
BC 337	TO-92	200	83.3	150
BC 141	TO-39	200	35	175

Glimmerscheibe  $R_{th}$

0.3- 0.5 $^{\circ}C/W$

SiliconPads  $R_{th}$

0.4 $^{\circ}C/W$

**Einfaches Blech als Kühlkörper:**

Bei kleiner Verlustleistung können Halbleiter auch über das Gehäuse oder ein einfaches Blech gekühlt werden. Speziell geeignet dafür ist das TO-200 Gehäuse. Die Kühlfahne ist nicht immer auf GND und sollte deshalb immer elektrisch isoliert montiert werden. Für einen guten Wärmekontakt sollte mit Wärmeleitpaste gearbeitet werden. Das Blech sollte möglichst senkrecht montiert werden. Ist dies nicht möglich und das Kühlblech muss waagrecht montiert werden, so vergrössert sich der Wärmewiderstand  $R_{th}$  um den Faktor 1.3. Bei schwarzen Blechen verkleinert sich der Wärmewiderstand um den Faktor 0.7.

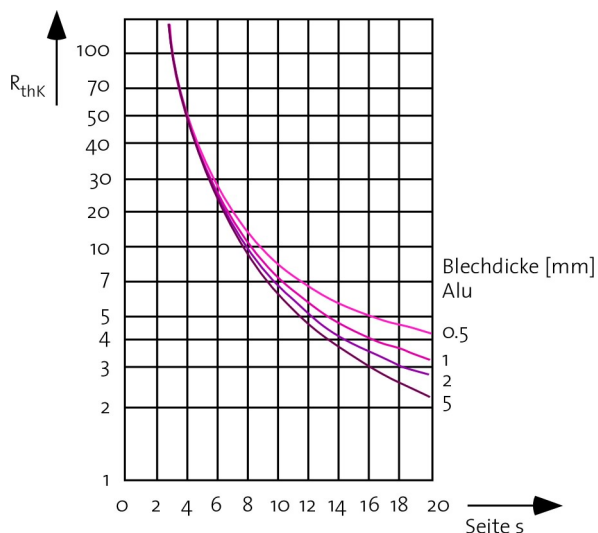


Abbildung 2: Quadratisches Alublech als Kühlkörper mit Seite  $s$  [cm]

### Kühlung ohne Kühlkörper:

Im Datenblatt der Halbleiterhersteller ist der Wärmewiderstand Sperrschicht-Luft ( $R_{thU}$  oder  $\Theta_{JA}$ ) angegeben. Ein typischer Wert für ein TO-220 Gehäuse ist  $65^\circ\text{C/W}$ .

$$R_{thU} = R_{th} = \frac{\Delta T}{P_V} = \frac{T_J - T_{amb}}{P_V}$$

$$P_V = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{125^\circ - 30^\circ}{65^\circ\text{C/W}} = 1.46\text{W}$$

Ohne Kühlkörper ist die maximale Verlustleistung  $P_V$  viel kleiner.

Für ein TO-220 Gehäuse ca. 1.5W.

Berechnungsbeispiel:

a.)

Es soll der Kühlkörper  $R_{thK}$  bei gegebener Verlustleistung berechnet werden.

Verlustleistung $P_V$	10W
$T_{jmax}$	125°C
$T_{amb}$	30°C
$R_{thG}$	5°C/W
$R_{thGK}$	0.3°C/W
$R_{thK}$	?

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{P_V} = \frac{T_j - T_{amb}}{P_V}$$

$$= (125^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) / 10\text{W} = 9.5^\circ\text{C/W}$$

$$R_{th} = R_{thG} + R_{thGK} + R_{thK} \quad \rightarrow$$

$$R_{thK} = R_{th} - R_{thG} - R_{thGK} = 9.5^\circ\text{C/W} - 5^\circ\text{C/W} - 0.3^\circ\text{C/W} = \mathbf{4.2^\circ\text{C/W}}$$

b.)

Es soll die maximale Verlustleistung berechnet werden.

$T_{jmax}$	150°C
$T_{amb}$	30°C
$R_{thG}$	3.5°C/W
$R_{thGK}$	0.5°C/W
$R_{thK}$	2.5°C/W
$P_V$	?

$$R_{th} = R_{thG} + R_{thGK} + R_{thK} \quad \rightarrow$$

$$3.5^\circ\text{C/W} + 0.5^\circ\text{C/W} + 2.5^\circ\text{C/W} = 6.5^\circ\text{C/W}$$

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{P_V} = \frac{T_j - T_{amb}}{P_V} \quad \rightarrow$$

$$P_{Tot} = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{150^\circ - 30^\circ}{6.5^\circ\text{C/W}} = 18.5\text{W}$$

Beispiele einiger Kühlkörper:



### Literatur & Links:

Fachkenntnisse Elektrotechnik Fachstufe 1 (Baumann, Betz, Beuth, et al.)

Vogel-Fachbuch Elektronik 2, Bauelemente (Klaus Beuth)

Elektronik Fibel (Patrick Schnabel)

Wikipedia.org, <http://de.wikipedia.org/wiki/Kühlkörper>

Firma Alutronic, <http://www.alutronic.de/index.php>

## Aufgaben zur Übung:

1.) Welche max. Verlustleistung kann ein Kühlkörper abführen mit folgenden Daten:

$T_{jmax}$	175°C
$T_{amb}$	30°C
$R_{thG}$	1.5°C/W
$R_{thGK}$	0.4°C/W
$R_{thK}$	3.5°C/W
$P_V$	?

2.) Als Kühlkörper dient ein blankes Alublech ( $d=5\text{mm}$ ) mit den Seiten  $10*10\text{cm}$ .

$$T_{jmax} = 150^\circ\text{C}, T_{amb} = 30^\circ\text{C}, R_{thG} = 1.8^\circ\text{C/W}, R_{thGg} = 0.5^\circ\text{C/W}.$$

- Wie gross ist der Wärmewiderstand des Bleches  $R_{thK}$  ?
- Wie gross ist die max. Verlustleistung  $P_{Vmax}$  ?

3.) Wie könnte man die Verlustleistung noch besser abführen ?