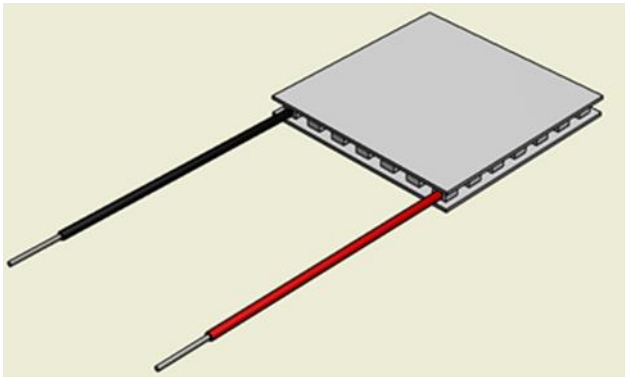


## Wissenswertes zum Thema Peltierelemente

---

1. Peltierelemente sind üblicher Weise rechteckige Platten mit Kantenlängen zwischen 10 mm und 50 mm. Die Dicke liegt im Bereich zwischen 3 mm bis 5 mm. An einer der schmalen Seiten ragen zwei Leitungen für die elektrische Versorgung heraus →Abbildung 1.

Abbildung 1



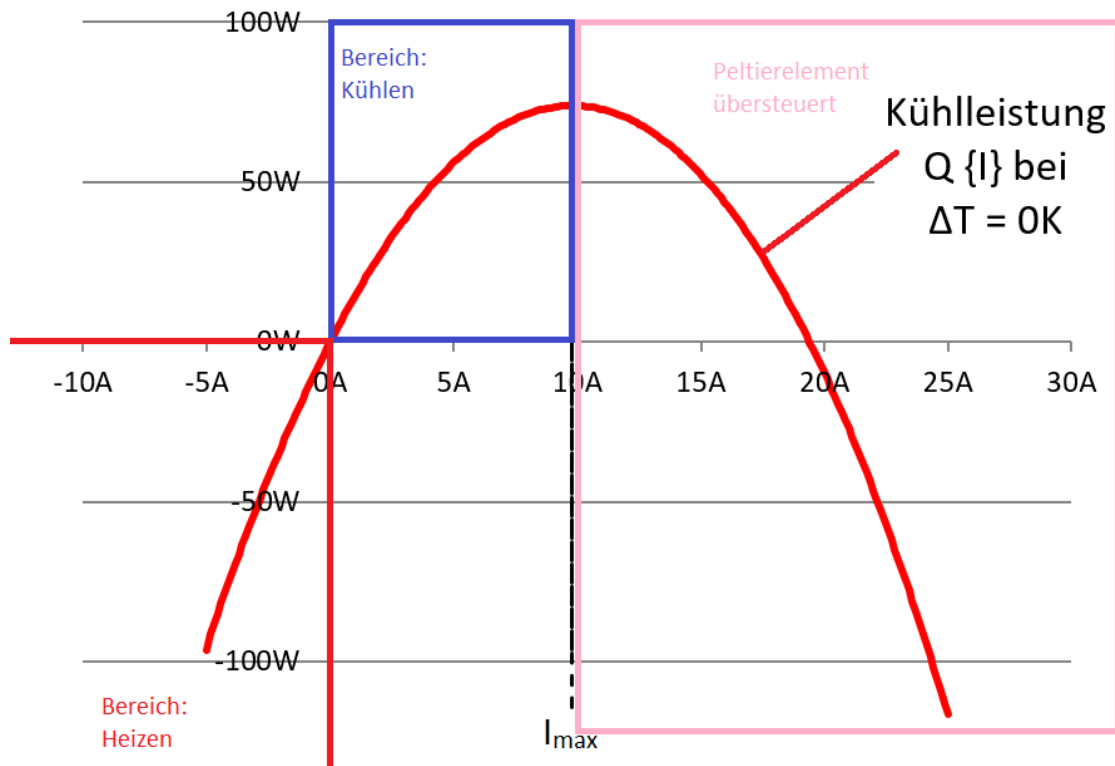
2. Peltierelemente aus dem Hause Quick-Ohm werden oben kalt, wenn das Element, wie in Abbildung 1 gezeigt, so positioniert wird, dass sich der rote Leiter rechts befindet und hier positiv bestromt wird.

### **Rot-Rechts-Oben-Kalt**

3. Der Peltiereffekt zeigt sich als Temperaturspreizung, verursacht durch den elektrischen Energiefluss über eine Grenzschicht zweier verschiedener Leiter.
4. Das Peltierelement vereint die Anordnung einer Vielzahl Grenzschichten aus zwei unterschiedlichen Leitermaterialien, die in ihrer Summe, angetrieben von elektrischer Energie, Wärme von einer Seite („Kaltseite“) zur anderen Seite („Warmseite“) des Elementes transportieren.

5. Der Transport von Wärme verursacht in der Zone des Abtransportes einen Temperaturabfall und in der Anreicherungszone einen Temperaturanstieg.
6. Das Peltierelement erzeugt durch Zuführen von elektrischer Energie eine Temperaturdifferenz zwischen seinen beiden Kontaktflächen.
7. Ohne weitere thermische Anbindung an einen Kühlkörper verbleibt die zugeführte elektrische Energie in einem Peltierelement und führt zu einer unkontrollierten Temperaturerhöhung.
8. Einem Peltierelement muss die Möglichkeit gegeben werden, die zugeführte Energie abzugeben.
9. Wird ein Peltierelement an eine Stromquelle angeschlossen, ohne eine thermische Anbindung herzustellen, so wird es innerhalb kürzester Zeit überhitzen.
10. Wird ein Peltierelement unzureichend an eine Wärmesenke (Kühlkörper) angebunden, so kann der gewünschte Temperiereffekt nicht kontrolliert werden.
11. Der häufigste Mangel beim Aufbau von Peltieranwendungen ist die unzureichende Dimensionierung der Wärmesenke.
12. Die Temperaturdifferenz am Peltierelement ist abhängig von der Zuführten Leistung, der transportierten Leistung und der Höhe des Temperaturniveaus, auf welchem der Vorgang vonstattengeht.
13. Der Zusammenhang zwischen zugeführtem Strom und transportierter Wärme (Kühlleistung  $Q$  des Peltierelementes) folgt in etwa einer Polynomfunktion zweiten Grades. Bis zu einem Maximalwert wächst der Wärmetransport mit zunehmendem Strom. Über diesen Wert hinaus sinkt die Transportleistung. Das Modul wird hier übersteuert. →Abbildung 2.

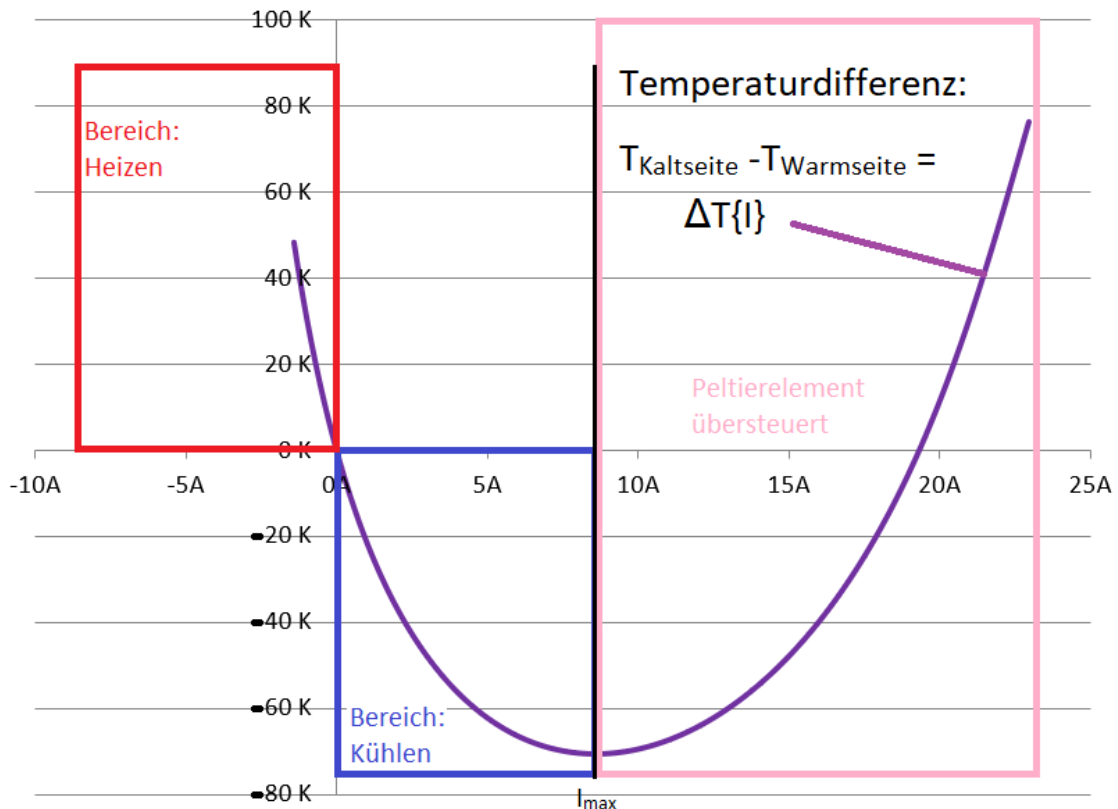
Abbildung 2



14. Mit zunehmendem Strom steigt die Kühlleistung des Peltierelementes an. Ab einer Kühlleistung von etwa 50%  $Q_{max}$  muss die zugeführte elektrische Leistung deutlich überproportional gesteigert werden. Hierdurch kann es von Vorteil sein, ein voll angesteuertes Element durch ein weniger stark angesteuertes leistungsstärkeres Element zu ersetzen. Durch diese Maßnahme sinkt der Energieaufwand und der Anspruch an den nachgeschalteten Kühlkörper.
15. Übersteigt der zugeführte Strom in etwa den zweifachen Wert  $I_{max}$  (Datenblatt), so wird keine Wärme mehr transportiert. Ab diesem Zeitpunkt wird beiden Seiten des Peltierelementes Energie zugeführt. Das Element agiert als reine Heizung.
16. Der Zusammenhang zwischen zugeführtem Strom und Temperaturdifferenz folgt in etwa einer Polynomfunktion zweiten Grades. Bis zu einem Maximalwert wächst die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Seiten des Peltierelementes mit

ansteigendem Strom. Über diesen Wert  $I_{\max}$  hinaus sinkt die erreichbare Temperaturdifferenz. Das Modul wird dann übersteuert. →Abbildung 3.

Abbildung 3



17. Übersteigt der zugeführte Strom den zweifachen Wert  $I_{\max}$  (Datenblatt), so ändert die Temperaturdifferenz ihr Vorzeichen. Die Oberflächentemperatur beider Seiten nimmt in Folge einer weiteren Stromerhöhung zu.
18. Wurde ein qualitativ hinreichender Kühlaufbau geschaffen, so erzeugt dieser einen Bereich niedriger Temperatur. Wir empfinden diese Zone als „Kalt“.
19. Wird der Kühlzone Energie zugeführt, so steigt ihre Temperatur. Eine Energiezufuhr geschieht beispielsweise über das Eindringen von Umgebungswärme oder durch aktive Teile im Kühlbereich.
20. Wird der Kühlzone die Energie  $Q_{\max}$  zugeführt und beträgt der zugeführte Strom  $I = I_{\max}$ , liegt hierbei die Temperatur auf der

Alle Angaben über die physikalischen Eigenschaften beziehen sich auf Quick-Ohm-Peltierelemente mit Bismuttellurid Halbleitermaterial.

„Warmseite“ bei 25°C, so kommt der Wärmetransport zum Erliegen. Das Peltierelement ist nun nicht mehr in der Lage, einen Kühleffekt zu erzielen. Diese Werte sind als die Nenndaten des Peltierelementes definiert und können im Datenblatt abgelesen werden.

21. Um eine Wärmemenge  $\dot{Q}$  ( $[\dot{Q}] = \text{Watt}$ ) abzutransportieren und gleichzeitig einen „Kühleffekt zu erzielen, muss die Nennleistung  $Q_{\text{max}}$  des Peltierelementes größer sein als diese Wärmemenge.
22. Die Richtung des Wärmetransportes wird mit der Stromrichtung gesteuert und kann in beide Richtungen erfolgen.
23. Über die Stromrichtung wird gesteuert ob das Peltierelement kühlt oder heizt.
24. Über die Stromamplitude wird gesteuert wie stark das Peltierelement kühlt bzw. heizt.
25. Ein zu kühlendes Objekt muss thermisch mit der Kaltseite des Peltierelementes kontaktiert werden. Diese Verbindung stellt einen thermischen Widerstand dar. Der Wärmefluss über diesen thermischen Widerstand erzeugt einen Temperaturgradienten. Das Objekt erreicht niemals die Temperatur der Peltier-Kaltseite.
26. Die Energie, die sich auf der Warmseite des Peltierelementes anreichert, muss über einen Wärmetauscher an ein Kühlmedium (Luft, Wasser etc.) abgegeben werden. Dieser Wärmetauscher wird qualitativ über seinen thermischen Widerstand  $R_{\text{th}}$  beschrieben. Über diesen Widerstand fließen die Kühlleistung  $\dot{Q}$  und die zugeführte Leistung  $P_{\text{zu}}$  und erzeugen einen Temperaturabfall. Die Temperatur auf der Warmseite des Peltierelementes übersteigt die Temperatur des Kühlmedium um diesen Temperaturabfall.

27. Als Faustformel zur Auslegung des Wärmetauschers für Peltierelemente gilt:

$$R_{th} < \frac{10 K}{\dot{Q} + P_{zu}}$$

Hierbei ist:

- $R_{th}$  = thermischer Widerstand des Kühlkörpers
  - $\dot{Q}$  = abgeführte Wärme
  - $P_{zu}$  = zugeführte elektrische Leistung
28. Der thermische Widerstand eines Kühlkörpers laut Herstellerangabe bezieht sich üblicher Weise auf eine homogene Wärmebeaufschlagung über die vollständige Wärmeaufnahme fläche dieses Kühlkörpers. Bei der Entwärmung eines Peltierelementes ist der wirksame thermische Widerstand gegenüber dieser Angabe, bedingt durch die kleine Kontaktfläche mit dem Peltierelement, deutlich schlechter (schlechter = größer).
29. Soll ein Objekt gegenüber der Umgebung um 30 Kelvin abgekühlt werden, so muss das Peltierelement einen Temperaturunterschied von etwa 50 Kelvin zwischen seinen Oberflächen erzeugen, um den Wärmefluss von „Kalt“ nach „Warm“ zu ermöglichen.
30. Um mit Peltierelementen eine sehr niedrige Temperatur erzeugen zu können, müssen gegebenenfalls mehrere Peltierelemente thermisch in Reihe geschaltet werden. (übereinander)
31. Werden zwei Peltierelemente für eine Kühlung thermisch in Reihe geschaltet, so muss die Vorkühl-Stufe die Summe aus der abgeführten Wärmeleistung und der zugeführten elektrischen Leistung, für den Betrieb der ersten Stufe, transportieren. Damit muss die zweite Stufe deutlich leistungsstärker sein als die Erste.
32. Damit die zweite Stufe eines zweistufigen Peltierelementes die Abwärme der ersten Stufe abführen kann, müssen die Kontaktflächen vollständig miteinander verbunden sein.

33. Die Größe der einzelnen Flächen eines mehrstufigen Peltierelementes müssen gleich groß sein, um eine thermisch schlüssige Verbindung zwischen den Ebenen herzustellen.
34. Peltierelemente mit mehr als zwei Stufen bedingen erhebliche Nennleistungsunterschiede zwischen der ersten und der letzten Stufe. Derartig unterschiedliche Stufen können nicht mehr auf die gleiche Fläche untergebracht werden.
35. Vielstufige Peltierelemente müssen fertigungsbedingt aus unterschiedlich großen Ebenen aufgebaut werden. Hierdurch verliert die thermische Verschaltung an Qualität. Es werden große Teile unwirksam. Folglich sind die einzelnen Stufen effektiv gleichstark. Eine echte Kaskadierung findet nicht statt. Der größte Teil der aufgewendeten elektrische Leistung verpufft in den funktionslos überstehenden Rändern.
36. Um eine Vielzahl von Peltierstufen thermisch miteinander zu verschalten, müssen homogenisierende Zwischenlagen aus thermisch leitfähigem Material eingebracht werden.
37. Die Kühlleistungsfähigkeit von Peltierelementen sinkt bei niedrigen Temperaturen und steigt bei hohen Temperaturen.
38. Bei Temperaturen unterhalb von minus 150 Grad Celsius verschwindet der Peltiereffekt.
39. Es ist nicht möglich, mit Peltierelementen Temperaturen unter minus 150 Grad Celsius zu erreichen.
40. Die Vorkühlung der „Warmseite“ eines Peltierelementes verringert die Temperatur auf der „Kaltseite“ in geringerem Maße.
41. Jedes Peltierelement ist ein thermischer Generator.
42. Der maximale Wirkungsgrad der Umformung von Wärmeleistung in elektrische Leistung erreicht bei Peltierelementen maximal 5%.
43. Da der Aufbau eines Thermogenerators, inklusive seiner thermischen Anbindung an Wärmequelle und -senke, einen

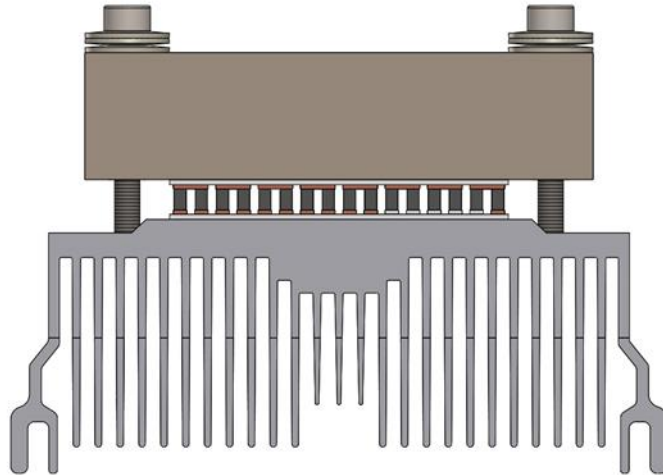
erheblichen Aufwand bedarf, und weil der Wirkungsgrad der Umformung recht gering ist, erreicht der Wert der generierten Energie nicht den Kostenaufwand.

44. Für die Generierung elektrischer Energie mit Peltierelementen muss thermische Energie aus einer „warmen Zone“ durch das Peltierelement in eine „kalte Zone“ geleitet werden. Durch diesen Energieabgriff sinkt die Temperatur der warmen Zone und steigt die Temperatur der kalten Zone.
45. Ein thermischer Wärmeüberschuss kann niemals vollständig zur thermoelektrischen Umformung genutzt werden.
46. Peltierelemente dürfen ausschließlich mit Druck auf die Keramikplatten beaufschlagt werden. Hier dürfen Kräfte bis 200 Newton pro Quadratzentimeter wirken. Eine Belastung auf Scherung oder Zug darf nicht erfolgen.
47. Peltierelemente sind vor Erschütterung zu schützen.
48. Aufgrund der Belastungsbeschränkungen sollte eine Peltier-Montage nicht ausschließlich über Kleben erfolgen.
49. In einem dauerhaften Aufbau wird das Peltierelement immer zwischen Kühlkörper und Kühlzone verspannt werden.
50. Um thermisch bedingt Verspannungen zu minimieren, ist eine Verbindung von „Kühlkörper“ und „Temperierbereich“ federnd



auszuführen. (z.B.: Tellerfeder anstatt Unterlegscheiben-siehe Abbildung 4)

Abbildung 4



51. Ist es konstruktionsbedingt erforderlich, die Montage ausschließlich mittels Klebung auszuführen, so ist sicherzustellen, dass auf das Peltierelement keinen Scher- oder Zugkräften einwirken.