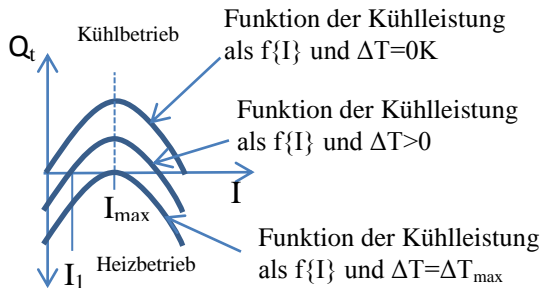


Warmeubertragungsparadoxon von Peltierelementen

Bild 1



Strom I_1 , ist der Strom (bezuglich $f\{I\}$ und $\Delta T > 0$) der benötigt wird, um den Temperaturhub ΔT zwischen der warmen und der kalten Seite des Peltierelementes zu überwinden. Hier ist die Kühlleistung gerade 0W. Das heißt, ab diesem Strom wird von der kalten Seite Wärmeenergie entnommen. Vorher fließt die Wärme in die kalte Seite.

Kühlmediums, z.B. der Umgebungsluft.

Der Verlauf der Kühlleistung eines Peltierelementes in Abhängigkeit zu seinem Betriebsstrom hat sinngemäß den in Bild 1 skizzierten Verlauf. Mit zunehmender Temperaturdifferenz ΔT , die sich wie oben beschrieben am Peltierelement einstellt, steigt der natürliche „Warmedruck“, gegen den das Peltierelement ankämpfen muss.

Bei einem ΔT von 0K beginnt der Wärmetransport, sobald ein noch so geringer Strom fließt.

Die transportierte Wärmemenge steigt mit zunehmendem Strom an, bis ein Maximum erreicht wird. Wird der Strom nun weiter erhöhet, so sinkt die transportierte Wärmemenge. In Bild 1 soll die obere Kurve diesen Verlauf verdeutlichen.

Ein ΔT von mehr als 0K bedeutet, der zu kühlende Ort ist kälter als die Warmseite des Peltierelementes. Der natürliche Wärmefluss bewirkt, dass in die zu kühlende Seite Wärmeenergie von der anderen Seite strömt. Mit zunehmendem Strom sinkt die Menge der nachströmenden Energie. Erreicht der Strom den Wert I_1 (Bild 1 mittlere Kurve) so kommt der Wärmestrom zum Erliegen. Steigert man den Strom weiter, so kehrt sich die Strömungsrichtung um, und von der Kaltseite wird Wärmeenergie abgeführt. Wir sprechen von aktiver Kühlung.

Bei einem ΔT von T_{max} kann keine thermische Energie mehr abgeführt werden. (Bild 1 untere Kurve). ΔT_{max} ist der Temperaturhub, der an einem perfekt isolierten Körper maximal gegenüber dem Kühlmedium erreicht werden kann.

Typischer Anwendungsfall einer Peltierkühlung:

In einem Aufbau soll eine bestimmte Stelle auf einem niedrigen Temperaturniveau gehalten werden. Hierfür soll ein Peltierelement (PE) zum Einsatz kommen. Durch die wärmere Umgebung und diverse Verluste strömt permanent thermische Energie in das zu kühlende Objekt nach. Das PE muss diese Energie entgegen dem natürlichen Wärmefluss an die wärmere Umgebung abführen. Damit die Energie aus dem Objekt abfließen kann, muss sich auf der Kaltseite des PE eine Temperatur einstellen, die niedriger ist, als die gewünschte Zieltemperatur. Auf der anderen Seite, der Warmseite des PE, muss die Temperatur den Wert der Umgebung überschreiten, damit die transportierte Energie in die Umgebung abfließen kann. Die Temperaturdifferenz ΔT die sich am Peltierelement einstellt ist somit immer größer, als die Temperaturdifferenz zwischen dem „Kühlen-Ort“ und der Temperatur des

Die transportierte Wärmemenge sowie die überwindbare Temperaturdifferenz steigen nicht proportional zum Strom, sondern flachen mit zunehmendem Strom ab bis bei I_{\max} . die maximal mögliche Wärmemenge abgeführt wird. Steigt der Strom hier weiter an, so nimmt der Wärmetransport ab, bis er bei etwa $2I_{\max}$ (für den Fall: $\Delta T=0$) seine Richtung umkehrt und die ursprüngliche Kühlung zur Heizung wird.

Die Warmseitentemperatur stellt sich auf ein Niveau ein, welches durch die abzuführende Wärmemenge, den thermischen Widerstand des Kühlkörpers (Wärmetauschers) und der Temperatur des Kühlmediums bestimmt wird.

Betrachtet man nur die Wärmemenge, die durch die elektrisch zugeführte Energie $P=U \cdot I$ entsteht, so ist zu beachten, dass der Strom nicht erhöht werden kann, ohne auch die Spannung zu erhöhen.

Siehe Ohm'sches-Gesetz:

$$R=U/I \quad P=U \cdot I \quad P=I^2 R$$

Die abzuführende Wärmemenge steigt also mindestens quadratisch mit dem Strom. Da aber zusätzlich der Innenwiderstand des Peltierelementes mit Stromzunahme, durch den Peltiereffekt und der gleichzeitigen Temperaturzunahme des BiTe-Materials im Element, auch noch steigt, ist die Energiezunahme sogar noch größer.

Beim Einsatz und Betrieb von Peltierelementen ist resultierend aus den oben beschriebenen physikalischen Gesetzmäßigkeiten folgendes zu beobachten:

Das Peltierelement kann mit Zunahme seines Betriebsstromes auch mehr Wärme transportieren.

Das Niveau, an welches es die Wärme wieder abgibt, steigt dabei, bedingt durch das Aufheizen des verwendeten Wärmetauschers (Kühlung).

Je nach Güte der Kühlung kommt es nun dazu, dass eine Zunahme der Kühlleistung nur bis zu einem Strom $I < I_{\text{kip}}$ erfolgt. Das ist der Punkt, ab dem eine Stromzunahme den Kühlkörper mehr aufheizt, als das Peltierelement über seine Leistungssteigerung komprimieren kann. Je ungeeigneter der Kühlkörper, desto früher tritt dieser Effekt auf. Dieses Phänomen kann sich soweit auswirken, dass der zwecks Kühlung erdachte Aufbau zu einer Heizung wird.

Merke:

Ein Kühlkörper der sich an der Kontaktstelle zum Peltierelement mehr als 10K gegenüber seiner Kühlmedium-Temperatur aufheizt ist in der Regel falsch dimensioniert und unwirtschaftlich.

Ist der Kühlkörper gar deutlich schlechter kommt es zum:

Peltierelemente-Auswahlparadoxon

Ist ein Kühlaufbau mit Peltierelementen bezüglich seines Arbeitspunktes falsch dimensioniert, so kann beobachtet werden, dass der Einsatz deutlich leistungsärmerer Elemente eine erhebliche Kühlleistungszunahme zur Folge hat.