

Passive Kühlung & aktive Kühlung

Kühlung

In jedem denkbaren Objekt, sei es ein elektrisches Gerät oder ein Lebewesen oder eine sonst wie geartete Ansammlung von Materie, stellt sich in irgendeiner Form eine gewisse Temperatur ein. Diese Temperatur ist das Ergebnis aus der Energiebilanz zwischen eben diesem Objekt und allen anderen Objekten, die zwangsläufig miteinander in Wechselwirkung treten.

Von einer Kühlung wird gesprochen, wenn dieser ursprüngliche Zustand derart geändert wird, dass die Temperatur verringert wird.

Beispiel:

Der Stromfluss innerhalb elektrischer Bauteile erzeugt unausweichlich einen Spannungsabfall. Die hieraus resultierende Leistung $P_v = U \times I$, ohmsche Verluste genannt, führt dazu, dass sich diese Stellen aufheizen. Ohne ein Abfließen von Wärme, würde mit fortschreitender Zeit die Energie in dem Bauteil stetig zunehmen und damit die Temperatur unaufhaltsam ansteigen. Tatsächlich erreicht die Temperatur einen Grenzwert. Dieser Temperaturwert wird dadurch bestimmt, dass die Energie, die sich in Form von Wärme anhäuft, natürlicher Weise bestrebt ist, in Areale abzufließen, deren Temperaturniveaus auf einem niedrigeren Wert liegen. Eine Elektronik tritt zwangsweise, mit unterschiedlicher Güte in Kontakt mit der Umgebungsluft. Diese Güte wird über den Thermischen Widerstand R_{th} beschrieben.

Mithilfe der ohmschen Verluste P_v , dem, thermischen Widerstand R_{th} und der Temperatur der Umgebung T_U kann (vereinfacht) die Temperatur T_E berechnet werden, die die betrachtete Elektronik nach einiger (theoretisch nach unendlich langer) Zeit erreicht.

$$T_E = R_{th} \times P_v + T_U$$

Der thermische Widerstand kann Werte zwischen Null (perfekte Güte) und Unendlich (perfekte Isolation) annehmen.

Somit liegt die resultierende Temperatur T_E zwischen Umgebungstemperatur T_U :

$$T_E = 0 \times P_v + T_u = T_u$$

Und Unendlich:

$$T_E = \infty \times P_v + T_u = \infty$$

Da elektrische Bauteile aus verschiedenen Gründen auf möglichst kleinem Raum komprimiert werden, ist ein thermischer Austausch mit der Umgebung von geringer Güte. Der thermische Widerstand zwischen dem Bauteil und der Umgebung ist groß. Es stellt sich eine „hohe“ Temperatur ein.

Möchte man dieses Aufheizen vermindern, so muss der thermische Widerstand verringert werden.

Pragmatisch betrachtet, verringert sich der thermische Widerstand dann, wenn die Kontaktfläche zum energieaufnehmenden Medium (In unserem Beispiel: Die Umgebungsluft) vergrößert wird.

Passive Kühlung

In der Praxis wird hier ein Gebilde aus thermisch leitfähigem Material eingesetzt, welches eine große Oberfläche besitzt, mit der es thermisch mit der umgebenden Luft in Wechselwirkung tritt.

Über dieses Objekt, den Kühlkörper, verringert sich der thermische Widerstand R_{th} . Die Temperatur sinkt. Eine weitere Möglichkeit, den thermischen Widerstand zu verringern, ist der Einsatz von Lüftern. Indem die Umgebungsluft gezielt auf das zu kühlende Bauteil und gegebenenfalls den Kühlkörper geleitet wird, wird der thermische Austausch forciert. Auch hier verringert sich der thermische Widerstand.

Alle Anstrengung den Kühlkörper zu optimieren und den Luftstrom zu maximieren führt zur Verkleinerung des thermischen Widerstandes, kann ihn jedoch niemals auf null setzen. Damit wird sich die Bauteiltemperatur der Temperatur der Umgebung annähern, diese jedoch unmöglich erreichen oder gar unterschreiten.

Diese Art der Kühlung nennt man passive Kühlung.

Passive Kühlung intensiviert den thermischen Austausch zwischen einem Objekt und einem Kühlmedium. Mithilfe der passiven Kühlung ist es möglich, ein Objekt nahe an die Temperatur des Kühlmediums herunterzukühlen.

Aktive Kühlung

Ist es gewünscht, Temperaturen zu erreichen, die niedriger sind als die direkte Umgebung, so ist es nötig, Energie aufzuwenden und diese derart umzuformen, dass ein Areal mit Energieverarmung entsteht. Die konventionelle Kompressor-Kühlung beispielsweise nutzt die Eigenschaft von Gasen, deren Temperatur bei Komprimierung steigt und bei Dekomprimierung sinkt. Mittels einer Pumpe wird ein Gas zusammengepresst, so dass sich dessen Temperatur erhöht. Dieses erwärmte Gas wird über einen Wärmetauscher an die Umgebungsluft geführt und gibt somit Wärmeenergie ab. Über ein Druckventil strömt das Gas zurück zur Pumpeneingangsseite. Durch den thermischen Austausch hat es nunmehr Energie verloren, so dass die Temperatur abgesunken ist. Physikalisch betrachtet wird elektrische Energie in Mechanische Energie umgewandelt. Die Mechanische Energie komprimiert und dekomprimiert ein Gas. Dieses Gas wiederum zirkuliert derart zwischen einem zu kühlenden Objekt und der Umgebungsluft, dass das Objekt unterhalb der Umgebungstemperatur abgekühlt wird. Hierbei wird aus einem Areal niedriger Temperatur Energie abgeführt und an ein Areal höherer Temperatur abgegeben.

Ein ähnlicher Effekt wird im Peltierelement erzielt. Hier wird ein elektrischer Strom über unterschiedliche Materialpaarungen geleitet. Da ein Elektron in unterschiedlichen Materialien unterschiedliches Energieniveaus besitzt, kommt es dazu, dass an solchen Übergangsstellen Energie aufgenommen wird oder freigesetzt wird. Dieses Phänomen wird Peltiereffekt genannt. Im Peltierelement werden nun abwechselnd viele Materialübergänge von einem Strom durchströmt. Die Übergänge, die eine Energieaufnahme verursachen werden auf einer Seite des Peltierelementes zusammengelegt. Die Temperatur auf dieser Seite fällt. Die Übergänge die eine Energieabgabe bedingen, sitzen folglich auf der zweiten Seite. Diese Seite wird warm. Wird die Stromrichtung geändert, tauschen sich die Effekte auf den Übergängen.

Ein Peltierelement ist somit in der Lage, Temperaturen zu erzeugen, die niedriger sind als die Temperatur der Umgebung.

Eine Kühlung die physikalische Phänomene nutzt um Temperaturen unterhalb der Umgebungstemperatur zu erzeugen wird aktive Kühlung genannt.

Da Peltierelemente weder bewegliche noch flüchtige Bauteile besitzen, ist deren Einsatz über ihre gesamte Lebenszeit wartungsfrei.

Kurz zusammengefasst:

Eine Kühlung, die den natürlichen thermischen Widerstand zwischen einem Objekt und einem Kühlmedium verringert, um aus diesem Objekt thermische Energie in das kühlere Medium fließen zu lassen, wird passive Kühlung genannt.

Die passive Kühlung erzielt Temperaturen die sich der Temperatur des Kühlmedium annähern, diese jedoch nie erreichen oder gar unterschreiten.

Eine Kühlung, die in der Lage ist, thermische Energie aus einem Bereich abzuführen und an ein Medium abzugeben, dessen Temperatur größer ist als die Temperatur dieses Areals, wird aktive Kühlung genannt. Die aktive Kühlung erschafft Bereiche mit Temperaturen unterhalb der Umgebungstemperatur.