

Grundsätzliches zum Thermogenerator

Kurz und knackig:

1. Jedes Peltierelement ist ein Thermogenerator TEG.
2. Ein Peltierelement bzw. Thermogenerator, der an eine Wärmequelle gedrückt, geklemmt, geklebt oder sonst wie gehalten wird, stellt keinen funktionstüchtigen Thermogenerator in dem Sinne dar, dass hiermit in sinnvoller Weise Wärmeleistung in elektrische Leistung umgeformt werden kann.
3. Um das Peltierelement als Thermogenerator betreiben zu können, der in sinnvoller Weise thermische Leistung in elektrische Leistung umformt, ist es thermoschlüssig an eine Wärmequelle und -senke anzuknüpfen.
4. Der Wirkungsgrad eines Thermogenerators erreicht in der Praxis maximal 5%.
5. Um einen Thermogenerator funktionstüchtig an eine Wärmequelle und -senke anzuschließen, ist ein größeres Investitionsvolumen zu leisten, als in die Anschaffung des eigentlichen Thermomoduls.
6. Elektrische Energie mit Thermogeneratoren zu erzeugen, rentiert sich wegen der hohen Investitionskosten und der negativen Ökobilanz keines Wegs.
7. Das Vorhaben, einen funktionierenden Thermogenerator aufzubauen, ist nur dann zielführend, wenn das thermodynamische Umfeld vollkommen beschrieben werden kann. Hierzu ist insbesondere anzumerken, dass das Wissen über zwei verschiedene Temperaturen keine vollkommene Beschreibung des thermodynamischen Umfeldes darstellt. [Beispiel 2:](#)
8. Ein TEG ändert seine elektrischen und thermischen Werte mit sich ändernder Temperatur, Temperaturdifferenz und Verbraucherlast.

Um aus einem Thermogenerator eine stabile Strom- oder Spannungsquelle aufzubauen, ist eine Elektronik nachzuschalten.

9. Das Datenblatt eines Peltierelementes hat keine direkte Aussagekraft bezüglich seiner Verwendung als Thermogenerator.
10. Das Datenblatt eines Thermogenerators gibt die optimale Energieausbeute zu einem spezifischen thermodynamischen Zustand an. Bei Quick-Ohm-Modulen wird hier der Zustand dargestellt, der sich bei einer Warmseitentemperatur von 175°C und einer Kaltseitentemperatur von 50°C einstellt.
11. In einem System stellt sich eine bestimmte Temperatur ein, wenn in diesen Bereich Energie eingeleitet wird und über einen Thermischen Widerstand abgeleitet wird. [Beispiel 1:](#)
12. Ein ursprünglicher Systemzustand, in dem zwei verschiedene Temperaturen messbar sind, wird sich verändern, wenn ein Thermogenerator in dieses System eingebunden wird. [Beispiel 2:](#)
13. Je stärker die Einbindung eines Thermogenerators die ursprünglichen thermischen Widerstände verändert, desto stärker werden die ursprünglichen Temperaturen in diesem System verändert. [Beispiel 3:](#)
14. Bei einem TEG mit einer Kantenlänge von 50mm und einem Temperaturunterschied von 125°C zwischen seinen beiden Seiten, weisen die ursprünglich gleichgroßen Al₂O₃ Keramikoberflächen zueinander einen Längenunterschied von etwa 0,05 Millimeter auf. Diese Längenänderung bezüglich des Ruhezustandes beansprucht insbesondere die äußeren Halbleiterquader auf Scherung.

Beispiele:

1. Bei einem Leuchtmittel mit Tageslichtspektrum, das eine Lichteffizienz von 40% besitzt und 5 Watt elektrische Leistung verbraucht, entstehen etwa 250 Lumen Lichtstrom und 3 Watt Wärme. Beträgt der thermische Widerstand zwischen der Lampenoberfläche und der Umgebungsluft etwa 10K/W, so wird sich die Außenfläche der Lampe um 30 Kelvin gegenüber der Umgebungstemperatur aufheizen. (Rechenweg: $10 \text{ K/W} \cdot 3 \text{ W} = 30 \text{ K}$) Die Lampe wird etwa 50°C warm. Eine größere Lampe mit gleichen technischen Werten hätte gegebenenfalls einen halb so großen thermischen Widerstand und würde sich demzufolge nur auf etwa 35°C aufheizen.
2. Ein Teelicht mit einer Wärmeleistung von 50 Watt wird unter eine Warmhalteplatte gestellt. Die Warmhalteplatte sei zur Vereinfachung perfekt an diese Wärmequelle angebunden und habe einen thermischen Widerstand von 2 K/W zur 20°C warmen Umgebungsluft. Die Platte wird sich auf 120°C aufheizen. (Rechenweg: $20^\circ\text{C} + 50\text{W} \cdot 2 \text{ K/W} = 120^\circ\text{C}$) Nun soll diese Platte als Wärmequelle für einen Thermogenerator verwendet werden. Hierfür wird wiederum zur Vereinfachung ein Peltierelement QC-241-1.6-15.0M einseitig, thermisch perfekt angeschlossen. Auf die andere Seite des Peltierelementes wird ein Kühlkörper angeschlossen, der wiederum thermisch perfekt mit der Umgebungsluft verbunden ist. Der thermische Widerstand des Peltierelementes bei diesen Temperaturverhältnissen und optimaler Last (Innenwiderstand = Lastwiderstand) beträgt etwa 0,4 K/W. Durch das Anknüpfen des Thermogenerators hat sich nun der thermische Widerstand der Warmhalteplatte zur Umgebung

verändert. Dieser beträgt nun maximal 0,4 K/W. Das hat zur Folge, dass sich die Temperatur der Warmhalteplatte von den ursprünglichen 120°C auf 40°C abkühlt. (Rechenweg: $20^{\circ}\text{C} + 50\text{W} \cdot 0,4\text{K/W} = 40^{\circ}\text{C}$). Der Anwender, der als Antrieb des Generators davon ausgegangen ist, dass eine Temperaturdifferenz ΔT von 100 Kelvin zur Verfügung stünde, wird sich enttäuscht zeigen, ob der verbliebenen 40 Kelvin. Die generierte Leistung erreicht tatsächlich 0,44 Watt. Der Wirkungsgrad liegt somit bei 0,9%. Wäre die Temperatur stabil geblieben, so wären 10 Watt generiert worden. Die Enttäuschung in der Praxis wird tatsächlich noch größer, da wir für die einfachere Berechnung eine Vielzahl thermischer Widerstände auf null gesetzt haben.

3. Bezogen auf das vorangegangene Beispiel wird nun ein leistungsstärkeres Peltierelement QC-241-1.6-28.0M eingesetzt. Der thermische Widerstand dieses Moduls stellt sich bei den beschriebenen Bedingungen auf etwa 0,22 K/W ein. Die Warmhalteplatte erwärmt sich nunmehr auf ca. 31°C. Die Leistungsausbeute landet bei etwa 0,2 Watt. Der Wirkungsgrad schrumpft weiter auf etwa 0,4%. Da sich die Temperaturdifferenz etwa halbiert hat, hat sich offenbar ebenfalls der Wirkungsgrad halbiert. Diese beiden Größen sind tatsächlich annähernd direkt proportional zueinander. (Einsatzbereich 0°C – 200°C)