

---

# Computergestützte Experimente und Signalauswertung

## PHY.W04UB/UNT.038UB

### Berechnungsbeispiel Peltier Element

---

Sie haben in ihrem Projekt beschlossen Sie wollen ein Peltier Element mit einem Temperatursensor vermessen. Nach einer Recherche haben Sie folgende Parameter aufgeschrieben:

$Q_k[W]$	Kühlleistung, Entzogene Wärme auf der kalten Seite
$Q_w[W]$	Abwärme, auf der warmen Seite
$P_{EL}[W]$	Elektrische Leistung $P_{EL} = I^2 * R$
$Q_P[W]$	Wärmetransport aufgrund des Peltier-Effekts $Q_P = I * \alpha_m * T_c$
$Q_{\Delta T}[W]$	Wärmerücktransport aufgrund einer Temperaturdifferenz $Q_{\Delta T} = \frac{\Delta T}{\theta_m}$
$I[A]$	Elektrischer Strom ins Peltier Element
$R[\Omega]$	Elektrischer Widerstand des Peltier Elements
$\alpha_m \left[ \frac{V}{K} \right]$	Seebeck-Koeffizient, AKA Thermische-Kraft
$\theta_m \left[ \frac{K}{W} \right]$	Thermischer Widerstand des Peltier-Elements
$\Delta T[K]$	Temperaturdifferenz zwischen warmer & kalter Seite $\Delta T = T_w - T_k$
$T_w$	Temperatur der warmen Seite in Kelvin
$T_k$	Temperatur der kalten Seite in Kelvin

Aus der Literatur haben sie folgende Grafik gefunden:

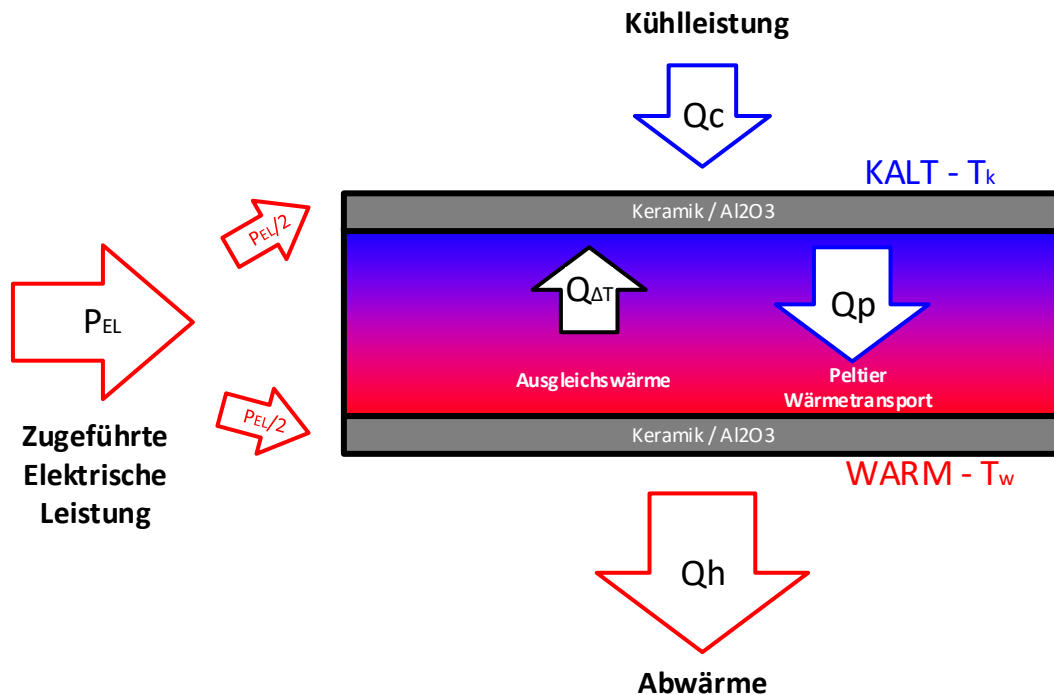


Abbildung 1 - Wärmetransport-Diagramm

Nach Betrachtung des Wärmetransport-Diagrammes haben sie folgende Gleichungen aufgestellt:

$$Q_k = Q_p - \frac{P_{el}}{2} - Q_{\Delta T}$$

$$Q_w = Q_p + \frac{P_{el}}{2} - Q_{\Delta T}$$

Nun wollen Sie eine Simulation durchführen um den Wärmetransport im Peltier-Element in Abhängigkeit des elektrischen Stroms zu verstehen. Dabei erstellen Sie ein Chart wo Sie  $Q_k$ ,  $Q_p$ ,  $\frac{P_{el}}{2}$  und  $Q_{\Delta T}$  darstellen mit einem Peltier-Strom von 0 bis 10A. Aus dem Datenblatt ihres Peltiers und mit Hilfe einer Website haben Sie folgende Daten berechnet  $\alpha_m = 0.033 \frac{V}{K}$ ,  $\theta_m = 2.45 \frac{K}{W}$ ,  $R = 1.8 \Omega$ .  $T_k = 0^\circ C$ ,  $T_w = 22^\circ C$ . Sie stellen sich selber die Frage: Was wäre nun der Strom wo ein maximaler Wärmetransport von Kalt zu Warm möglich wäre? Ab welchen Strom würde das Peltier zu heizen beginnen obwohl sie eigentlich von der Stromrichtung noch Kühlen eingestellt haben? Und Sie wollen berechnen bei welchem elektrischen Strom Sie die maximal mögliche Kühltemperatur haben. Dabei nehmen sie an:  $T_w = 22^\circ C$  und  $Q_c = 2W$  an. Um das ganze besser zu verstehen stellen Sie diese Formel als Chart über Peltier Strom dar.

## Lösung:

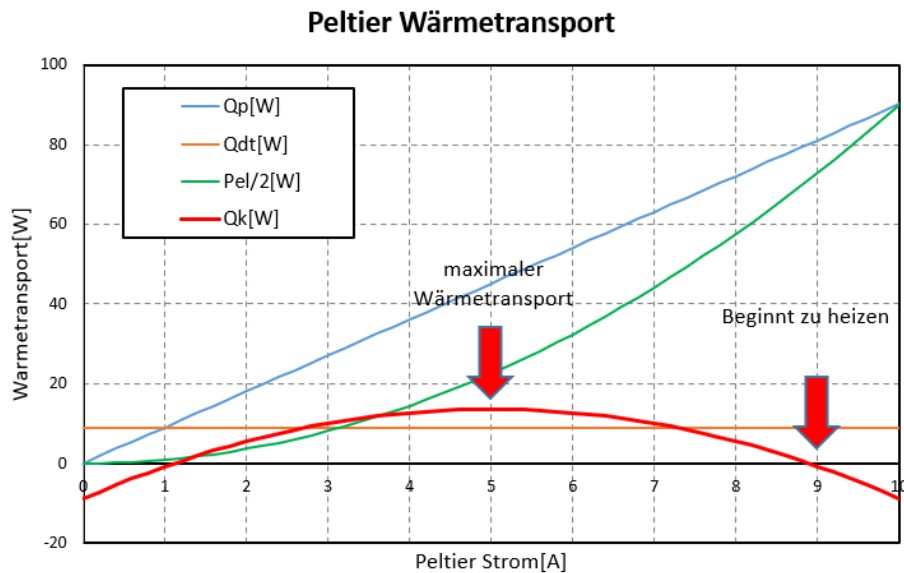
Simulation wurde mit MS-Excel durchgeführt: Strombereich von 0-10A Aufgespannt und folgende Formeln eingetippt:

$$Q_P = I * \alpha_m * T_k$$

$$Q_{\Delta T} = \frac{\Delta T}{\theta_m}$$

$$Q_k = Q_p - \frac{P_{el}}{2} - Q_{\Delta T}$$

$$P_{EL} = \frac{I^2 * R}{2}$$



Beim Ablesen wird ersichtlich das bei 5A der maximale Wärmetransport des Peltier-Elements möglich ist. Ab ~9A fängt das Peltier Element (bei dieser Konfiguration) zum Heizen an, anstatt zu kühlen.

Berechnung der kältesten Temperatur → Formel Umstellen.

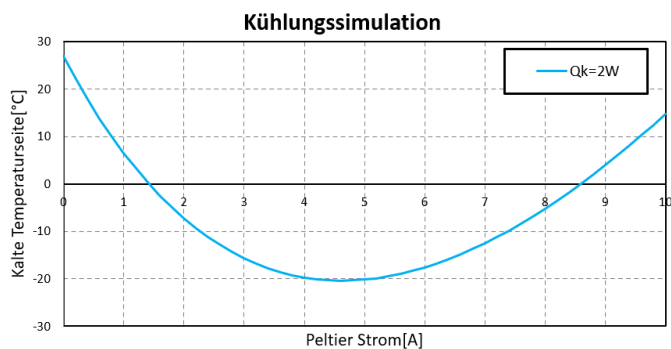
$$Q_k = \alpha_m * T_k I - \frac{\Delta T}{\theta_m} - \frac{I^2 * R}{2}$$

$$Q_k = \alpha_m * T_k I - \frac{T_w - T_k}{\theta_m} - \frac{I^2 * R}{2}$$

$$Q_k = T_k \left( \alpha_m I + \frac{1}{\theta_m} \right) - \frac{T_w}{\theta_m} - \frac{I^2 * R}{2}$$

$$T_k \left( \alpha_m I + \frac{1}{\theta_m} \right) = Q_k + \frac{T_w}{\theta_m} + \frac{I^2 * R}{2}$$

$$T_k = \frac{Q_k + \frac{T_w}{\theta_m} + \frac{I^2 * R}{2}}{\left( \alpha_m I + \frac{1}{\theta_m} \right)}$$



Wie aus der Kühlungssimulation ersichtlich ist, kann eine Maximale Temperatur von ~-20°C bei ca. 4.6A Peltier Strom erreicht werden, darüber steigt die Temperatur wieder, weil die Joulsche Wärme gegen den Peltier Effekt Arbeit. Die Messungen werden natürlich davon abweichen da Qk nicht genau bestimmt werden kann und Tw nicht konstant bleiben wird, und auch andere Verluste auftreten werden.