

PE Peltier-Effekt

1. Motivation

Der Peltier-Effekt ist ein wichtiges Phänomen des Ladungstransports in Metallen und Halbleitern. Peltier-Elemente finden vielfältige Verwendung zur kompakten Kühlung bzw. Heizung. Die Untersuchung der Eigenschaften eines kommerziell erhältlichen Peltierelements ist Ziel des Versuches. Es soll der Gütefaktor z (*figure of merit*) bestimmt werden.

2. Literatur

Auf der Homepage des Physikalischen Instituts sind zur theoretischen Vorbereitung einige Arbeiten zusammengetragen, die eine zügige Einarbeitung in das Thema ermöglichen. Unter www.pit.physik.uni-tuebingen.de/studium finden Sie die Arbeiten unter *Praktikum/Anleitungen*.

3. Fragen zum Versuch

- Erklären Sie den Seebeck- und den Peltiereffekt.
- Stellen Sie die Leistungsbilanz für den Peltiereffekt auf.
- Leiten Sie ab, bei welchem Strom I_{opt} sich der maximale Temperaturunterschied zwischen warmer und kalter Seite ergibt.
- Nennen Sie sinnvolle Gebiete und Randbedingungen für den Einsatz von Peltierelementen!

4. Versuchsdurchführung

1. Der Widerstand R_P des Peltier-Moduls soll durch Messung von Strom und Spannung bestimmt werden. Messen Sie die Spannung unmittelbar nach dem Einschalten der Stromquelle und bei möglichst kleinem Strom (Warum?). Wählen Sie eine statistisch sinnvolle Anzahl von Messungen bei verschiedenen Strömen.
2. Bestimmen Sie den Seebeck-Koeffizienten α_S des Peltierelements, der sich aus dem Strom I_{opt} bei maximaler Temperaturdifferenz ΔT_{max} und dem Widerstand R_P ergibt:

$$\alpha_S = \frac{I_{\text{opt}} R_P}{T_k} \quad (\text{PE.1})$$

T_k ist die Temperatur des Peltierelements auf der kalten (Ober-)Seite. Man messe dazu die Widerstände R_{th} der Pt-1000-Thermometer und bestimme so die Kalt- wie auch die Warmseitentemperatur T_w bei verschiedenen Strömen. Es ist wichtig,

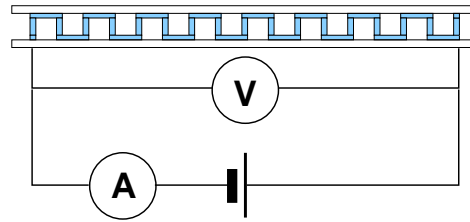


Abbildung PE.1: Bestimmung des Widerstands des Peltierelements

dass die Messpunkte mit maximaler und minimaler Temperatur bei $I \neq 0$ in der Messreihe enthalten sind. Die Anzahl der Messpunkte kann wieder selbstständig gewählt werden, wobei es sinnvoll ist, die Messpunktdichte zu variieren. In welchen Stromintervallen sollten viele Punkte gewählt werden? Bestimmen Sie die zum gemessenen Widerstand R_{th} gehörigen Temperaturen aus mit Hilfe der im Anhang angegebenen Approximation.

Wichtig: Um eine Zerstörung der Module zu verhindern, sollte auf der warmen Seite eine Temperatur von 70 °C nicht überschritten werden.

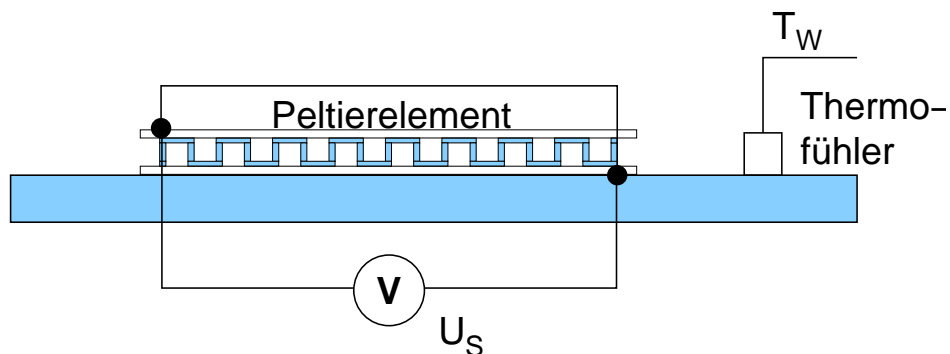


Abbildung PE.2: Anordnung zur Messung der Thermospannung

3. Ermitteln Sie den Wärmeleitkoeffizienten k aus folgender Beziehung:

$$k = \frac{\alpha_S^2}{2R\Delta T_{\max}} \cdot T_k^2 \quad (\text{PE.2})$$

4. Es soll der Gütefaktor z (*figure of merit*) bestimmt werden. Er ist als das Verhältnis

$$z = \frac{\alpha_S^2}{R \cdot k} \quad (\text{PE.3})$$

definiert.

5. Anhang: Ermittlung der Temperaturen

Die Temperaturen T werden im Versuch mit Hilfe eines Platinwiderstandes (Pt-1000 ähnlich DIN EN 60751) gemessen und können aus dem Widerstand R_{th} mit Hilfe einer Tabelle ermittelt werden, die Sie beim Hersteller unter <http://www.ephy-mess.de/deutsch/daten/pt1000d.htm> finden. Kopien dieser Tabelle liegen am Versuchsplatz aus. Interpolieren Sie zwischen den Stützpunkten.

Im interessierenden Bereich von -50°C bis 100°C kann die Temperatur auch aus folgender Polynomapproximation berechnet werden, die maximale Abweichung beträgt dabei 4 mK:

$$\frac{T}{^\circ\text{C}} = \sum_{n=1}^2 a_n \left(\frac{R_{\text{th}}}{\text{k}\Omega} - 1 \right)^n \quad (\text{PE.4})$$

Die Koeffizienten sind $a_1 = 255.85$ und $a_2 = 9.98$. Vorteilhaft ist diese Methode insbesondere bei Verwendung eines PCs.