

Vorbereitung

**Wärmeleitung und thermoelektrische  
Effekte  
Versuch P2-32**

Iris Conradi und Melanie Hauck  
Gruppe Mo-02

3. Juni 2011



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Wärmeleitfähigkeit</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Peltier-Kühlblock</b>	<b>4</b>
2.1	Leerlauf . . . . .	4
2.2	Leistungsziffer . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Thermostrom</b>	<b>5</b>
3.1	Demonstration durch die magnetischen Wirkung . . . . .	5
3.2	Tragkraft . . . . .	5
<b>Literatur</b>		<b>6</b>

## 1 Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit  $\kappa$  ist als Koeffizient zwischen Wärmestromdichte  $\vec{w}$  und Temperaturgradient definiert.

$$\vec{w} = -\kappa \vec{\nabla} T \tag{1}$$

Diese Beziehung wird zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit verwendet. Da der Wärmestrom nur durch den Stab fließt, können wir das Problem eindimensional betrachten. Die Wärmestromdichte ist gegeben durch die Heizleistung  $P_H = U_H \cdot I_H$  der Heizwicklung. Es gilt

$$w = \frac{U_H \cdot I_H}{\pi \cdot 0.25 \cdot d_{Stab}^2} \tag{2}$$

Den Temperaturgradienten kann man bestimmen über

$$\frac{dT}{dx} \approx \frac{\Delta T}{\Delta x} \tag{3}$$

Um die Temperaturdifferenz zu messen, verwenden wir Thermoelemente.

Diese bestehen aus zwei verschiedenen Metallen, die an zwei Stellen zusammengefügt sind. An einem Material wird die Spannung gemessen.

In verschiedenen Metallen haben die Elektronen verschiedene Austrittsarbeiten. Wenn die Temperatur steigt, so sinken diese. Wenn an beiden Fügestellen die Temperatur gleich ist, so ist die gemessene Spannung 0 V, denn die Diffusion ist gleich. Wenn an

einer Fügestelle die Temperatur höher ist, so ist die Diffusion dort stärker. Daher misst man eine Thermospannung. Es gilt

$$U \propto \Delta T_{TE} \quad (4)$$

Kennt man den zum verwendeten Thermoelement gehörenden Proportionalitätsfaktor, so kann man aus der angezeigten Thermospannung die Temperaturdifferenz zwischen den Fügstellen bestimmen.

In unserem Versuch ist die kältere Seite des Thermoelements in Eiswasser. So können wir aus  $\Delta T_{TE}$  die Temperatur am Messpunkt im zu untersuchenden Stab bestimmen.

## 2 Peltier-Kühlblock

Im Peltier-Kühlblock wird der zum im Thermoelement verwendeten Effekt (Seebeck-Effekt) inverse Effekt ausgenutzt. Sie treten immer gemeinsam auf. Doch je nachdem welche Größe (Temperatur, Strom) vorgegeben ist, beobachtet man etwas anderes.

In Abbildung 1 ist eine Skizze eines Peltier-Kühlblocks zu sehen. Wenn die Elektronen vom Material mit niedriger Austrittsarbeit ins Material mit höherer Austrittsarbeit gelangen, so müssen sie Energie aus der Umgebung aufnehmen. Daher geschieht an dieser Stelle eine Abkühlung. Man muss jedoch bedenken, dass durch den Stromfluss auch Wärme entsteht. Der Effekt ist also nur beobachtbar, wenn die Abkühlung die Erwärmung überwiegt.

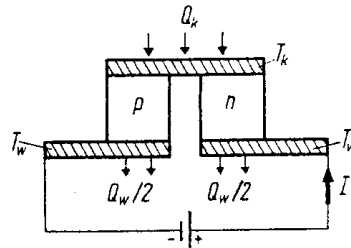


Abbildung 1: Peltier-Kühlblock

### 2.1 Leerlauf

Hier soll die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Seiten des Kühlblocks gemessen werden. Dazu wird die kühlende Seite thermisch isoliert. Die wärmende Seite wird auf konstanter Temperatur gehalten. Die Temperaturdifferenz wird bei verschiedenen Strömen gemessen.

## 2.2 Leistungsziffer

Die Leistungsziffer  $\epsilon$  ist das Verhältnis der Kühlleistung  $Q_K$  zur elektrischen Leistung  $P$  mit der Kühlblock betrieben wird.

Die Kühlleistung wird dadurch gemessen, dass man ein Heizelement an die kühlende Seite anbringt und die Heizleistung so einstellt, dass sich die Temperatur dieser Seite nicht ändert. Es gilt:

$$\epsilon = \frac{U_{\text{Heiz}} \cdot I_{\text{Heiz}}}{U_{\text{Betrieb}} \cdot I_{\text{Betrieb}}} \quad (5)$$

Dies soll für verschiedene Betriebsströme bestimmt werden. Man muss beachten, dass auch die anderen Größen von der Betriebsspannung abhängen.

## 3 Thermostrom

### 3.1 Demonstration durch die magnetischen Wirkung

Wenn das Gewicht am Eisenjoch hält, so ist die Tragkraft mindestens der Gewichtskraft gleich. Sie beträgt also mehr als 49 N.

### 3.2 Tragkraft

In diesem Versuch verwenden wir ein Thermoelement mit geringem Widerstand. So entsteht durch die Thermospannung ein großer Strom.

Das Thermoelement bildet eine Leiterschleife, die um ein Eisenjoch gelegt ist. So entsteht ein Magnetfeld der Stärke

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r I_T}{2r} \quad (6)$$

im Mittelpunkt der Schleife. Dies verwenden wir näherungsweise für das gesamte Magnetfeld.

Der Strom  $I_T$  entsteht aus der Thermospannung  $U_T$ , die zur Temperaturdifferenz proportional ist. Dazu benötigen wir den Widerstand der Leiterschleife.

$$I_T = \frac{U_T}{R} \quad R = \rho_{Cu} \frac{l}{A} \quad (7)$$

wobei  $l$  und  $A$  die Abmessungen des Leiters charakterisieren.  $\rho_{Cu}$  den spezifischen Widerstand  $1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$  der Kupferleitung.

Nun können wir die Energiedichte  $\omega$  des Magnetfeldes berechnen.

$$F \cdot s = E = \omega \cdot V \quad (8)$$

Dabei ist  $s$  eine zur Kraft parallele Strecke, sodass  $A = V/s$  eine Fläche senkrecht zur Krafrichtung (Auflagefläche) darstellt. Es ergibt sich

$$F = \omega \cdot A = \frac{AB^2}{2\mu_0} \quad (9)$$

für die Tragkraft.

## Literatur

- Prof. Dr. M. Wegener: Vorlesung Experimentalphysik III Optik und Thermodynamik, WS 2010/11
- Ebert: Physikalisches Taschenbuch
- Die Abbildung wurde entnommen aus: Ebert: Physikalisches Taschenbuch
- Paul A. Tipler, Gene Mosca: Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, Spektrum 6. Auflage 2009