

Auswertung

Wärmeleitung und thermoelektrische  
Effekte  
Versuch P2-32

Iris Conradi und Melanie Hauck  
Gruppe Mo-02

7. Juni 2011



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Wärmeleitfähigkeit</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Peltier-Kühlblock</b>	<b>5</b>
2.1	Leerlauf . . . . .	5
2.2	Leistungsziffer . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Thermostrom</b>	<b>7</b>
3.1	Demonstration durch die magnetische Wirkung . . . . .	7
3.2	Tragkraft . . . . .	7

## 1 Wärmeleitfähigkeit

Zur Messung der Wärmeleitfähigkeit haben wir die Stäbe an einer Seite gekühlt und an der anderen Seite mit einer Heizwicklung aufgeheizt. Spannung und Strom für die Heizwicklung haben wir bei allen drei Messungen gleich gewählt. Somit ergibt sich für alle Stäbe nach Gleichung (2) die Wärmestromdichte zu  $59\,205.64\text{ W/m}^2$ .

Bevor wir die Werte für die Temperaturen bestimmten, warteten wir mindestens 30min, sodass sich ein Temperaturgleichgewicht eingestellt hatte.

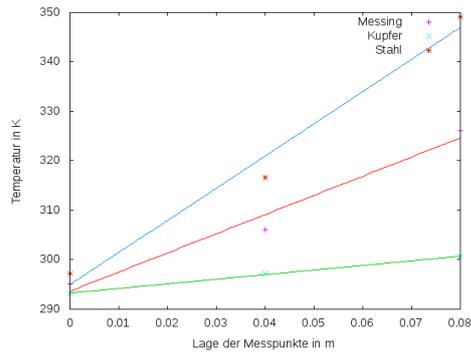
Zur Bestimmung des Temperaturgradienten führten wir jeweils eine lineare Regression mit die drei Ort-Temperatur Wertepaare durch. Der Temperaturgradient entspricht der Steigung.

Da die Wärmeleitfähigkeit in  $\text{W/mK}$  angegeben wird, rechnen wir dazu die gemessenen Temperaturen in Kelvin um.

In Abbildung 1 sind die linearen Regressionen dargestellt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Man erkennt schon an diesem Bild, dass Kupfer die beste Wärmeleitfähigkeit besitzt und Stahl die schlechteste. Dies erkennt man, da bei Stahl die Temperatur am warmen Ende viel höher ist, als bei den anderen, obwohl die Heizleistung gleich groß war. Bei Stahl wird die Hitze also nicht so schnell transportiert. Die Werte für den y-

	Steigung in $\text{K/m}$	y-Achsenabschnitt in K
Messing	$387.5 \pm 64.95$	$293.65 \pm 3.354$
Kupfer	$93.75 \pm 3.6$	$293.233 \pm 0.2$
Stahl	$650 \pm 93.82$	$294.983 \pm 4.845$

**Tabelle 1:** Lineare Regression



**Abbildung 1:** Lineare Regression

Achsenabschnitt sind sehr ähnlich, da diese Werte von einem Messpunkt stammen, der sehr nah am gekühlten Ende des Stabes lag.

Die Steigung stellt den negativen Temperaturgradienten dar. Somit ergeben sich die Wärmeleitfähigkeiten mit Gleichung (1) aus der Vorbereitung zu den in Tabelle 1 angegebenen Werten. Da wir nichts genaues über die Verarbeitung und Zusammensetzung

	gemessenes $\kappa$ W/Km	Literaturwert <sup>1</sup> W/Km
Messing	125.79	81...105
Kupfer	631.53	380
Stahl	91.09	21...50

**Tabelle 2:** Wärmeleitfähigkeit

der Metalle wissen, ist es nicht möglich genaue Literaturwerte zu finden. Man erkennt aber, dass unsere Werte tendenziell zu groß sind. Eine Ursache dafür können wir nicht benennen. Es könnte jedoch in der indirekten Messung der Temperatur begründet sein. Zum einen musste die Referenztemperatur (Eiswasser) richtig sein, zum anderen musste die gemessene Spannung mit Hilfe der Tabelle in einen Temperaturwert umgewandelt werden. Dabei war jedoch nur zu ganzzahligen Temperaturen ein Spannungswert angegeben.

Die Messung ist jedoch nicht allzu schlecht, da unsere Messwerte die gleiche Reihenfolge der Metalle ergeben (Kupfer hat die größte Leitfähigkeit etc.).

---

<sup>1</sup>Keine einheitlichen Werte gefunden. Diese Werte sind entnommen aus [http://www.schweizer-fn.de/stoff/wleit\\_metall/v2\\_wleit\\_metall.htm](http://www.schweizer-fn.de/stoff/wleit_metall/v2_wleit_metall.htm)

---

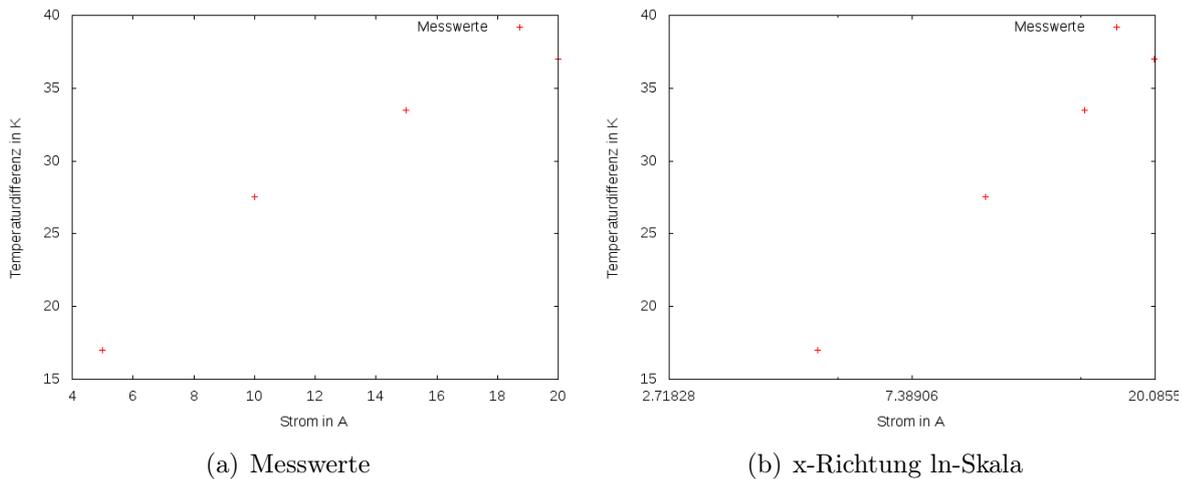
## 2 Peltier-Kühlblock

### 2.1 Leerlauf

Wir stellten verschiedene Ströme am Peltier-Element ein. Wir warteten bis sich die Anzeige am Spannungsmessgerät nicht mehr änderte. Dann lasen wir die Spannungswerte der Thermoelemente ab, die an der oberen und der unteren (von Kühlwasser gekühlten) Platte befestigt waren.

Bei niedrigen Strömen mussten wir sehr lange (über 30min) warten, bis sich ein Gleichgewicht eingestellt hatte.

Abbildung 2 zeigt die Abhängigkeit der Temperaturdifferenz ( $T_u - T_o$ ) der Platten vom eingestellten Strom durch das Peltier-Element. Man kann erkennen, dass bei steigendem



**Abbildung 2:** Leerlauf

Strom die obere Platte immer kälter wurde. Jedoch kann man sehen, dass sich mit steigendem Strom die Temperaturdifferenz kaum noch steigt. Eine Erhöhung des Stromes führt irgendwann nicht mehr zu einer größeren Temperaturdifferenz.

Wir haben die Werte auch einmal mit einer logarithmischen Skala (Basis  $e$ ) in x-Richtung aufgetragen. Die Werte ergeben dann eine sehr gute Gerade. Dies bestätigt unsere Vermutung, dass die Temperaturdifferenz mit steigendem Strom immer weniger steigt, denn dies entspricht dem Verhalten des natürlichen Logarithmus. Der Zusammenhang lässt sich durch

$$T = c_1 \ln(I) + c_2 \quad (1)$$

beschreiben.

Wir vermuten, dass dieses Verhalten durch den Einfluss der Jouleschen Wärme entsteht, denn diese wächst mit steigendem Strom und wirkt dem Kühleffekt entgegen.

## 2.2 Leistungsziffer

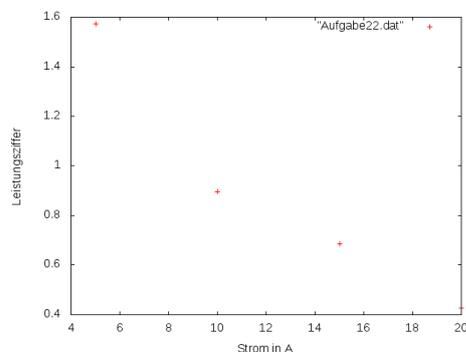
In diesem Versuch haben wir die obere Platte des Peltier-Elements geheizt. Dabei haben wir bei vorgegebenem Peltierstrom die Heizleistung so eingestellt, dass sich eine Temperaturdifferenz von etwa 3 K zwischen den Platten eingestellt hat. Dazu mussten wir wieder sehr lange warten. Es war schwer zu erkennen, wann der Wert am Spannungsmessgerät sich nicht mehr änderte.

In Tabelle 2.2 sind die Leistungsziffern aufgeführt. In Abbildung 3 ist die Leistungsziffer

Strom in A	Leistungsziffer	$\Delta T$ in K
5	1.5724	3
10	0.896	2
15	0.686	3
20	0.4284	3.5

**Tabelle 3:** Leistungsziffer

gegen den Strom aufgetragen.



**Abbildung 3:** Leistungsziffer

Die Leistungsziffer gibt das Verhältnis der Heizleistung zur Betriebsleistung an. Die Heizleistung gibt uns die Kühlleistung des Peltier-Elements an, da wir sie so wählen, dass die Temperaturdifferenz konstant ist. Man sieht in der Abbildung, dass das Peltier-Element bei hohen Strömen weniger effektiv ist. Wir wollen immer eine Temperaturdifferenz von 3 K aufrecht erhalten. Bei niedrigen Strömen erhalten wir dafür mehr Kühlleistung, als an elektrischer Leistung zugeführt wird ( $\epsilon > 1$ ). Bei hohen Strömen ist es genau umgekehrt ( $\epsilon < 1$ ).

---

Dies passt zur Beobachtung aus dem vorherigen Aufgabenteil. Dies ist abermals mit dem Anstieg der Jouleschen Wärme zu begründen.

## 3 Thermostrom

### 3.1 Demonstration durch die magnetische Wirkung

Mit einer Hebebühne haben wir das Gewicht an der vorgesehenen Stelle gehalten. Dann haben wir das eine Ende der Leiterschleife gekühlt und das andere mit einem Bunsenbrenner erhitzt. Dabei haben wir die Thermospannung beobachtet.

Nach einiger Zeit haben wir die Hebebühne leicht heruntergefahren um zu testen, ob das Gewichtsstück bereits vom Magnetfeld gehalten wird. Da es noch nicht so weit war, haben wir weiter geheizt. Bei einer Spannung von 25 mV hat das Gewicht gehalten.

Daraufhin haben wir nicht weiter geheizt. Dadurch fiel die Thermospannung ab. Bei 3.3 mV fiel das Gewicht auf die Hebebühne.

Beim Aufheizen wurde das Gewicht auch bei Thermospannungen größer als 3.3 mV noch nicht vom Magnetfeld gehalten.

Wir schließen daraus, dass die Magnetisierung beim Aufheizvorgang nicht instantan geschah. Dies erscheint auch sinnvoll, da die Ausrichtung der Weisschen Bezirke Zeit benötigt.

### 3.2 Tragkraft

Um die Tragkraft aus der gemessenen Thermospannung abzuschätzen benötigen wir erst den Widerstand des Kupferleiters. Seine Länge beträgt etwa 30 cm und sein Querschnitt  $8.1 \cdot 10^{-5} \text{m}^2$ . Damit erhalten wir einen Widerstand von  $6.296 \cdot 10^{-5} \Omega$ . Damit kann man den Thermostrom bestimmen. Dazu verwenden wir die Spannung, bei der das Gewicht beim Abkühlvorgang abgefallen ist. Es ergibt sich ein Strom von 52.41 A.

Mit diesem Strom soll nun das Magnetfeld bestimmt werden. Wir verwenden die Gleichung für das Zentrum einer kreisförmigen Leiterschleife. Der Leiter war jedoch hufeisenförmig. Daher berechnen wir aus der Länge den Radius eines Kreises mit diesem Umfang. Es ergibt sich ein Radius von 0.0477 m. Damit ergibt sich das Magnetfeld zu 0.3452 T.

Die Fläche des Eisenjochs schätzten wir ab, indem wir die Streifen in denen die Leiterschleife lag von der Kreisfläche abgezogen haben. Die Fläche beträgt  $2.264 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$ . Somit erhalten wir für die Kraft 107.34 N.

Dieser Wert ist etwa doppelt so groß, wie der erwartete Wert. Jedoch sind die vorgenommenen Abschätzungen sehr grob.

Die Rechnung zeigt aber, dass der Thermostrom so groß ist, dass er eine große Kraftwirkung hervorrufen kann.