



SS ~~WS~~ 20.10.1.....

Praktikum: (~~P1~~P2) (~~Mo/Di/Mi~~Do) Gruppe-Nr: Do-04

Name: Off..... Vorname: Andreas.....

Name: Armbrüster..... Vorname: Tobias.....

Versuch: P2-3? Wärmeführung..... (~~mit~~/ohne) Fehlerrechnung

Betreuer: Bronchenko, Oksana..... Durchgeführt am: 29.4.2010.....

Abgabe am: 6.05.10.....

Rückgabe am:	Begründung:
--------------------	-------------

2. Abgabe am:

Ergebnis: (+) / 0 / -)	Fehlerrechnung: ja / <u>nein</u>
Datum: 6.05.10.....	Handzeichen:
Bemerkungen: sehr schön :-)	



Gute Wärmeleitung (Heizen, Kühlen) ist ebenso wie schlechte Wärmeleitung (Isolieren) von großem technischem Interesse. Dem Naturwissenschaftler liefert die Temperaturabhängigkeit physikalischer Phänomene häufig einen wesentlichen Beitrag zu deren Verständnis. In einer Meßanordnung definierte thermische Bedingungen herzustellen und die Temperatur zu überwachen, gehört zu den Grundelementen physikalischer Meßtechnik.

Bei diesem Versuch geht es zunächst um die Messung der Wärmeleitfähigkeit verschiedener Metalle. Dabei wird bereits einer der thermoelektrischen Effekte ausgenutzt, beim Thermoelement als Temperatursensor nämlich. Dann wird ein zweiter thermoelektrischer Effekt, der Peltiereffekt, untersucht. Dieser wird oft als frappierend empfunden, denn man kühlt direkt mit Hilfe des elektrischen Stromes (wenn es dafür an anderer Stelle auch um so wärmer wird!).

Am Ende geht es wieder um das Thermoelement, dann aber um eines mit sehr kleinem Widerstand, so daß ein großer Thermostrom fließen kann. Der große Strom wird durch die Tragkraft eines Elektromagneten demonstriert.

Aufgaben:

1. Bestimmen Sie die Wärmeleitfähigkeit von Kupfer, von Stahl und eventuell auch von Messing.

Dafür werden Probestäbe einseitig mit Hilfe einer Heizwicklung elektrisch geheizt und am anderen Ende mit Hilfe von fließendem Kühlwasser gekühlt. Gemessen werden die Heizleistung und die Temperaturverteilung längs des Stabes. In drei vorgesehene kleine Bohrungen, nicht zu nahe an der Heizung und nicht zu nahe an der Kühlung, werden die Fühlspitzen dreier Thermoelemente gesteckt, die umgeschaltet und nacheinander abgelesen werden können. Die Thermoelemente sind geringer Wärmeableitung wegen aus dünnen Drähten gefertigt und entsprechend empfindlich. Die zweite Kontaktstelle der Thermoelemente wird auf konstanter (Eiswasser-) Temperatur gehalten. Die maximale Heizspannung beträgt 13V. Man mißt bei Temperaturdifferenzen von 8 - 10K bei Kupfer und etwa 30K bei Stahl. Temperaturgleichgewicht stellt sich erst nach recht langer Zeit ein. Es ist daher zweckmäßig, schon mit den Messungen am Peltierblock zu beginnen, bevor die Wärmeleitungsmessungen beendet sind.

2.1 Messen Sie an einem Peltier-Kühlblock im 'Leerlauf' die sich einstellende Temperaturdifferenz in Abhängigkeit vom Strom durch den Block.

Dabei wird die eine Seite auf der Temperatur von Kühlwasser gehalten. Die andere ist lediglich gut gegen Wärmezufuhr von außen isoliert. Die Temperaturdifferenz wird mit einem Thermoelement gemessen. Der maximale Strom durch den Peltierblock beträgt etwa 20A.

2.2 Messen Sie die Kälteleistung Q und die elektrische Leistung P in Abhängigkeit vom Peltierstrom I.

Tragen Sie die daraus berechneten Leistungsziffern $\varepsilon = Q/P$ (nicht 'Wirkungsgrad!') über dem Strom I auf und diskutieren und interpretieren Sie Ihre Ergebnisse. Bei den Messungen wird durch 'Gegenheizen' auf der kalten Seite eine konstante Temperaturdifferenz aufrecht erhalten. Diese ist noch ein freier Parameter beim Versuch. Führen Sie auf jeden Fall eine Messung bei $\Delta T=3K$ aus. Wenn die Zeit reicht, ist eine Vergleichsmessung bei $\Delta T=6K$ interessant. Auch bei den Aufgaben 2.1 und 2.2 sind die Wartezeiten unvermeidlich lang.

3.1 Demonstrieren Sie an einem niederohmigen Thermoelement den erreichbaren sehr hohen Thermostrom durch seine magnetische Wirkung.

Bei nur einer Leiterschleife durch ein Eisenjoch wird ein 5kg-Gewichtsstück getragen, wenn eine Kontaktstelle des Thermoelements mit dem Bunsenbrenner geheizt, die andere mit Eiswasser gekühlt wird.

3.2 Vergleichen Sie die im Experiment beobachtete Tragkraft des Elektromagneten mit einem näherungsweise errechneten Wert.

Messen Sie mit dem Millivoltmeter die Thermospannung, bei der Joch und Gewicht gerade noch gehalten werden. Berechnen Sie dann aus ihren geometrischen Daten und dem spezifischen Widerstand von Kupfer den Widerstand der Cu-Leiterschleife. Damit ergibt sich der Thermostrom und weiter die H-Feldstärke im Eisen (mittlere Feldlinienlänge im Eisen abschätzen!). Mit dem Erfahrungswert $\mu_r \approx 500$ für die relative Permeabilität von Eisen für Magnete folgt dann die B-Feldstärke. Eine begründete Formel für die Tragkraft findet sich in 'Gerthsen, Kneser, Vogel: Probleme aus der Physik, Aufgabe 7.2.7'. Dafür wird dann noch die Größe der Jochfläche (Auflagefläche) benötigt.

Zubehör:

Meßvorrichtung mit Probestäben (Kupfer, Stahl, Messing, alle etwa 16mm Durchmesser), dazu aufsteckbarer elektrischer Heizer und aufsteckbarer Kühler (Wasserkühlung);

5 NiCr-Ni-Thermoelemente und Umschaltkasten dazu, Wärmeleitpaste oder anderes thermisches Kontaktmittel für die Thermoelemente;

Millivoltmeter für die Messung der Thermospannungen;

Peltier-Kühlblock (Peltierbatterie, Serienschaltung etlicher p- und n-leitender Wismuttellurit-Bereiche, eine Seite mit Wasserkühlung, die andere Seite mit Elektroheizung);

2 Netzgeräte (0-16V 0-5A);

Netzgerät für den Peltier-Strom (max. 20A);

Isoliermaterial für die Probestäbe und für den Peltier-Kühlblock;

Demonstrations-Thermoelement (Cu-Leiterschleife großen Querschnitts mit eingelöteter Konstantan-Brücke) mit Eisenjoch und 5kg-Gewichtsstück;

Eiswassergefäß;

Gasbrenner;

Schieblehre, Maßstab.

Literatur:

Ebert: *Physikalisches Taschenbuch*

Gerthsen, Kneser, Vogel: *Physik und Probleme aus der Physik*

Halbleiterprobleme IV (unter T151 in der Fak.-Bibliothek)

Teichmann: *Halbleiter*

Joffé: *Physik der Halbleiter*

Birkholz: *Anwendungen des Thermoelements*, Kältetechnik 13(1961),10

rororo-Techniklexikon

Justi: Leitfähigkeit und Leitungsmechanismen fester Stoffe

P2-32: Wärmeleitung, thermoelektrische Effekte

Vorbereitung

Einführung:

In diesem Versuch geht es um die Wärmeleitung. Diese ist in physikalischer Hinsicht relevant, da bei vielen Experimenten temperaturbedingte Effekte die Ergebnisse beeinflussen und somit eine genaue Betrachtung solcher Einflüsse unumgänglich ist. Auch aus technischer Sicht ist die Wärmeleitung von großer Bedeutung, da sie in technischen Geräten wie Heizkörpern oder Ähnlichem auftritt. Eine weitere wichtige technische Anwendung ist der Stirlingmotor, dessen maximal zu erreichende Leistung jedoch direkt an die Wärmeleitung der genutzten Materialien gekoppelt ist. Die Liste der Beispiele, die sich um ein Vielfaches erweitern lässt, zeigt die große Bedeutung der Wärmeleitung. Außerdem sollen hier bedeutende thermoelektrische Effekte wie der Peltier-Effekt, der Seebeck-Effekt oder der Thomson-Effekt beobachtet und genutzt werden.

Theoretische Grundlagen:

Elektronengas: Die Theorie des Elektronengases resultierte aus Experimenten Benedicks. Diese Vorstellung bietet die Grundlage, für die in diesem Versuch betrachteten thermoelektrischen Effekte. Man geht davon aus, dass Elektronen in einem Leiter analoge Eigenschaften zu einem materiellen Gas aufweisen. Nun kann ein durch den Leiter fließender elektrischer Strom als ein laminar fließendes Gas aufgefasst werden, wobei die Elektronen im Vergleich zur Ruhelage, zusätzlich die mittlere Driftgeschwindigkeit v besitzen, welche proportional zur Stromstärke I ist. Entsprechend kann die elektrische Spannung als Druckgefälle, die abstoßende Coulomb-Kraft zwischen den Elektronen als Gasdruck und die Anziehung dieser durch die Gitterionen als Gegendruck angesehen werden. Dabei ist vor allem interessant, dass sich nun die Gesetze der Thermodynamik auf das Elektronengas übertragen lassen, wie beispielsweise die Proportionalität von Druck und Temperatur.

Seebeck-Effekt: Der Seebeck-Effekt tritt auf, wenn zwischen den zwei Kontaktpunkten eines elektrischen Zweileiterkreises ein Temperaturunterschied besteht. In diesem Fall entsteht zwischen diesen Punkten eine elektrische Spannung. Dies lässt sich über die Theorie des Elektronengases erklären: An dem Punkt mit der höheren Temperatur herrscht auch ein höherer Druck. Dieser Druckunterschied wird ausgeglichen, indem die Elektronen von der wärmeren zur kälteren Stelle fließen und ein Strom entsteht. Die Elektronen fließen, bis die entstehende Spannung mit dem Druckgefälle im Gleichgewicht steht. Diese Spannung ist proportional zur Temperaturdifferenz und es gilt:

$$U_s = \alpha(T_w - T_k) = \alpha\Delta T$$

Hierbei ist α der Seebeck-Koeffizient. Er hat die Einheit $[\alpha] = \frac{V}{K}$ und ist eine Materialkonstante. Der Seebeck-Effekt findet in diesem Versuch Anwendung im Thermoelement.

Peltiereffekt: Der Peltiereffekt ist die Umkehrung des Seebeck-Effektes. Das heißt, wenn ein Zweileiterkreis von einem elektrischen Strom durchflossen wird, so wird an der einen Kontaktstelle Wärme erzeugt und an der anderen wird Wärme absorbiert und es ist eine Temperaturdifferenz messbar. Zu beachten ist, dass durch den elektrischen Widerstand bedingt, auch Joulesche Wärme entsteht. Der Effekt ist durch die unterschiedlichen Austrittsarbeiten der Materialien zu erklären. Beim Übergang der Elektronen vom Material mit der höheren Austrittsarbeit zum Material mit der niedrigeren Austrittsarbeit wird Energie frei und die Kontaktstelle erwärmt sich. Beim umgekehrten Übergang wird Energie der Umwelt absorbiert und die Kontaktstelle kühlt ab. Für die absorbierte bzw. erzeugte Wärmemenge gilt:

$$Q_P = \pi_{1,2} \cdot I \cdot \Delta t$$

$\pi_{1,2}$ wird dabei als Peltierkoeffizient bezeichnet und ist je nach Wärmezuwachs oder -abnahme positiv bzw. negativ. Es ist noch zu beachten, dass durch das inverse Verhalten von Peltiereffekt und Seebeck-Effekt keiner der beiden alleine auftritt. Jeder wird vom anderen verursacht und verursacht diesen selbst.

Thomsoneffekt: Der Thomsoneffekt wurde 1856 von W. Thomson zunächst in theoretischer Form postuliert und konnte später auch in Experimenten nachgewiesen werden. Dieser Effekt tritt auf, wenn ein Leiter, der aus einem einheitlichen Material besteht (also homogen ist) und in dem ein Temperaturgefälle herrscht, von einem elektrischen Strom durchflossen wird. In diesem Fall wird zusätzlich zur Jouleschen Wärme je nach Stromrichtung Wärme erzeugt bzw. absorbiert. Für die sogenannte Thomsonwärme gilt:

$$Q_T = -\tau \cdot I \cdot \Delta T$$

τ ist der Thomsonkoeffizient. Er ist positiv, wenn der Strom in Richtung der höheren Temperatur fließt. In diesem Fall wird dann Wärme absorbiert.

Aufgaben:

Aufgabe 1

In diesem Versuchsteil sollen zunächst die Wärmeleitfähigkeiten von Kupfer, Stahl und Messing ermittelt werden. Mit Hilfe von Thermoelementen werden die Heizleistung und die Temperaturverteilung entlang eines Stabes des entsprechenden Materials gemessen. Für die Herleitung der Formel für die Wärmeleitfähigkeit (κ) betrachten wir zunächst den Wärmefluss w für den gilt:

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

Mittels Umstellung gilt bei einer Näherung für lange Stäbe für die Wärmeleitfähigkeit die Formel:

$$\kappa = -w \frac{dx}{dT}$$

In unserem Versuch wird das eine Ende des Stabes mit fließendem Kühlwasser auf die Temperatur T_K gebracht und das andere Ende mit einer Heizwicklung elektrisch geheizt. Durch den Seebeck-Effekt entsteht eine Spannung U_S die gemessen werden kann und mit deren Hilfe sich die Temperatur am erwärmten Ende des Stabes T_W ergibt:

$$T_W = \frac{U_S}{\alpha} + T_K \quad \Rightarrow \quad dT = T_W - T_K = \frac{U_S}{\alpha}$$

Außerdem verwenden wir für die zugeführte Wärme:

$$dW = P dt = U_{Heiz} \cdot I_{Heiz} dt$$

Was mittels $w = \frac{P}{dA}$ zu folgender Gleichung führt:

$$w = \frac{U_{Heiz} \cdot I_{Heiz}}{dA}$$

Durch einsetzen in die Formel für die Wärmeleitfähigkeit erhalten wir:

$$\kappa = - \frac{U_{Heiz} \cdot I_{Heiz}}{\pi r^2} \cdot \frac{dx}{T_W - T_K} = - \frac{U_{Heiz} \cdot I_{Heiz}}{\pi r^2} \cdot \frac{dx \alpha}{U_S}$$

Hierbei wurde für die Geometrie des Stabes eine Grundfläche von $A = \pi r^2$ verwendet. Wir können somit die Wärmeleitfähigkeit bestimmen.

Aufgabe 2

2.1

In diesem Versuchsteil sollen wir die Temperaturdifferenz an einem Peltier-Kühlblock in Abhängigkeit vom fließenden Strom bestimmen. Die eine Seite des Kühlblocks wird mit Hilfe von Kühlwasser auf einer Temperatur gehalten. Die andere Seite ist gegen Wärmezufuhr isoliert. Mit Hilfe eines Thermoelements wird die Temperaturdifferenz gemessen. Es ist hierbei wichtig zu warten, bis sich eine konstante Temperatur eingestellt hat, da sonst das Messergebnis verfälscht wird.

2.2

Hier soll die Kälteleistung Q und die elektrische Leistung P in Abhängigkeit vom Peltierstrom I bestimmt werden. Hieraus lässt sich die Leistungsziffer ϵ des Kühlblocks bestimmen:

$$\epsilon = \frac{Q}{P}$$

Zum Bestimmen der Kälteleistung wird am kalten Ende des Blocks elektrisch gegengeheizt, um so eine konstante Temperaturdifferenz zu erhalten. Es gilt:

$$Q = U_{Heiz} \cdot I_{Heiz}$$

Für die elektrische Leistung kann der Strom und die Spannung betrachtet werden, mit denen der Kühlblock betrieben wird:

$$P = U_B \cdot I_B$$

Durch Einsetzen wird ergibt sich für die Leistungsziffer:

$$\epsilon = \frac{U_{Heiz} \cdot I_{Heiz}}{U_B \cdot I_B}$$

Es sollen Messungen bei den $\Delta T = 3K$ und $\Delta T = 6K$ durchgeführt werden.

Aufgabe 3

3.1

In diesem Versuchsteil soll die Stärke eines Thermostroms mittels seiner magnetischen Wirkung betrachtet werden. Um dies zu demonstrieren, verwendet man ein Thermoelement mit kleinem Widerstand (dadurch kann trotz kleiner Thermospannung ein großer Thermostrom fließen). Es wird auf der einen Seite mit (Eis-) Wasser gekühlt und auf der anderen Seite mit einem Bunsenbrenner erhitzt, wodurch ein großer Temperaturunterschied entsteht. Durch den Seebeck-Effekt fließt ein Strom. Die Leiterschleife des Thermoelementes geht durch ein geteiltes Eisenjoch und es entsteht ein Magnetfeld. Dieser Elektromagnet soll ein 5kg-Gewicht halten.

3.2

Nun soll abschließend noch die Tragkraft des Elektromagneten näherungsweise berechnet werden. Hierzu sind einige Überlegungen notwendig. Zunächst einmal hängt die Tragkraft von der Temperaturdifferenz ab. Wird die Differenz reduziert, wird das Gewicht lediglich bis zu einer Tragkraft gehalten, die der Gewichtskraft entspricht. Außerdem gilt für den Thermostrom

$$I_{Th} = \frac{U_{Th}}{R}$$

Wobei für den Widerstand der Querschnitt A , die Länge l sowie der spezifische Widerstand ρ_{Cu} des Kupfers beachtet werden müssen:

$$R = \frac{\rho_{Cu} l}{A} \quad \Rightarrow \quad I_{Th} = \frac{U_{Th} A}{\rho_{Cu} l}$$

Das Magnetfeld berechnet sich nach der Formel für eine einfache Leiterschleife zu:

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r}{2r} I_{Th}$$

Dabei ist $\mu_r \approx 500$ die relative Permeabilität von Eisen und r der Radius der Leiterschleife.

Es gilt des Weiteren für die Tragkraft eines Magneten, mit der Auflagefläche A_{Ej} des Eisenjochs:

$$F_T = \frac{A_{Ej} B^2}{2\mu_0} \stackrel{\text{def}}{=} mg$$

Durch Einsetzen der obigen Formeln erhalten wir:

$$F_T = \frac{A_{Ej} \mu_0 \mu_r^2 U_{Th}^2 A^2}{8r^2 \rho_{Cu}^2 l^2} = mg$$

Durch Messen der Thermospannung zu dem Zeitpunkt bei dem das Gewicht gerade noch gehalten wird, kann man nun die Tragkraft bestimmen und sie mit der Gewichtskraft gleichsetzen.

Messprotokoll - Wärmeleitung

29.4.10

sinkt während Versuch

Aufg. 1

$U_{Heiz} = 7,5 V$

$I_{Heiz} = 0,55 A$

$T_{EW} = 15,2 ^\circ C$

1. Kupfer

	kalt	→	warm
	x_1	x_2	x_3
$U [mV]$	0,6	0,67	0,74
$d_x [cm]$	← 4		← 4
$T [^\circ C]$	15	17	19

Temp. aus Tabelle?

1. Messung

↓

3. Messung

unterschr. stab. temp.

3. Stahl

	x_1	x_2	x_3
$U [mV]$	0,7	1,2	1,8
$d_x [cm]$	← 4		← 4
$T [^\circ C]$	18	30	45

2. Messing

	x_1	x_2	x_3
$U [mV]$	0,66	1,0	1,34
$d_x [cm]$	← 4		← 4
$T [^\circ C]$	17	25	34

Aufg. 2

Eis auf Platten-Element

2.1

$I [A]$	0	4	8	12	16	20
$U_n [mV]$	0,51	0,5	0,48	0,47	0,45	0,47
$U_o [mV]$	0,61	0,03	-0,35	-0,64	-0,86	-0,93
$U_o - U_n = \Delta T [K]$	2,5	-12	-21	-28,5	-33,5	-36

$U_o - U_n = \Delta T [K]$

2.2

$I_p [A]$	4	8	12	16	20
$U_p [W]$	0,4	1	1,5	2	2,6
$I_{Heiz} [A]$	1,1	1,5	1,77	1,88	2,05
$U_{Heiz} [V]$	5,2	7,2	8,5	9,5	10

bei

$\Delta T = 3K$

$U_o = 0,32 mV$

$U_n = 0,44 mV$



Aufgabe 3

$$T_{\text{Wasser}} = 20,2^\circ\text{C}$$

3.2 Kontaktfläche A_{E_3} mit $d = 7,5 \text{ cm}$

Durchmesser Lötverbindung $d =$

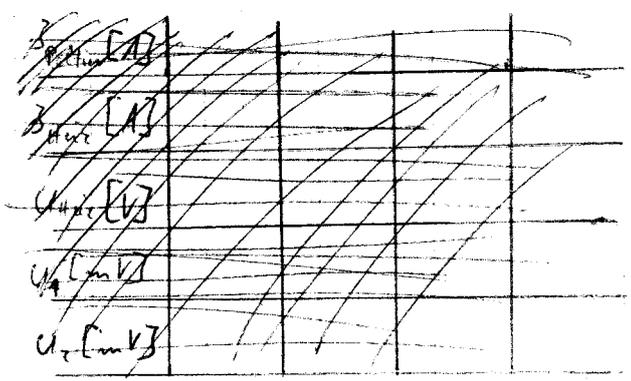
Querschnitt Cu-Stab = $0,8 \text{ cm}$

Radius $r \approx 4,73 \text{ cm}$

Länge zwischen Messspitzen = $(26,6 + \pi r) \text{ cm}$ \nearrow

$$U_{TH} [\text{mV}] = 7,5 \text{ mV}$$

$$T_{\text{obj}} = 1,1 \text{ mV}$$



P2-32: Wärmeleitung, thermoelektrische Effekte

Auswertung

Aufgabe 1

Zunächst haben wir die Wärmeleitfähigkeit von Kupfer, Stahl und Messing bestimmt. Dazu wurden nacheinander Stäbe des entsprechenden Materials auf der einen Seite in einer durch Wasser gekühlte Halterung befestigt und auf der anderen Seite mit Hilfe einer Heizwendel erhitzt. Die Heizwendel wurde stets mit $U_{Heiz} = 7,5V$ und $I_{Heiz} = 0,55A$ betrieben. Die Messkabel des Thermoelements wurden jeweils an den dafür vorgesehenen Bohrungen der Stäbe eingeführt(hieraus ergab sich der Abstand dx unserer Messpunkte). Es war nötig, einen Referenzdraht des Thermoelements in Eiswasser($T_{EW} = 0\text{ }^{\circ}C$) zu geben. Außerdem wurde versucht, die Stäbe so gut wie möglich mit einer Schaumstoffisolierung zu umhüllen. Nach dem Einschalten der Heizwendel mussten wir einige Minuten warten, bis sich ein Temperaturgleichgewicht eingestellt hatte und sich die Messanzeige des Thermoelements nicht mehr änderte. Für die Ermittlung der Temperatur nutzten wir eine speziell für dieses Thermoelement(Typ K: NiCr-NiAl) vorliegende Tabelle, welche uns zu den gemessenen Spannungen die entsprechenden Temperaturen lieferte. Es ist zu beachten, dass wir manche Werte annähernten, da die Tabelle nicht exakt jeden Wert enthielt. Es ergaben sich folgenden Werte:

Kupfer:

dx [cm]	0	4	8
U [mV]	0,60	0,67	0,74
T [°C]	15	17	19

Messing:

dx [cm]	0	4	8
U [mV]	0,66	1,00	1,34
T [°C]	17	25	34

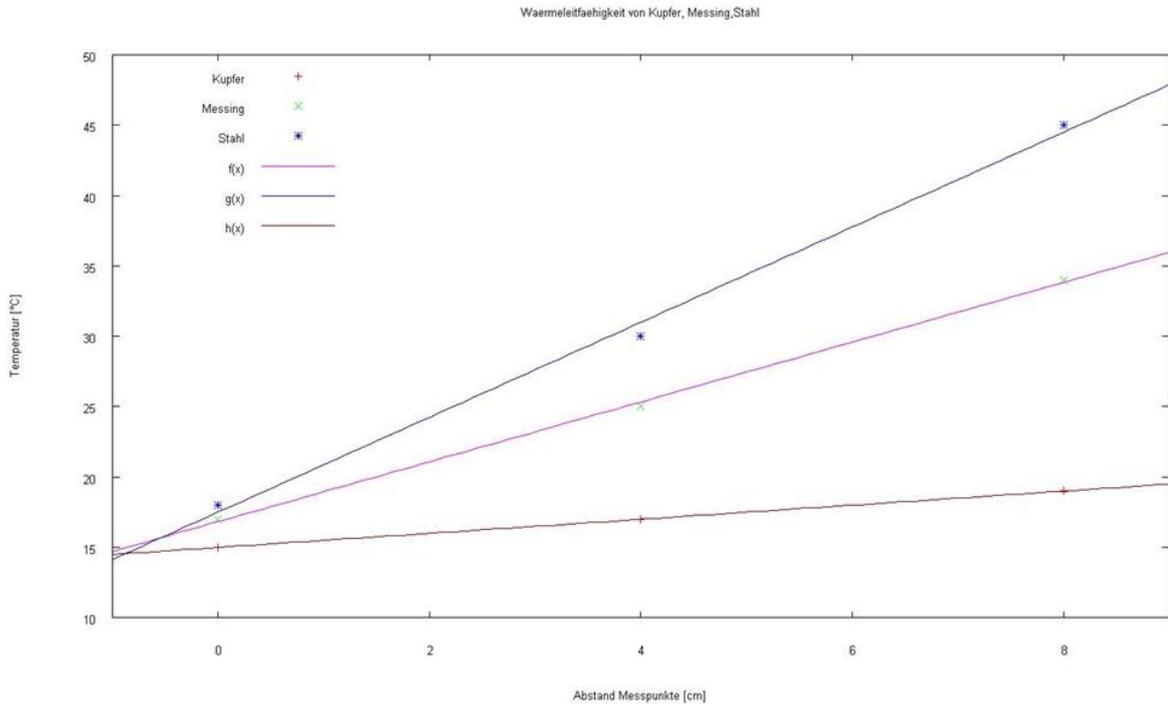
Stahl:

dx [cm]	0	4	8
U [mV]	0,70	1,20	1,80
T [°C]	18	30	45

Trägt man die Werte von Temperatur über den Abstand der Messpunkte in einem Diagramm auf, kann man mit der Steigung m , der durch lineare Regression erhaltenen Geraden und der Formel aus der Vorbereitung die Wärmeleitfähigkeit bestimmen:

$$\kappa = \frac{U_{Heiz} \cdot I_{Heiz}}{\pi r^2} \cdot \frac{dx}{T_W - T_K} = \frac{U_{Heiz} \cdot I_{Heiz}}{\pi r^2} \frac{1}{m}$$

Dabei gilt laut Vorbereitungsmappe für alle Stäbe $r = 8\text{mm}$.



Es ergeben sich folgende Werte(wobei die Temperatur nun in Kelvin angeben wird):

	m^1 [K/m]	κ [W/mK]	Literaturwert κ [W/mK]	Abweichung [%]
Kupfer	50	410,3	390 ²	5,1
Messing	212,5	96,6	120 ³	19,5
Stahl	337,5	60,8	48-58 ⁴	4,8

Wie man sieht liegen unsere gemessenen Werte für Stahl und Kupfer sehr nahe am Literaturwert. Leider weicht unser Wert für Messing vom zu erwartenden Wert ab. Ein Grund hierfür, wie auch für die leichten Abweichungen der beiden anderen Werte, könnte die mangelhafte Isolation der Stäbe während des Versuches sein. Fragwürdig bleibt, ob dies einen so großen Fehler erzeugen kann. Ein weiterer Grund könnte die Zusammensetzung der Stoffe sein(was beispielsweise bei Messing ein höherer Zinkanteil wäre), da auch hieraus unterschiedliche Ergebnisse zu den gefundenen Literaturwerten entstehen können. Rein qualitativ ist jedoch sowohl im Diagramm als auch bei der Berechnung erkennbar, dass bei gleicher Heizleistung Stahl die kleinste und Kupfer die größte Wärmeleitfähigkeit besitzt.

¹ Die lineare Regressionen für die jeweiligen Werte der Materialien wurden mit dem Programm gnuplot erstellt. Für die einzelnen Geraden, die auch im Diagramm eingezeichnet sind, ergaben sich dabei:

$h(x)_{\text{Kupfer}}=0,5x +15$; $f(x)_{\text{Messing}}=(2,125\pm 0,072)x + (16,833\pm 0,373)$; $g(x)_{\text{Stahl}}=(3,375\pm 0,217)x + (17,5\pm 1,118)$

² Quelle: Meschede, Dieter(Hrsg.): Gerthsen Physik, 23. Auflage, Würzburg 2006, S. 233.

³ Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmeleitfähigkeit>

⁴ Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmeleitfähigkeit>

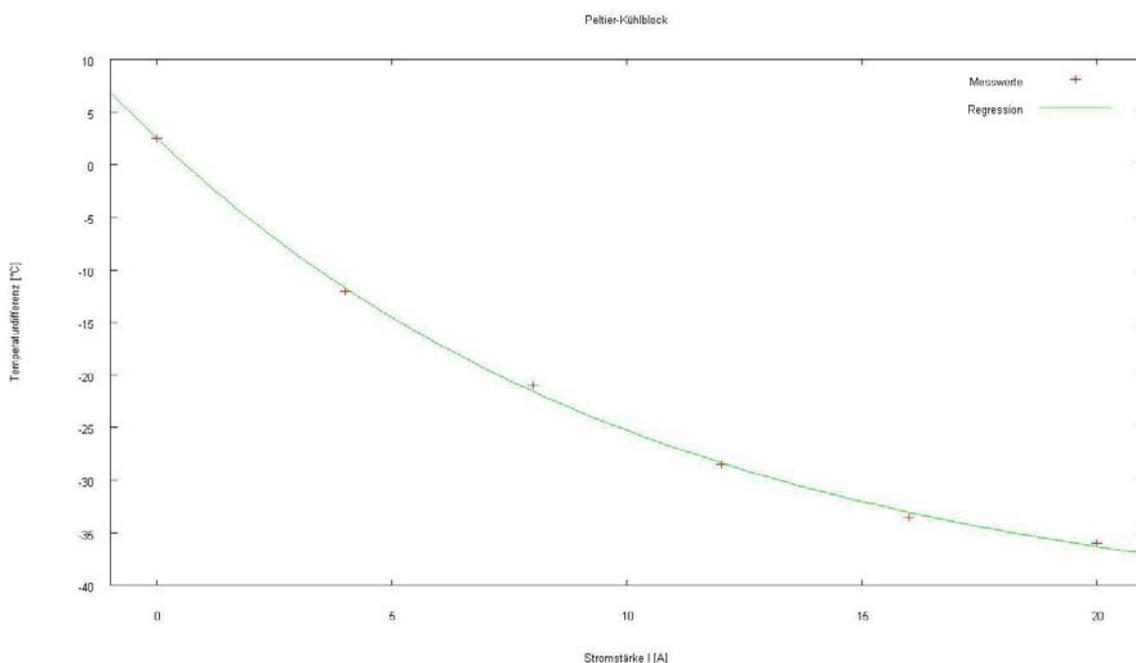
Aufgabe 2

2.1

Bei diesem Versuch haben wir einen Peltier-Kühlblock im Leerlauf betrachtet. Diesen betrieben wir mit unterschiedlichen Strömen I und maßen nachdem sich eine gleichmäßige Temperatur eingestellt hatte mit einem Thermoelement die Spannung der oberen und unteren Platte (U_o, U_u), welchen wir mit der Tabelle die entsprechenden Temperaturdifferenzen ΔT zwischen den beiden Platten zuweisen konnten. Der Kühlblock wurde mit einem Styropor-Gehäuse isoliert. Wir ermittelten folgende Werte:

I [A]	0	4	8	12	16	20
U_u [mV]	0,51	0,50	0,48	0,47	0,45	0,47
U_o [mV]	0,61	0,03	-0,35	-0,64	-0,86	-0,93
ΔT [K]	2,5	-12	-21	-28,5	-33,5	-36,0

Trägt man nun die Temperaturdifferenz über den Strom in einem Diagramm auf und führt eine exponentielle Regression durch erhält man:



Die Regression ergab für $T(I) = a \cdot e^{-bI} + c$ die Werte⁵:

$$a = (46,089 \pm 1,237)^\circ\text{C} \quad b = (0,092 \pm 0,006) \frac{1}{\text{A}} \quad c = (-43,626 \pm 1,319)^\circ\text{C}$$

Durch die exponentielle Darstellung ist erkennbar, dass sich der Peltier-Kühlblock bei zunehmendem Strom immer weniger abkühlt und nach unseren Werten minimal einen Wert von ca. -44°C erreichen kann. Dies ist sicherlich in der äußeren Raumtemperatur zu begründen, welche eine immer größer werdende Differenz zur Kühltemperatur aufweist. Hinzu kommt die, durch den elektrischen Widerstand erzeugte, Wärme im Kühlblock. Um eine qualitativ bessere Aussage machen zu können

⁵ Berechnet mit gnuplot

wären eventuell mehr Messpunkte nötig gewesen, da dadurch auch die oben angegebenen Fehler noch geringer gehalten werden könnten.

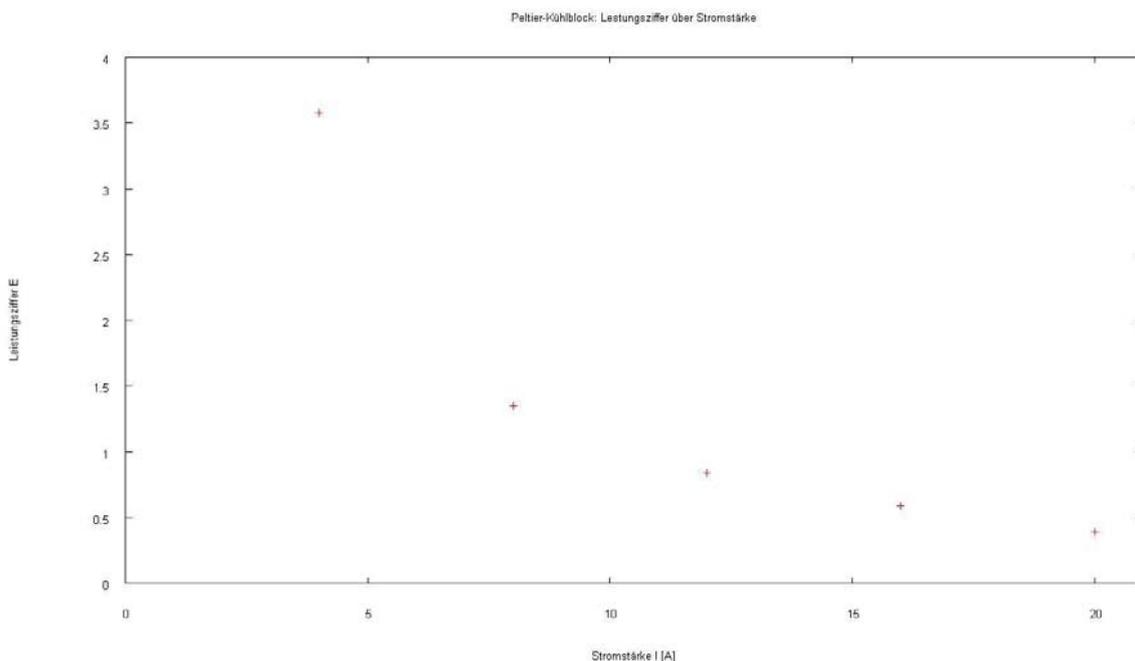
2.2

Auch in diesem Versuchsteil nutzten wir den Peltier-Kühlblock, jedoch mit dem Unterschied, dass durch zusätzliches Erhitzen der oberen Platte der Kühlleistung entgegen gewirkt wurde. Durch dieses Gegenheizen wurde versucht eine konstante Temperaturdifferenz, in unserem Falle $\Delta T=3K$, zwischen den beiden Platten zu erzeugen. Hieraus lässt sich die Kälteleistung($=U_{Heiz} \cdot I_{Heiz}$) bestimmen. Durch Messen des Peltierstroms($=I_B$) und der entsprechenden Spannung($=U_B$) bestimmen wir die elektrische Leistung. Entsprechend der Vorbereitung lässt sich nun die Leistungsziffer $\epsilon = \frac{U_{Heiz} \cdot I_{Heiz}}{U_B \cdot I_B}$

berechnen:

I_B [A]	4	8	12	16	20
U_B [V]	0,4	1	1,5	2	2,6
I_{Heiz} [A]	1,1	1,5	1,77	1,98	2,05
U_{Heiz} [V]	5,2	7,2	8,5	9,5	10
ϵ	3,58	1,35	0,84	0,59	0,39

Nun kann man die Leistungsziffer über den Peltierstrom in einem Diagramm auftragen:



Man erkennt sowohl in der Graphik als auch bei der Berechnung, dass die Leistungsziffer mit zunehmenden Peltierstrom abnimmt. Dies ist durch Joulsche Wärme zu erklären. Bei höherem Stromfluss entsteht auch mehr Joulsche Wärme die der Kühlung entgegen wirkt und somit die Kühlleistung einschränkt. Somit ist die erzielte Leistung nur bei geringen Strömen rentabel. Es wäre möglich mehrere solcher Kühlblöcke einzusetzen um ein effizienteres Verhältnis zwischen aufgewandter elektrischer Leistung und erzielter Kühlleistung zu erreichen.

Aufgabe 3

In den beiden Versuchsteilen sollte der erreichbare Thermostrom anhand seiner magnetischen Wirkung gezeigt werden. Zunächst führten wir einen Demonstrationsversuch durch, bei dem wir die eine Seite des Thermoelements, dessen Kupfer-Leiterschleife durch ein Eisenjoch läuft, mit einem Bunsenbrenner stark erhitzen und die andere Seite in einem Behälter mit Eiswasser kühlen. Der durch den Seebeck-Effekt fließende Strom erzeugte in der Tat eine magnetische Wirkung, die ausreichte um das 5kg-Gewicht zu halten. Das Gewicht fiel nach einer gewissen Zeit aufgrund der Abkühlung des Materials runter. Im zweiten Versuchsteil bestimmten wir nun die Thermospannung zu dem Zeitpunkt, an dem das Gewicht gerade noch/nicht mehr gehalten werden konnte. Zu diesem Zeitpunkt heben sich, entsprechend der Vorbereitung, Gewichtskraft und magnetische Kraft gerade auf. Die Gewichtskraft bei einem 5kg-Gewicht beträgt $F_G = 49,05N$. Wir ermittelten die Thermospannungen $U_1 = 7,5 mV$ und $U_2 = 1,1 mV$ und erhalten somit den gemittelten Wert $U_\phi = 4,3 mV$. Nun benötigen wir die Formel aus der Vorbereitung:

$$F_T = \frac{A_{Ej} \mu_0 \mu_r^2 U_\phi^2 A^2}{8r^2 \rho_{Cu}^2 l^2}$$

Zur Berechnung war es nötig, einige der hier verwendeten Werte näherungsweise zu bestimmen oder Konstanten und Materialeigenschaften nachzuschlagen. Diese sind:

Auflagefläche des Eisenjochs: $A_{Ej} = 0,0033 m^2$ (ermittelt aus dem Durchmesser $d=7,5$ cm der kreisförmigen Auflagefläche)

Magnetische Feldkonstante: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$

Relative Permeabilität von Eisen: $\mu_r \approx 500$

Querschnittfläche der Kupferleiterschleife: $A = 8,1 \cdot 10^{-5} m^2$

Radius der Leiterschleife: $r = 0,0473 m$ (ermittelt aus der Länge der Leiterschleife und der Annahme, dass es sich um einen ideal-kreisförmigen Leiterschleife handelt)

Spezifischer Widerstand von Kupfer: $\rho_{Cu} = 0,017 \cdot 10^{-6} \Omega m$

Länge der Leiterschleife: $l = 0,298 m$ (Länge zwischen den Messpunkten der Spannung)

Durch einsetzen der Werte ermitteln wir den Wert:

$$F_T = 273,8 N$$

Wie man sieht liegt unser durch das Experiment und Berechnung bestimmter Wert deutlich über den erwarteten 49,05 N. Dies erklären wir uns einerseits durch die groben Abschätzungen die zur Bestimmung der verschiedenen Längen genutzt wurden, aber andererseits auch durch die ungenaue Messmethode zur Bestimmung der Thermospannung. Wie man sieht weichen bereits unsere beiden subjektiv gemessenen Werte deutlich voneinander ab. Durch den Versuch konnte die Stärke des Thermostroms zwar sehr anschaulich demonstriert werden, für ein aussagekräftiges Ergebnis war die Methode jedoch nicht geeignet.

⁶ Quelle: Meschede, Dieter(Hrsg.): Gerthsen Physik, 23. Auflage, Würzburg 2006, S. 233.