

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 fünf vorgesehene Bohrungen, nicht zu nahe an der Heizung und nicht zu nahe an der Kühlung, werden gleichzeitig die Fühlspitzen von Thermoelementen gesteckt, deren Thermospannung mit einem PC abgelesen werden kann. 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 12V. Man misst bei Temperaturdifferenzen von 8 - 10K bei Kupfer und etwa 30K bei Stahl. Temperaturgleichgewicht stellt sich erst nach längerer Zeit ein. Es ist sinnvoll, den zeitlichen Verlauf der Temperaturen auf dem Monitor zu beobachten, um zu entscheiden, wann „Gleichgewicht“ erreicht ist. Im Übrigen ist es 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 zwei Thermoelementen gemessen. Der maximale Strom durch den Peltierblock beträgt etwa 20A.

Anm.: Der Temperaturlogger TC08 mit acht Eingängen erlaubt die parallele Messung beider Versuchsteile.

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

Tragen Sie die daraus berechneten Leistungsziffern $\epsilon = Q/P$ (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);

Temperaturlogger TC08 zur PC-Auslese mit Picolog-Software

NiCr-Ni-Thermoelemente dazu,

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

Millivoltmeter für die Messung der Thermospannungen;

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