

Versuch 2.11

Praktische Einführung in die Thermoelektrik

Hinweise zur Vorbereitung:

Sie sollten vor der Versuchsdurchführung, die im Anhang genannte Literatur genutzt haben, um folgende Begriffe erklären zu können:

- *Thermoelektrische Effekte: Seebeck-Effekt, Peltier-Effekt, Thompson-Effekt*
- *Wärmeleitung im Festkörper: Phonischer und Elektronischer Anteil*
- *Gütefaktor Z von Thermoelektrika*
- *Temperaturmessung mittels Pt-Widerstände und Thermopaaren*
- *Aufbau und Funktionsweise von Peltierelementen, Verwendete Materialien*
- *Harman-Methode*

Außerdem sollten Sie in groben Zügen die Funktionsweise des verwendeten Z-Meters beschreiben können, inklusive Leistungsbilanz eines Peltierelements im statischen Betrieb.

Desweiteren ist es für die Durchführung des Versuchsteils mit dem Z-Meter notwendig die geometrischen Abmessungen innerhalb der verwendeten Peltierelemente zu bestimmen. Bereiten Sie deswegen Aufgabe A für den Versuchstag schriftlich vor.

A. Schriftliche Vorbereitung:

Bestimmen Sie anhand von REM-Bildern, die Flächenabmessungen und Höhe eines Peltierschenkel-Quaders. Ermitteln Sie die Dicke der Keramikplatten und die Flächenabmessungen des Peltierelements aus den zugehörigen Datenblättern. Recherchieren Sie die spezifische Leitfähigkeit von Kupfer. Sie benötigen diese Werte für die Durchführung von Teil 1.

B. Aufgabenstellung

Teil 1: Das Z-Meter:

Das Z-Meter ist ein Instrument, um die Güte von Peltierelementen schnell zu ermitteln. Bei genauer Kenntnis der Programmabläufe und der verwendeten Materialkonstanten lassen sich auch Z-Werte für nicht kommerzielle Peltierelemente bestimmen, insofern das Objekt aus mindestens einem Peltierschenkel besteht.

Aus Ihren Messungen sollen Sie unter anderem die Seebeck-Koeffizienten, thermische Leitfähigkeiten und Gütefaktoren der verwendeten Peltierelemente bestimmen.

Untersuchen Sie die vier zur Verfügung gestellten Peltierelemente mit dem Z-Meter. Tragen Sie hierzu zuerst jedes der vier Peltierelemente mittels TEC-Editor im Programm ein.

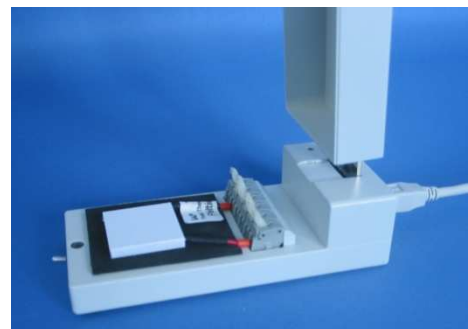


Abbildung 1: Z-Meter (messbereit)

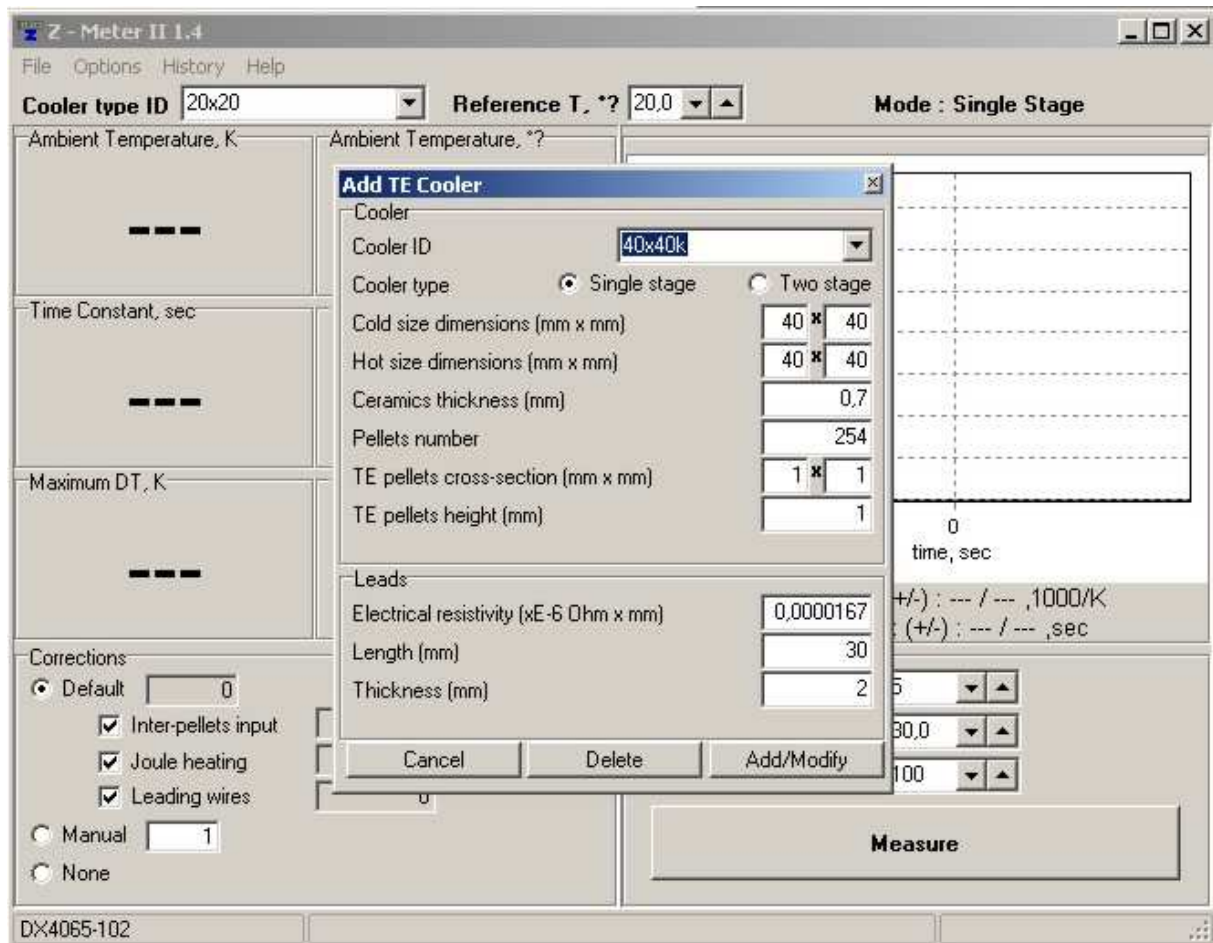


Abbildung 2: Eingabefenster des TEC-Editors

Benutzen Sie hierzu die Daten, die Sie aus REM-Bildern und Datenblättern ermitteln konnten. Diese Daten benötigen Sie zur Angabe des richtigen Korrekturfaktors, um z.B. den ohmschen Widerstand der Zuleitungen aus den gemessenen Werten herauszurechnen.

Setzen Sie für den Leitwert der Zuleitungen 0,0000167 ein, und vergleichen Sie diesen Wert in Ihrer schriftlichen Auswertung mit dem Literaturwert für Kupfer. Gehen Sie auf mögliche Gründe für eine Abweichung in Ihrer Auswertung ein.

Führen Sie nun die Messungen durch.

Stellen Sie im TEC-Feld den Namen des von Ihnen angelegten entsprechende Peltierelements ein.

Messen Sie jedes Element jeweils bei einem Strom von 25 mA und von 50 mA mindestens zweimal (Messzeit 30 sec, time-step 100ms), so dass Sie davon ausgehen können, dass die Messungen reproduzierbar sind.

Führen Sie diese Messreihe ohne Angabe eines Korrekturfaktors (Einstellung NONE) durch. Wiederholen Sie die Messreihe mit Korrekturfaktor (Einstellung DEFAULT).

Alle ermittelten Messwerte des linken Ausgabefensters und die Korrekturfaktoren werden in die History aufgenommen. Diese können Sie dann im txt-Format (Syntax bitte: Datum-Initialen, z.B. 100413-MW.txt) speichern und zuhause auswerten.

Teil 2:

Untersuchen Sie die vier Peltier-Elemente mit der unten gezeigten Apparatur.

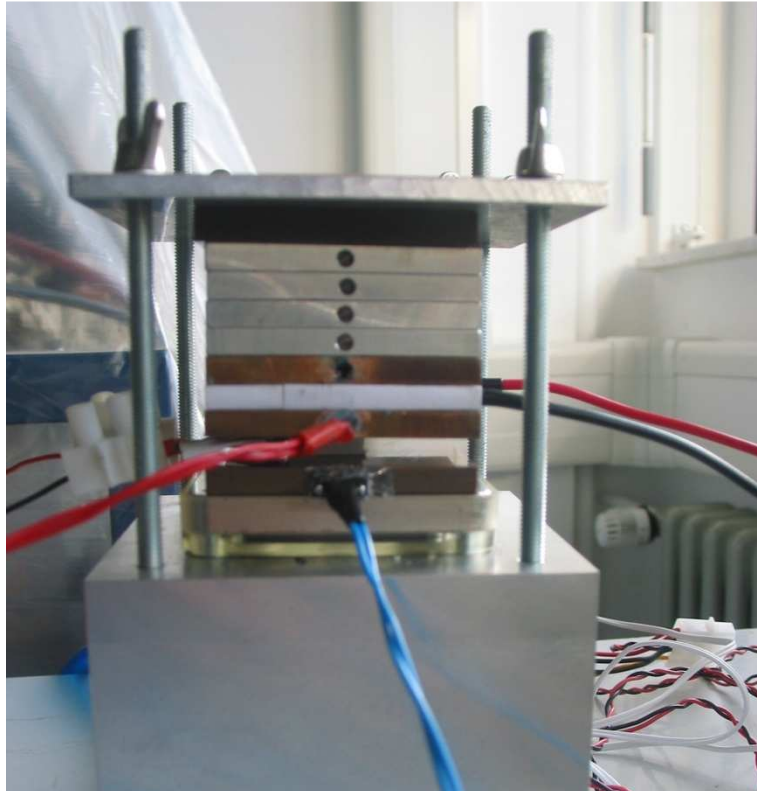


Abbildung 3: Temperaturblock zur Messung von Peltierelementen

Vergewissern Sie sich, dass die Wasserkühlung läuft und die Metallplatten und Peltierelemente durch die Deckplatte gut festgeklemmt sind.

Verkabeln Sie den Aufbau richtig und lassen Sie ihn vom Betreuer überprüfen. Verwenden Sie die gegebenen Messleitungen um die Platinmessfühler mit dem Multimeter zu verkabeln. Beachten Sie, dass ein großes (5cm x 5cm) Peltierelement hier als Heizung betrieben wird (Polung beachten!) und deswegen nicht zu lange bei zu hoher Spannung eingesetzt werden darf. Verwenden Sie als Heizspannung maximal 5V!

Bestimmen Sie die Thermospannung und die Widerstände der Temperatursensoren mittels Multimeter. Benutzen Sie den Temperaturwiderstand der Heissseite als Richtgröße zur Protokollierung. Die Abstände der einzelnen Messpunkte sollten in Einheiten des Temperatursensors mindestens drei Ohm zueinander haben.

Protokollieren Sie die Widerstände und die Thermospannung, sobald sich die Seebeckspannung am untersuchten Peltierelement stabilisiert hat.

Sie können dies erreichen indem Sie den Heizstrom langsam zurückdrehen.

Nehmen Sie 4-5 Temperaturdifferenzen mit zugehöriger Spannung am Peltier auf.

Berechnen Sie in Ihrer Auswertung aus den Messwerten, die jeweiligen Temperaturen und bestimmen Sie aus Ihren Messreihen den Seebeck-Koeffizienten des jeweiligen Elementes.

C. Schriftliche Auswertung:

Die Auswertung sollte die theoretischen Grundlagen deutlich und in notwendiger Ausführlichkeit beinhalten. Gehen Sie speziell auf die thermoelektrischen Effekte und den Gütefaktor Z ein!

Beschreiben Sie Ihre Vorgehensweise bei der Durchführung der Messung, die Temperatursensoren, Proben und geben Sie eine kurze Erklärung zu den unterschiedlichen verwendeten Methoden!

Wie sieht die Wärmebilanz bei der Seebeck-Messung am Element aus – erläutern Sie diese ähnlich wie in der Anleitung zum Z -Meter!

Teil 1:

Werten Sie die Z -Meter Messungen tabellarisch aus und nehmen Sie eine Reihung der Peltierelemente nach Z vor. Vergleichen Sie die Messungen, mit und ohne Korrekturfaktoren.

In welche Richtung weichen die Messwerte von den unkorrigierten ab und warum?

Vergleichen Sie in jeder Messreihe die Elemente untereinander.

Welche Einfluss hat die Größe (bzw. Anzahl der Peltierschenkel) auf Z , R und S (korrigiert und unkorrigiert) und wieso?

Welchen Einfluss hat der Messstrom auf die Messung?

Teil 2:

Ihre Auswertung sollte das R von T - Diagramm für den PT100 von 0 bis 500°C enthalten. Ebenso ist ein „ U_{Seebeck} zu ΔT “ - Diagramm für jedes Element anzufertigen.

Bestimmen Sie hieraus den jeweiligen Seebeck-Koeffizienten der Elemente.

Ermitteln Sie mit Hilfe der Z -Meter Messungen für jedes Element eine thermische Leitfähigkeit! Wie würden Sie diese noch messen wollen?

Diskutieren Sie die Ergebnisse.

D. Literaturstellen zu diesem Versuch (teilweise beim Betreuer verfügbar):

[Ro95] - D. M. Rowe - CRC Handbook of Thermoelectrics, CRC Press 1994

[Ro05] - D.M. Rowe - CRC Thermoelectric Handbook – Macro to Nano, CRC Press 2005

[Gro] - Gromov et. al. – Z -Meter : Easy to use application and theory

[Gro03] - Gromov – User Manual Z -Meter DX4065, 2003

[Hae96] - Horst Hänsel, Werner Neumann: Physik– Moleküle und Festkörper, Spektrum Verlag

[Har59] - T.C. Harman – Special Techniques for Measurement of Thermoelectric Properties – 1959

[He06] - Heinz Herwig, Andreas Moschallski – Wärmeübertragung, Vieweg 2006

[Kit] - Charles Kittel – Festkörperphysik, Oldenbourg Verlag