

V204 - Wärmeleitung von Metallen

Jan Herdieckerhoff
jan.herdieckerhoff@tu-dortmund.de

Karina Overhoff
karina.overhoff@tu-dortmund.de

Durchführung: 08.01.2018, Abgabe: 15.01.2018

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Ziel	3
2	Theorie	3
3	Durchführung	4
3.1	Versuchsaufbau	4
3.2	Statische Methode	4
3.3	Dynamische Methode für Messing und Aluminium	5
3.4	Dynamische Methode für Edelstahl	5
4	Auswertung	5
5	Diskussion	5

1 Ziel

Bei diesem Versuch soll die Wärmeleitung von Aluminium, Messing und Edelstahl untersucht werden.

2 Theorie

In einem Körper, der sich in einem Temperaturungleichgewicht befindet, kommt es zu einem Wärmetransport entlang des Temperaturgefälles. Dies kann z.B. durch Wärmeleitung geschehen. In festen Körpern erfolgt der Wärmetransport über Phononen und frei bewegliche Elektronen. In Metallen ist der Gitterbeitrag (Phononen) zu vernachlässigen. Ist das eine Ende eines Stabes wärmer als das andere, durchfließt die Wärmemenge dQ die Querschnittsfläche A in der Zeit dt . Es gilt:

$$dQ = -\kappa A \frac{\partial T}{\partial x} dt, \quad (1)$$

wobei ρ die Dichte und c die spezifische Wärme ist. κ ist die Wärmeleitfähigkeit. Für die Wärmestromdichte j_ω gilt:

$$j_\omega = -\kappa \frac{\partial T}{\partial x}. \quad (2)$$

Mit Hilfe der Kontinuitätsgleichung kann hieraus die eindimensionale Wärmeleitungsgleichung aufgestellt werden:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\kappa}{c} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}. \quad (3)$$

Dabei ist $\frac{\kappa}{\rho c}$ die Temperaturleitfähigkeit. Sie gibt die Schnelligkeit an, mit der sich ein Temperaturunterschied ausgleicht. Die Lösung der Wärmeleitungsgleichung hängt von der Geometrie des Stabes und den Anfangsbedingungen ab.

Wird ein Stab abwechselnd erwärmt und abgekühlt, breitet sich wegen der periodischen Temperaturwechsel eine räumliche und zeitliche Temperaturwelle aus. Diese wird folgendermaßen beschrieben:

$$T(x, t) = T_{max} e^{-\sqrt{\frac{\omega \rho c}{2\kappa}} x} \cos(\omega t - \sqrt{\frac{\omega \rho c}{2\kappa}} x). \quad (4)$$

Die Phasengeschwindigkeit v der Welle ist

$$v = \frac{\omega}{k} = \sqrt{\frac{2\kappa\omega}{\rho c}}. \quad (5)$$

Für die Wärmeleitfähigkeit ergibt sich nach einigen kleinen Umformungen:

$$\kappa = \frac{\rho c (\Delta x)^2}{2\Delta t \ln(A_{nah}/A_{fern})}. \quad (6)$$

Dabei sind A_{nah} und A_{fern} die Amplituden an verschiedenen Stellen x_{nah} und x_{fern} . Δx ist der Abstand zwischen diesen beiden Messstellen und Δt die Phasendifferenz der Temperaturwelle zwischen beiden Messstellen.

3 Durchführung

3.1 Versuchsaufbau

Das Experiment zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit ist in Abb. 1 dargestellt. Auf einer Grundplatte liegen vier Proben aus drei verschiedenen Materialien. Die vier Stäbe werden von einem Peltierelement geheizt und gekühlt. Ein Peltierelement besteht aus Halbleitern und basiert auf dem Peltier-Effekt. Es erzeugt bei Stromdurchfluss eine Temperaturdifferenz. Die Temperaturen werden an zwei Stellen an jedem Stab mit Thermoelementen gemessen und an einen Datenlogger weitergegeben.

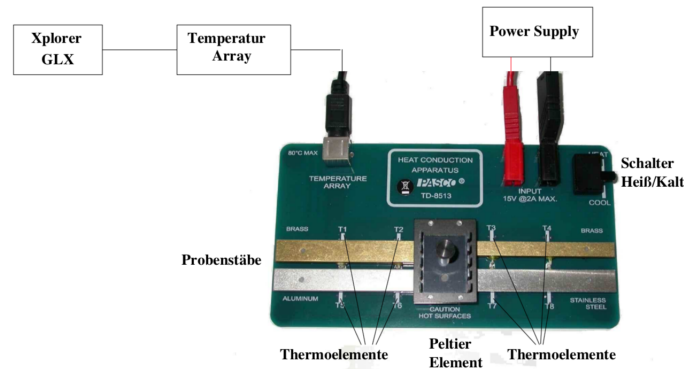


Abbildung 1: Versuchsaufbau.

Zwischen den Messungen werden die Stäbe wieder auf unter 30 °C abgekühlt

3.2 Statische Methode

Zunächst wird der zeitliche Verlauf der Temperatur der Stäbe mit der statischen Methode untersucht. Dafür werden die Stäbe 700 s lang erhitzt. Dabei werden jeweils Werte im Abstand von 5 s aufgenommen. Der Verlauf für die Thermoelemente T_1 , T_4 , T_5 und T_8 wird graphisch dargestellt und ausgedruckt. Dies sind die fernen Thermoelemente. Die Verläufe der Differenzen der Thermoelemente des Edelstahlstabes $\Delta T = T_7 - T_8$ und der des breiten Messingstabes $\Delta T = T_2 - T_1$ werden ebenfalls graphisch dargestellt und ausgedruckt. Außerdem werden 5 Temperaturen in einem Abstand von 140 s für die vier fernen Thermoelemente gemessen. Die jeweiligen Abstände der nahen und der fernen Thermoelemente werden gemessen.

3.3 Dynamische Methode für Messing und Aluminium

Die Stäbe werden nun periodisch erhitzt bzw. gekühlt. Die Werte werden in einem Abstand von 2 s aufgenommen. Eine Periode beträgt 80 s. Es werden 10 Perioden gemessen. Die Temperaturverläufe für Messing (Thermoelemente T_1 und T_2) und für Aluminium (Thermoelemente T_5 und T_6) werden graphisch dargestellt und ausgedruckt.

3.4 Dynamische Methode für Edelstahl

Eine Periode beträgt 200 s. Es werden 11,5 Perioden gemessen. Die Temperaturverläufe des Edelstahlstabes (Thermoelemente $T7$ und $T8$) werden graphisch dargestellt und ausgedruckt.

4 Auswertung

5 Diskussion