

Versuch V204: Wärmeleitung von Metallen

Martin Bieker
Julian Surmann

Durchgeführt am 31.10.2013
Tu Dortmund

1 Einleitung

Im folgenden Versuch geht es um die Untersuchung von Wärmeleitung. Unter Wärmeleitung versteht man den Fluss von Wärme in Richtung geringerer Temperatur. Es wird die Wärmeleitung von mehreren Metallen untersucht.

2 Theorie

Für die Untersuchung des Wärmetransportes in Metallen wird hier nur die Wärmeleitung betrachtet, Konvektion und Wärmestrahlung sind vernachlässigbar. Die Wärmemenge, die in einer Zeit dt durch die Querschnittsfläche A des zu untersuchenden Stabes fließt, ist gegeben durch:

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

Die Wärmestromdichte j_w ist dann gegeben mit

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

Aus Formel (2) und der Kontinuitätsbedingung lässt sich eine eindimensionale Wärmeleitungsgleichung herleiten:

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

Diese Gleichung gibt die zeitliche und räumliche Entwicklung der Temperaturverteilung an. c steht hier für die spezifische Wärme des Metalles, ρ für dessen Dichte. $\sigma_T = \frac{\kappa}{\rho c}$ steht damit für die Temperaturleitfähigkeit des Materials. Die Temperaturleitfähigkeit ist ein Maß für Geschwindigkeit, mit der Temperaturdifferenzen neutralisiert werden. Im zweiten Versuchsteil soll das Ende verschiedener Metallstäbe periodisch erwärmt und gekühlt werden. Dabei entsteht eine räumliche und zeitliche Temperaturwelle. Diese hat die Form

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

Die Phasengeschwindigkeit der Welle ist gegeben mit

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

Mithilfe der Dämpfung, die aus dem Verhältnis $\frac{A_{nah}}{A_{fern}}$ folgt, und der Ausdrücke $w = \frac{2\pi}{T^*}$ (T^* steht für die Periodendauer, nicht für eine Temperatur) und $\Phi = 2\pi \frac{\Delta t}{T^*}$ folgt für die Wärmeleitfähigkeit

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

Hierbei beschreibt Δx den Abstand zwischen den beiden Temperaturmessstellen und Δt die Phasendifferenz der Wärmewelle zwischen den beiden Messstellen.

3 Aufbau und Durchführung

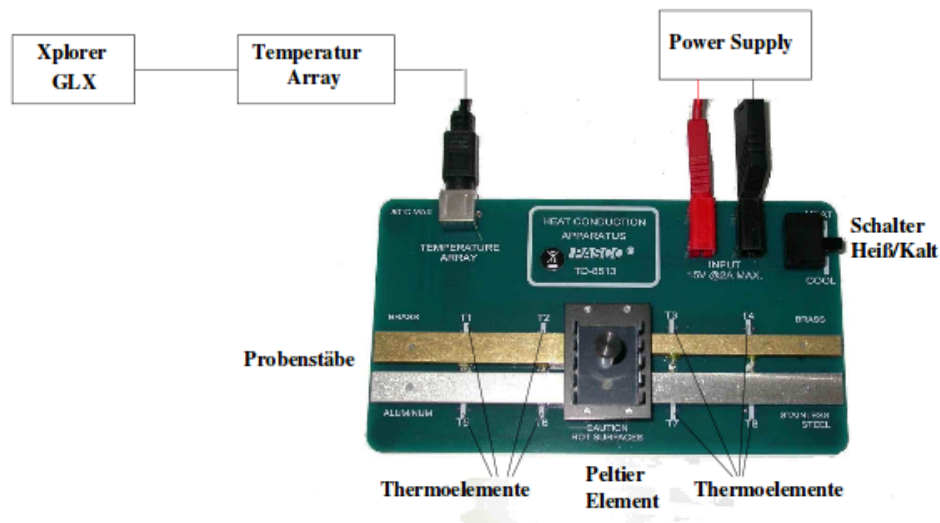


Abbildung 1: Skizze zum Versuchsaufbau

Zur Messung der Temperaturen der Metallstäbe ist ein Versuchsaufbau auf einer Grundplatte befestigt. Auf dieser Grundplatte sind vier Metallstäbe angebracht, an denen je zwei Thermoelemente in einem festgelegten Abstand befestigt sind. Ein Peltier-Element kann über seine Unterseite das eine Ende der Metallstäbe simultan erhitzen oder kühlen. Über ein Labornetzteil wird das Peltierelement mit Spannung versorgt, durch die Möglichkeit einer Umpolung kann das Peltier-Element entweder kühlen oder heizen. Die Temperaturen an den acht Thermoelementen werden von einem sogenannten Temperaturarray ausgelesen und per Datenkabel an einen Xplorer

GLX¹ gesendet. In Absprache mit der Versuchsleitung wird zum Heizen der Metallstäbe eine Spannung von 8V angelegt und zur Kühlung eine Spannung von 5V. Aufgrund der geringen Effizienz des Peltierelementes würde dieses beim Kühlen warm werden und so die Kühlwirkung verschlechtern.

3.1 Eigenschaften der Metallstäbe

Über die vier Metallstäbe sind viele Eigenschaften bekannt. Sie werden in der folgenden Tabelle dargestellt:

Stoff	Abmessungen [cm]	ρ $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	c $\left[\frac{J}{Kg \cdot K}\right]$	$\kappa_{Literatur}$
Messing (schmal)	9*0.7*0.4	8520	385	???
Messing (breit)	9*1.2*0.4	8520	385	???
Aluminium (breit)	9*1.2*0.4	2800	830	???
Edelstahl (breit)	9*1.2*0.4	8000	400	???

Tabelle 1: Eigenschaften der Metallstäbe

3.2 Statische Methode

In diesem Versuchsteil soll die Wärmeleitfähigkeit der verschiedenen Metalle ermittelt werden. Dazu werden die Metallstäbe dauerhaft erwärmt, bis der Edelstahl an Messpunkt T7 eine Temperatur von 45°C besitzt. Alle fünf Sekunden werden die Temperaturen gemessen und in Abhängigkeit von der Zeit gespeichert. Zur Bestimmung des Metalles mit der besten Wärmeleitung werden die erreichten Temperaturen nach 700 Sekunden notiert. Nach erfolgreicher Messung werden die Metallstäbe aktiv gekühlt, bis sie eine Temperatur erreichen, die unter 30°C liegt.

3.3 Dynamische Methode

Die dynamische Methode beruht auf dem Angström-Messverfahren. Bei diesem Messverfahren werden die Metallstäbe periodisch erwärmt und gekühlt. Dadurch bildet sich eine Temperaturwelle, die sich durch den Metallstab ausbreitet. In den dynamischen Messungen werden die Temperaturen alle zwei Sekunden erfasst. Es werden zwei Messreihen durchgeführt, die sich durch verschiedene Periodendauern unterscheiden. Es wird eine Messung

¹Kleincomputer zur Datenerfassung und Auswertung mit Druckfunktion für Tabellen und Graphen

mit einer Periodendauer von 80 sek und eine Messung mit einer Periodendauer von 200 sek durchgeführt. Zwischen den beiden Messreihen werden die Metallstäbe ausreichend gekühlt.

4 Auswertung

4.1 Statische Methode

Bei der ersten Messung wurden die Stäbe mit dem Peltierelement (Spannung 5V) erhitzt und die Temperaturen an fernen Thermoelementen (T_1, T_4, T_5, T_8) gemessen. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen diese Temperaturverläufe graphisch. Desweiteren ist zu erkennen, dass die Temperaturen nach 700s folgende Werte habe.

- Messing $T_1 = 42.85^\circ C$
- Messing $T_4 = 40.69^\circ C$
- Aluminum $T_5 = 44.92^\circ C$
- Edelstahl $T_8 = 33.17^\circ C$

Dieses Ergebnis zeigt qualitativ, dass Aluminum unter den untersuchten Materialien die höchste Wärmeleitfähigkeit besitzt.

4.2 Dynamische Methode

Bei der ersten Dynamischen wurden der breite Messingstab und der Aluminiumstab mit einer Periodendauer von 80 Sekunden abwechselnd gekühlt und erhitzt. Abbildung 4 zeigt den Temperaturverlauf für Messing und Abbildung 4 den des Aluminiums.

5 Diskussion

Hier kommt die Diskussion hin.

6 Literatur- und Abbildungsverzeichnis

Hier befindet sich das Literatur- und Abbildungsverzeichnis.

7 Anhang

Hier stehen die im Anhang angefügten Dokumente.

Abbildung 2: Temperaturverläufe von zwei Messingstäben

Abbildung 3: Temperaturverläufe von zwei Messingstäben

Abbildung 4: Temperaturverlauf des Messingstabes

Abbildung 5: Dynamsiche Messung Aluminium