

Versuch 353

Das Relaxationsverhalten eines RC-Kreises

Nico Schaffrath
nico.schaffrath@tu-dortmund.de

Mira Arndt
mira.arndt@tu-dortmund.de

Durchführung: 3.12.2019

Abgabe: 10.12.2019

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Ziel	3
2	Theorie	3
3	Durchführung	5
4	Auswertung	5
5	Diskussion	10
6	Anhang	10
	Literatur	11

1 Ziel

In dem Versuch soll die Wärmeleitfähigkeit von Aluminium, Messing und Edelstahl untersucht werden und anschließend sollen die jeweiligen spezifischen Wärmeleitfähigkeiten bestimmt werden.

2 Theorie

Wenn sich die Temperatur innerhalb eines Körpers nicht in einem Gleichgewichtszustand befindet, trifft ein Wärmetransport in Form von mindestens einer der drei Möglichkeiten Konvektion, Wärmestrahlung und Wärmeleitung auf. Wird ein Stab, mit Länge L , dem Querschnitt A , der Dichte ρ und der spezifischen Wärme c so erhitzt, dass er zum Beispiel an einem Ende wärmer ist, als am anderen, so fließt innerhalb der Zeit dt die Wärmemenge

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

durch die Querschnittsfläche A . Das Minuszeichen kommt daher, dass Wärme immer vom warmen ins kalte Reservoir fließt. Der Buchstabe κ bezeichnet die gesuchte Wärmeleitfähigkeit, welche materialabhängig ist. In dem vorliegenden eindimensionalen Fall lässt sich die Wärmestromdichte j als

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

definieren. Weiterhin lässt sich die Wärme innerhalb eines Körpers über [sample2]

$$Q = mcT \quad (3)$$

berechnen. Werden nun die Gleichungen 2 und 3 in die Kontinuitätsgleichung

$$\frac{\partial Q}{\partial V} + \nabla \cdot \vec{j} = 0 \quad (4)$$

eingesetzt (V steht für das Volumen), so ergibt sich die eindimensionale Wärmeleitungsgleichung

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\kappa}{\rho c} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}. \quad (5)$$

Mithilfe dieser Gleichung lässt sich die räumliche und zeitliche Temperaturentwicklung in dem zu untersuchenden Körper beschreiben. Die Lösung ist abhängig von Anfangsbedingungen und der Stabgeometrie. Weiterhin wird die Temperaturleitfähigkeit, ein Maß zur Angabe, wie schnell ein Temperatúrausgleich zustande kommt, als

$$\sigma_T = \frac{\kappa}{\rho c} \quad (6)$$

definiert. Wird ein Stab über die Periode T abwechselnd erhitzt und abgekühlt, ergibt sich die allgemeine Lösung

$$T(x, t) = T_{max} e^{-\sqrt{\frac{\rho\omega c}{2\kappa}} x} \cos \left(\omega t - \sqrt{\frac{\omega\rho c}{2\kappa}} x \right). \quad (7)$$

Diese Lösung entspricht einer Temperaturwelle, mit Amplitude T_{max} , welche sich mit der Phasengeschwindigkeit

$$v = \frac{\omega}{k} = \sqrt{\frac{2\kappa\omega}{\rho c}} \quad (8)$$

in dem Stab ausbreitet. Die Dämpfung dieser Welle lässt sich über das Verhältnis der Amplituden A_1 und A_2 an den Stellen x_1 und x_2 bestimmen. Werden zusätzlich $\omega = \frac{2\pi}{T^*}$ (T^* gibt die Periodendauer der Wärmewelle an) und $\Phi = \frac{2\pi\Delta t}{T^*}$ verwendet, lässt die die Wärmeleitfähigkeit κ über

$$\kappa = \frac{\rho c (\Delta x)^2}{2\Delta t \ln \frac{A_1}{A_2}} \quad (9)$$

errechnet werden. Hierbei gilt

$$\begin{aligned} \Delta x &= x_2 - x_1 \\ \Delta t &= t_2 - t_1. \end{aligned}$$

3 Durchführung

4 Auswertung

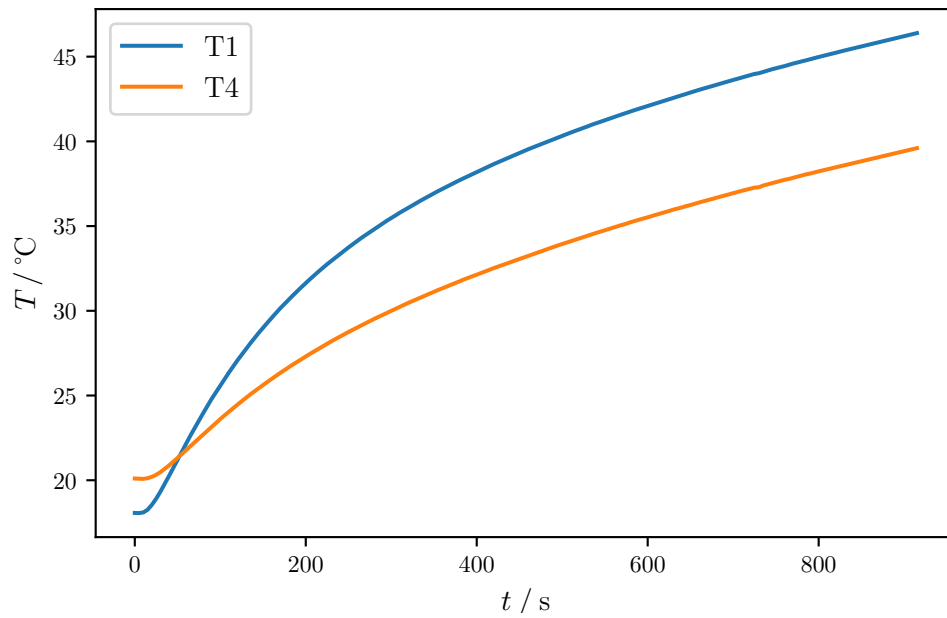


Abbildung 1: Zeitlicher Temperaturverlauf des breiten und dünnen Messingstabes bei der statischen Methode

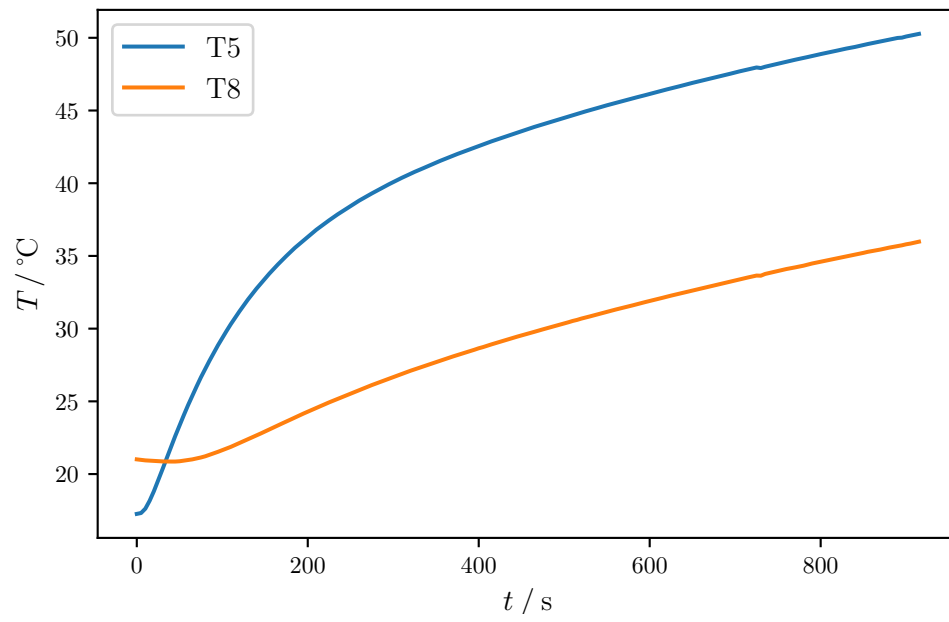


Abbildung 2: Zeitlicher Temperaturverlauf des Aluminium- und Edelstahlstabes bei der statischen Methode

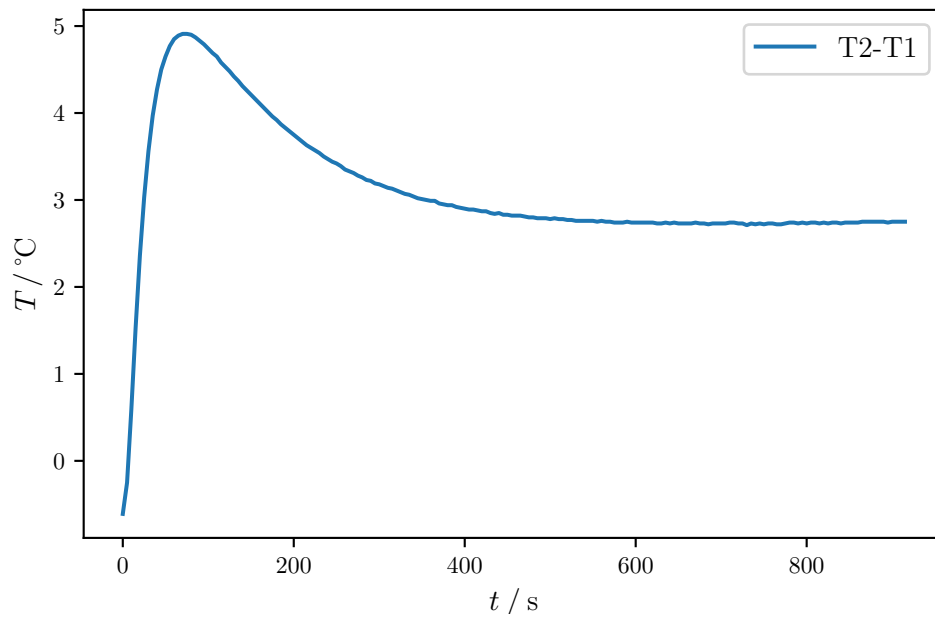


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der Temperaturdifferenz zwischen T1 und T2 am Messingstab bei der statischen Methode

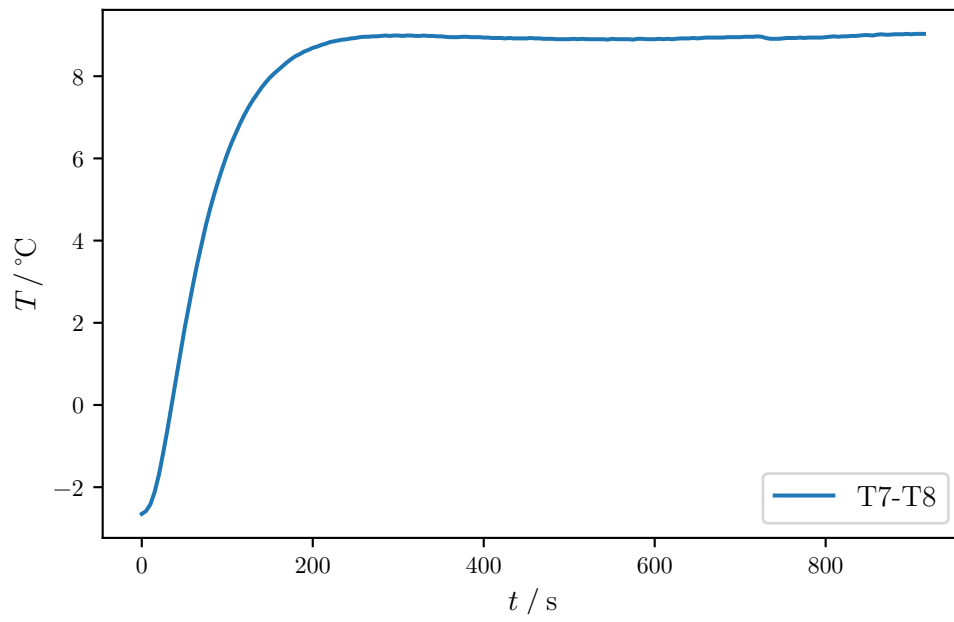


Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf der Temperaturdifferenz zwischen T7 und T8 am Edelstahlstab bei der statischen Methode

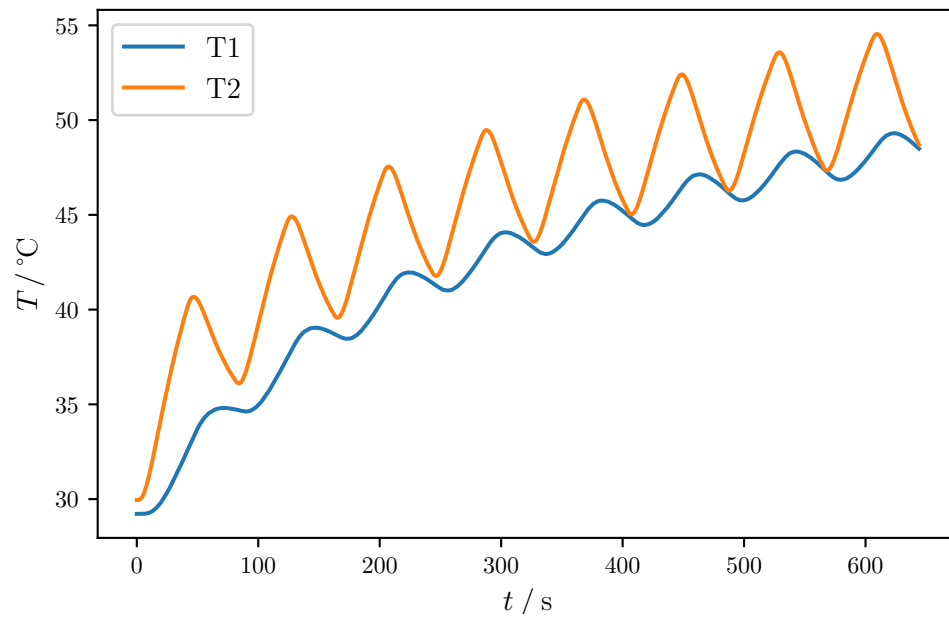


Abbildung 5: Zeitlicher Temperaturverlauf von T1 und T2 am Messingstab bei der dynamischen Methode

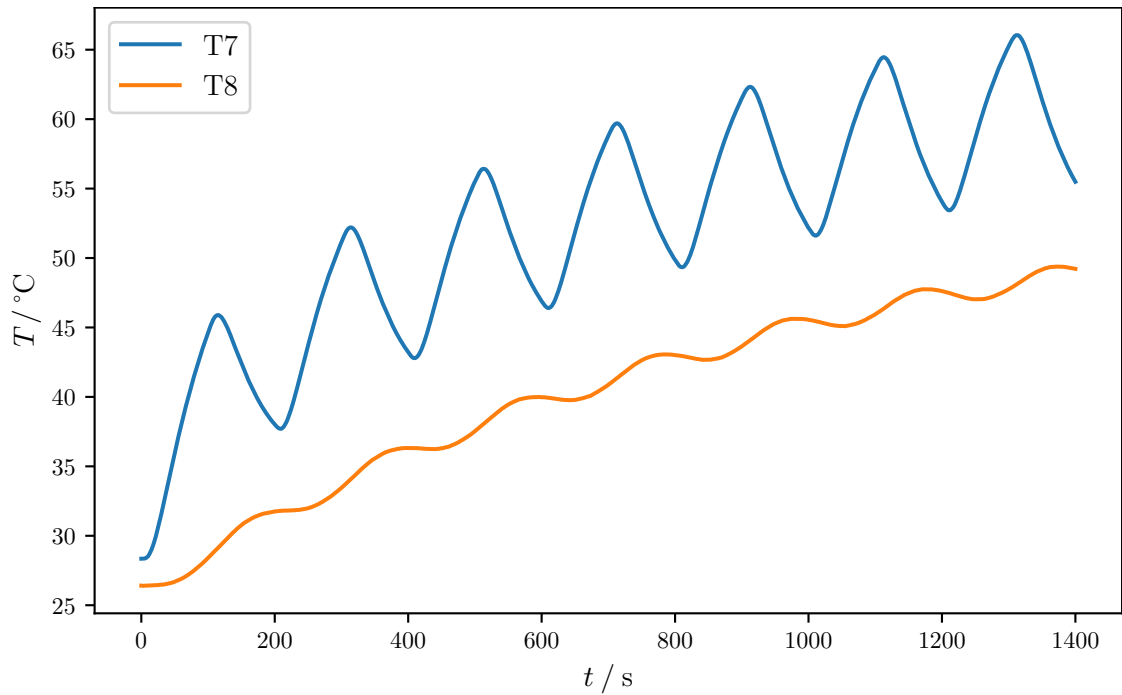


Abbildung 6: Zeitlicher Temperaturverlauf von T7 und T8 am Edelstahlstabes bei der dynamischen Methode

5 Diskussion

6 Anhang

Versuch 204				
Messreihe 1 (statisch)	$U = 4,9 \text{ V}$		Abstand der Thermoelemente $l = 3 \text{ cm}$	
Sekunde $\Delta t = 5 \text{ s}$	$I_A = 0,52 \text{ A}$			
Messreihe 2 (dynamisch)	$U = 8 \text{ V}$		} Fehlerhaft (falsche Periode dau.)	
Sekunde $\Delta t = 1 \text{ s}$	$I_A = 0,78 \text{ A}$			
Messreihe 3 (dynamisch)	$U = 8 \text{ V}$			
Sekunde $\Delta t = 1 \text{ s}$	$I = 0,88 \text{ A}$			
Messreihe 4 (dynamisch)	$U = 8 \text{ V}$			
Sekunde $\Delta t = 1 \text{ s}$	$I = 0,78 \text{ A}$			

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuchsanleitung-Das Relaxationsverhalten eines RC-Kreises*.
- [2] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. Version 1.4.3. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://matplotlib.org/>.
- [3] Eric Jones, Travis E. Oliphant, Pearu Peterson u. a. *SciPy: Open source scientific tools for Python*. Version 0.16.0. URL: <http://www.scipy.org/>.
- [4] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. Version 2.4.6.1. URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>.
- [5] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://www.numpy.org/>.