

W 3 Wärmeleitfähigkeit

1 Aufgabenstellung

Thermische und elektrische Leitfähigkeit dreier Metalle sind zu bestimmen.

- 1.1 Die Abkühlungskurve eines von Luft umgebenen Kupferstabes ist aufzunehmen, seine Temperaturdifferenz zur Umgebung ist als Funktion der Zeit halblogarithmisch darzustellen, die Zeitkonstante τ und die Halbwertszeit des Temperatenausgleichs sind durch lineare Regression zu bestimmen, der Wärmeübergangskoeffizient α ist abzuschätzen.
- 1.2 Die Wärmeleitfähigkeit λ dreier Metalle ist aus der zugeführten elektrischen Heizleistung und dem Temperaturgradienten längs der Metallstäbe bei stationärer Wärmeleitung zu bestimmen.
- 1.3 Die elektrische Leitfähigkeit σ der 3 Metalle ist nach dem Wiedemann-Franz'schen Gesetzes näherungsweise zu berechnen.

2 Literatur

- 2.1 Mende, D.,
Kretschmar, W.,
Wollmann, H. Physik-Praktikum
Verlag Harri Deutsch Thun, Frankfurt/M.
Fachbuchverlag Leipzig
1. Auflage 1987, S. 89 - 94
- 2.2 Kohlrausch, F. Praktische Physik Band 1
B. G. Teubner Stuttgart
23. Auflage 1985, S. 431 - 441
- 2.3 Gerthsen, Ch.,
Kneser, H. O.,
Vogel, H. Physik
Lehrbuch zum Gebrauch neben Vorlesungen
Springer Berlin, Heidelberg, New York
16. Auflage 1989, S. 214 - 219, 307, 741 - 742
- 2.4 Stroppe, H. Physik
Fachbuchverlag Leipzig, Köln
10. Auflage 1994, S. 192 - 196, 232 - 233

3 Hinweise zum Versuch

- 3.0 Die Beheizung der Stäbe erfolgt von innen, indem eine an einem Teflongehäuse montierte, mit Wärmeleitpaste beschichtete Heizpatrone in eine axiale Bohrung am Stabende eingeführt wird.

Beim Umgang mit dem Heizer sind folgende Hinweise unbedingt zu beachten:

- Die Heizpatrone darf nur dann vom Strom durchflossen werden, wenn sie sich **in einer Stabbohrung** befindet und die Stabtemperatur in Heizernähe kontrolliert wird. **Diese darf 80°C nicht übersteigen.**
- Der Heizstrom ist **allmählich** zu erhöhen und **darf 6,5 A nicht übersteigen.**
- Heizpatrone und aufgeheizte Stabteile dürfen nicht berührt werden, **Verbrennungsgefahr!** Heizer nur am Teflongehäuse, Stäbe erforderlichenfalls mit Wärmeschutz-Handschuh anfassen!

- 3.1 Zur Aufnahme der Abkühlungskurve des kurzen Kupferstabes wird dieser mit Hilfe der Heizpatrone, die in die kürzere seiner axialen Bohrungen eingesteckt wird, auf ca. 90°C aufgeheizt. Zur Temperaturmessung wird eine Tauchsonde in die andere axiale Stabbohrung eingeführt. Nach Erreichen der genannten Endtemperatur wird der Heizer abgeschaltet und aus der Bohrung entfernt. Über einen Zeitraum von 40 ... 50 min wird anschließend der Temperatur-Zeit-Verlauf registriert. Der Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten α sind die Tabellenwerte der Dichte $\rho = 8,96 \text{ g/cm}^3$ und der spezifischen Wärmekapazität von Kupfer $c = 0,383 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ zugrunde zu legen.

3.2 Zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit λ werden thermisch isolierte Metallstäbe von 20 mm Durchmesser benutzt, deren eines Ende durch die eingeschobene Heizpatrone beheizt und deren anderes Ende durch einen Kühlkörper auf Raumtemperatur gehalten wird. Der Temperaturgradient längs eines Stabes wird mit Hilfe zweier Temperaturfühler im (zu messenden) Abstand von etwa 200 mm bzw. 70 mm gemessen, die mittels Wärmeleitpaste und Andruckschellen in guten thermischen Kontakt zum Stab zu bringen sind. Zwecks Wechsel der Fühlerabstände sind die Isolierstücke zu vertauschen. Messungen am Kupferstab sind vorzugsweise mit dem größeren, Messungen am Stahlstab mit dem kleineren Fühlerabstand durchzuführen.

Heizstrom bzw. Heizleistung sind, mit kleinen Werten beginnend, so einzuregeln, dass die Differenz ΔT der Fühlertemperaturen über mindestens 10 min konstant bleibt. Die Einstellung dieses stationären Zustands erfordert Sorgfalt und einige Zeit. Erst dann sind die Temperaturen sowie der Spannungsabfall unmittelbar am Heizer und der Heizstrom abzulesen, woraus die Heizleistung und damit der Wärmestrom längs des Stabes bestimmt werden. Die Heizleistung sollte möglichst gering sein, um Überhitzung des Heizers bzw. des heizernahen Stabbereichs über 100°C und allmähliche Aufheizung des Kühlkörpers zu vermeiden.

Nach Untersuchung eines Stabes sind Heizer, Temperatursonden, Befestigungsschellen und Stabisolation (erforderlichenfalls in veränderter Reihenfolge) auf den nächsten Stab umzusetzen. Nach Durchmessung aller 3 Stäbe ist die Messung an mindestens einem Stab bei veränderter Heizleistung (oder auch verändertem Fühlerabstand) zu wiederholen.

3.3 Zur Berechnung der elektrischen Leitfähigkeit nach dem Wiedemann-Franz'schen Gesetz ist die Lorentzzahl $L = 3\left(\frac{k}{e}\right)^2 = 2,23 \cdot 10^{-8} \text{ V}^2/\text{K}^2$ zu benutzen.

4 Zugeordnete Themenkomplexe

Wärmeleitung, Wärmeübergang, Konvektion, Wärmestrahlung
Elektrische Leitungsvorgänge in Festkörpern