

Betriebsanleitung



Abb. 1: Wärmeleit-Meßapparatur

## 1 ZWECK UND BESCHREIBUNG

Die Apparatur dient zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Kupfer und von Aluminium. Sie besteht aus zwei Kalorimetertöpfen, die als Wärmespeicher mit Eiswasser (unten) und siedendem Wasser (oben) gefüllt sind (Abb. 2). Der obere Kalorimetertopf besitzt im Boden einen Wärmeleitanschluß, d.h. eine zylindrische Aussparung zur Aufnahme des zu untersuchenden Wärmeleitstabes.

Die Wärmeleitstäbe bestehen aus massivem Kupfer bzw. Aluminium und sind mit glasklarem Kunststoff ummantelt,

um die seitlichen Wärmeverluste zu vermindern. Zum Einschleiben des Stabes in den Wärmeleitanschluß des oberen Kalorimeters ist ein Stabende etwa 2 cm isolierungsfrei. Zur Messung des Temperaturverlaufs sind längs der Stäbe 10 äquidistante Senkungen angebracht.

Die Wärmeleitstäbe eignen sich auch zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit und damit zur Bestätigung des Wiedemann-Franz'schen Gesetzes (Proportionalität zwischen Wärmeleitfähigkeit und elektrischer Leitfähigkeit bei Metallen). Zum Anschließen von elektrischen Verbindungsleitungen (Stromeinspeisung) befindet sich in jeder der Endflächen eine 4-mm-Bohrung. Zwei weitere seitliche 4-mm-Bohrungen dienen zum Abgreifen des Spannungsabfalls längs des Stabes.

## 2 HANDHABUNG IM EXPERIMENT

### 2.1 Wärmeleitfähigkeit

Die Experimentieranordnung zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit wird nach Abb. 2 unter Verwendung der Geräteliste aufgebaut. Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

- Sorgen Sie für guten Wärmekontakt zwischen dem oberen Topf und der Stirnfläche des Wärmeleitstabes durch Verwendung von Wärmeleitpaste.
- Geben Sie immer in den unteren Kalorimetertopf Eiswasser, während Sie das Wasser im oberen Topf mit dem Tauchsieder zum Sieden bringen. (In der im Abschnitt 5 zitierten Literatur 01141.51 ist noch ein Aufbau mit Brenner beschrieben, bei dem der untere Topf erhitzt werden mußte. Durch den längs des Wärmeleitstabes aufsteigenden heißen Dampf wird das Meßergebnis beeinträchtigt.)
- Sorgen Sie dafür, daß das Eiswasser im unteren Topf ständig gerührt wird (Magnetrührer).



Abb. 2: Komplette Meßanordnung zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Cu und Al

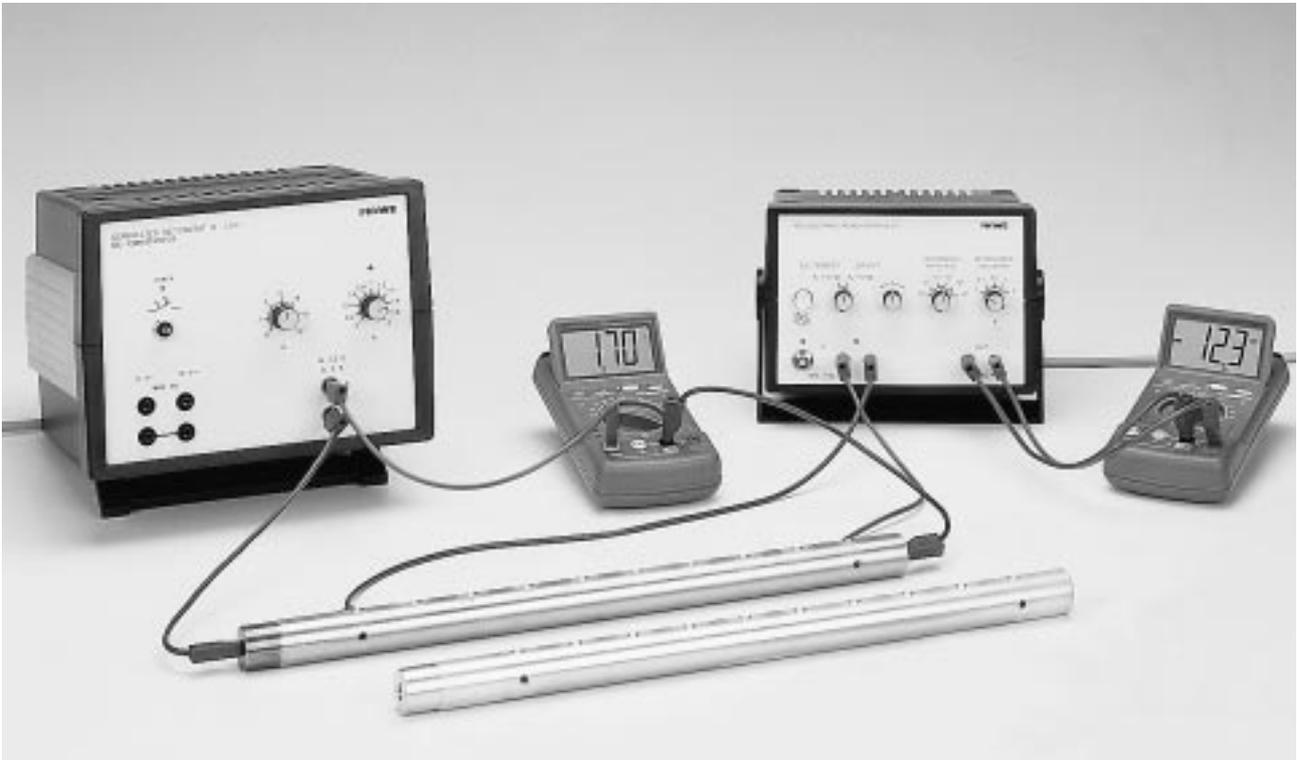


Abb. 3: Meßanordnung zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Cu und Al

- Warten Sie nach dem Einsetzen des Siedens ca. 5 Minuten und messen Sie dann die Temperaturen  $T_1 \dots T_{10}$  an den 10 Meßstellen des Stabes. Tragen Sie die Meßwerte als Funktion der Meßstellennummer auf. Die Meßpunkte sollten annähernd auf einer Geraden liegen. Ist dies nicht der Fall, so war der stationäre Zustand noch nicht erreicht und die Messung muß wiederholt werden.
- Messen Sie den Abstand  $l$  zwischen den beiden äußeren Meßstellen.
- Nehmen Sie die Eisstückchen aus dem unteren Kalorimetertopf. Messen Sie nun unter ständigem Rühren den Temperaturanstieg  $\Delta T$  während eines genau gemessenen Zeitintervalls  $\Delta t$  (z.B. 3 min) im unteren Topf.
- Beenden Sie das Experiment durch Abschalten des Tauchsieders.
- Bestimmen Sie die Masse  $m$  des Wassers im unteren Topf.

Bei allen Temperaturmessungen ist einen guter Wärmekontakt zwischen Meßsensor und Metallstab mit Hilfe von Wärmeleitpaste sicherzustellen. Für die Temperaturmessung können auch Thermoelemente mit den passenden Anzeigegeräten oder, mit etwas geringerer Meßgenauigkeit, Thermometer eingesetzt werden.

## 2.2 Elektrische Leitfähigkeit

Eine Meßanordnung, die geeignet ist, die elektrische Leitfähigkeit der beiden Stäbe zu bestimmen, ist in Abb. 3 wiedergegeben. Man schickt einen möglichst großen Strom  $I$  durch den Stab und mißt den Spannungsabfall zwischen den seitlichen 4-mm-Bohrungen im Abstand  $l$ . Hinweis: Bei 10 A liegt der zu erwartende Spannungsabfall am Kupferstab in der Größenordnung von 100  $\mu\text{V}$ ; daher wird zur Spannungsmessung ein geeigneter Meßverstärker benötigt.

## 3 AUSWERTUNG

- Berechnen Sie aus den Meßwerten den Temperaturgradienten

$$\text{grad}(T) = \frac{T_{10} - T_1}{l}$$

- Berechnen Sie den Energiestrom, der durch den Querschnitt  $A$  des Stabes fließt aus der im Zeitintervall  $\Delta t$  gemessenen Temperaturerhöhung  $\Delta T$  im unteren Kalorimetertopf:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{(c \cdot m + C) \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

Dabei ist  $c$  die spezifische Wärmekapazität des Wassers ( $c = 4,19 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ ) und  $m$  die Masse des Wassers.  $C$  ist die Wärmekapazität des Kalorimeters, die man zweckmäßigerweise separat bestimmt oder bei geringeren Anforderungen an die Genauigkeit vernachlässigen darf.

- Berechnen Sie die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  gemäß

$$\lambda = \frac{\frac{\Delta Q}{\Delta t}}{A \cdot \text{grad}(T)}$$

Die elektrische Leitfähigkeit  $\gamma$  berechnet man aus den Meßwerten  $U$ ,  $I$ , und  $l$  mit Hilfe der Formel

$$\gamma = \frac{l}{A} \cdot \frac{I}{U}$$

#### 4 GERÄTELISTE

Zum Lieferumfang der Wärmeleit-Meßapparatur 04518.01 gehören:

Kalorimetertopf, 500 ml	04401.01
Kalorimetertopf mit Wärmeleitanschluß	04518.10
Wärmeleitstab, Cu	04518.11
Wärmeleitstab, Al	04518.12

Zusätzlich benötigt man für die Anordnung nach Abb. 2:

Dreifuß -PASS-	02002.55
Tischklemme -PASS-	02010.00
Stativstange -PASS-, 4kt, l = 630 mm	02027.55
Stativstange -PASS-, 4kt, l = 1000 mm	02028.55
Universalklemme	(4x) 37715.00
Doppelmuffe -PASS-	(6x) 02040.55
Unterlegklotz 105 mm x 105 mm x 57 mm	02073.00
Becherglas 400 ml, nied. Form	36014.00
Wärmeleitpaste, 50 g	03747.00
Beutel, Gaze	04408.00
Tauchsieder 300W, 220..250 V	05947.93
Temperaturmeßgerät 4-2, Demo	13617.93
Temperatur-Tauchsonde Pt100	11759.01
Temp.-Oberflächenfühler Pt100	(2x) 11759.02
Magnetrührer, mini, regelbar	35712.93
Demo-Stoppuhr, Durchm. 105 mm	03077.00

Für die elektrischen Messungen nach Abb. 3 sind außer den Wärmeleitstäben aus 04518.01 folgende Teile erforderlich:

Stufentrafo 14 VAC/12 VDC, 5 A	13533.93
Schiebewiderstand 10 Ohm 5,7 A	06110.02
Digitalmultimeter	(2x) 07134.00
Meßverstärker, universal	13626.93
Verbindungsltg., 50 cm, rot	(4x) 07361.01
Verbindungsltg., 50 cm, blau	(4x) 07361.04

#### 5 Literaturhinweis

Physik in Demonstrationsversuchen, Ausgabe A/B, Wärme	01141.51
Handbook University Laboratory Experiments in Physics	16502.12