

Thermische Ausdehnung von Festkörpern

Messung mit dem Ausdehnungsapparat

Versuchsziele

- Messung der thermischen Längenausdehnung eines Messingrohres in Abhängigkeit von der Gesamtlänge.
- Messung der thermischen Längenausdehnung von Glas-, Stahl- und Messingrohren und Bestimmung der linearen Ausdehnungskoeffizienten.

Grundlagen

Die Länge s eines Festkörpers hängt mit seiner Temperatur ϑ linear zusammen:

$$s = s_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta) \quad (I)$$

s_0 : Länge bei 0 °C, ϑ : Temperatur in °C

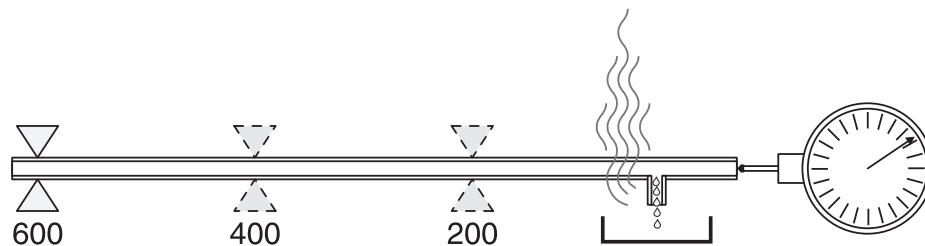
Dabei ist der lineare Ausdehnungskoeffizient α durch das Material des Festkörpers bestimmt. Bei fester Temperaturdifferenz zwischen Raumtemperatur ϑ_1 und Dampftemperatur ϑ_2 ist die Längenänderung Δs in guter Näherung proportional zur Gesamtlänge s_1 bei Raumtemperatur:

$$\Delta s \sim s_1 \quad (II)$$

Genauer gilt

$$\alpha = \frac{\Delta s}{s_1} \cdot \frac{1}{\vartheta_2 - \vartheta_1} \quad (III)$$

Messungen hierzu werden im Versuch an dünnen Rohren durchgeführt, durch die man Wasserdampf strömen läßt. Durch entsprechendes Fixieren der Rohre kann ihre effektive Länge s_1 jeweils auf 200, 400 oder 600 mm festgelegt werden. Zur Messung der Längenänderung steht eine Meßuhr mit einer Skalenteilung von 0,01 mm zur Verfügung.



Geräte

1 Ausdehnungsapparat	381 34
1 Halter für Meßuhr	381 36
1 Meßuhr	361 15
1 Dampfentwickler, 550 W/230 V	303 28
1 Silikonschlauch, i. $\varnothing 7 \times 1,5$ mm, 1 m	667 194
1 Petrischale, 150 \times 25 mm	664 185
1 Thermometer, -10° bis $+110^\circ\text{C}$	382 34

- 20 cm Silikonschlauch abschneiden, kurzes Schlauchstück auf Schlauchwelle (f) schieben und Petrischale zum Auffangen des Kondenswassers unterstellen.
- Mit langem Schlauchstück Verbindung zwischen offenem Ende des Messingrohres und Dampfentwickler herstellen.

Hinweis: Bei unsachgemäßem Gebrauch des Dampfentwicklers besteht Verbrühungsgefahr.

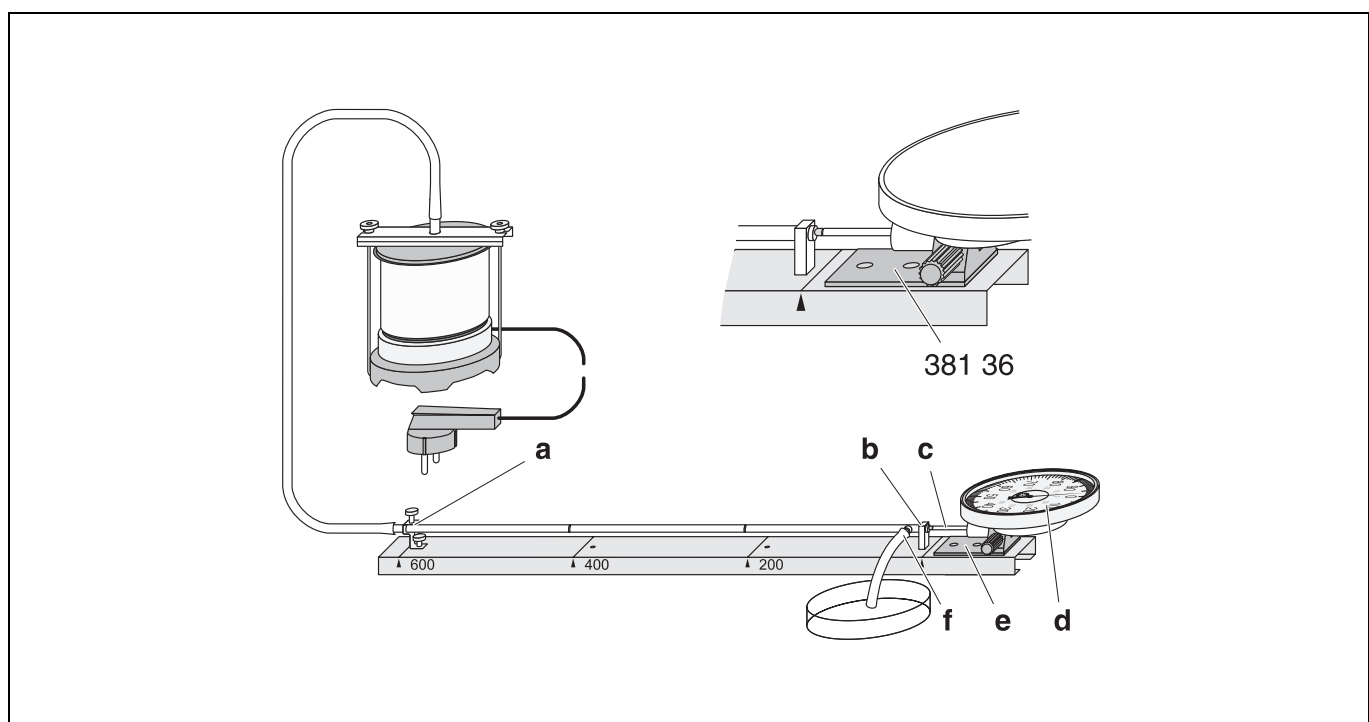
Vor Gebrauch des Dampfentwicklers unbedingt Gebrauchsanweisung zum Dampfentwickler lesen.

Aufbau

Der Versuchsaufbau ist in Fig. 1 dargestellt.

- Halter für Meßuhr (e) anschrauben (siehe Gebrauchsanweisung zum Ausdehnungsapparat) und Meßuhr (d) einklemmen.
- Festlager (a) des Ausdehnungsapparates bei der Markierung 600 befestigen und offenes Ende des Messingrohres in das Festlager einschieben.
- Geschlossenes Ende des Messingrohres so in das Führungslager (b) schieben, daß die Schlauchwelle (f) seitlich nach unten zeigt.
- Messingrohr im Festlager durch Anziehen der Schraube fixieren (die Schraube muß in die Ringnut des Rohres greifen).
- Verlängerungsstück (c) einsetzen (siehe Gebrauchsanweisung zur Meßuhr)
- Raumtemperatur ϑ_1 bestimmen und notieren.
- Nullstellung der Meßuhr ablesen und notieren.
- Wasser bis zu einer Höhe von ca. 2 cm in Dampfentwickler einfüllen, Dampfentwickler verschließen und ans Netz anschließen.
- Maximalen Zeigerausschlag der Meßuhr ablesen und notieren.
- Messingrohr auf Raumtemperatur abkühlen lassen.
- Festlager des Ausdehnungsapparates bei Markierung 400 befestigen und Schraube so anziehen, daß sie in die Ringnut des Rohres greift.
- Neues Wasser in Dampfentwickler füllen, Nullstellung der Meßuhr überprüfen und Messung wiederholen.
- Festlager zur Markierung 200 verschieben und Messung wiederholen.
- Messingrohr gegen Stahlrohr austauschen, dabei Festlager wieder bei Markierung 600 befestigen und Messung wiederholen.
- Messung mit Glasrohr durchführen.

Fig. 1 Versuchsaufbau zur Messung der thermischen Längenausdehnung mit dem Ausdehnungsapparat.



Meßbeispiel

$$\vartheta_1 = 21 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tab. 1: Längenausdehnung Δs zwischen Raumtemperatur ϑ_1 und Dampftemperatur ϑ_2 in Abhängigkeit von der effektiven Länge s_1 und vom Material

Material	$\frac{s_1}{\text{mm}}$	$\frac{\Delta s}{\text{mm}}$
Messing	600	0,86
Messing	400	0,57
Messing	200	0,29
Glas	600	0,15
Stahl	600	0,58

Auswertung und Ergebnis

$$\vartheta_1 = 21 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_2 - \vartheta_1 = 79 \text{ K}$$

a) Längenausdehnung von Messingrohren verschiedener Länge:

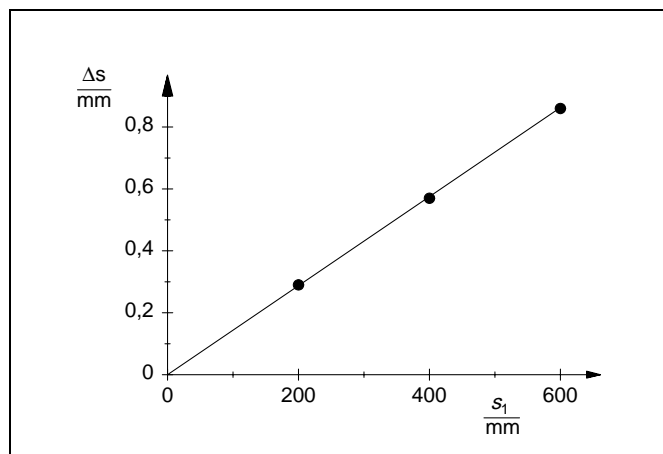


Fig. 2 Thermische Längenänderung Δs eines Messingrohres in Abhängigkeit von der Gesamtlänge s

In Fig. 2 ist die Längenänderung Δs des Messingrohres gegen die effektive Länge s_1 aufgetragen. Da Meßwerte auf der eingezeichneten Ursprungsgeraden liegen, ist die in Gl. (II) dargestellte Proportionalität bestätigt.

b) Längenausdehnung von Rohren aus verschiedenem Material:

Aus den Meßergebnissen der Tab. 1 werden gemäß (III) die linearen Ausdehnungskoeffizienten berechnet. Die Ergebnisse sind zusammen mit Literaturwerten in Tab. 2 aufgeführt.

Tab. 2: linearer Ausdehnungskoeffizient α für verschiedene Materialien

		Messung	Literatur
Material	$\frac{s_1}{\text{mm}}$	$\frac{\alpha}{\text{K}^{-1}}$	$\frac{\alpha}{\text{K}^{-1}}$
Messing	600	$18,1 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$
Stahl	600	$12,2 \cdot 10^{-6}$	$11 \cdot 10^{-6}$
Glas	600	$3,1 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$

