

AUFGABEN

- Messung der thermischen Längenausdehnung je eines Messing-, Stahl- und Glasrohres.
- Bestimmung der linearen Ausdehnungskoeffizienten dieser Materialien und Vergleich mit den Literaturwerten.

ZIEL

Bestimmung der Ausdehnungskoeffizienten von Messing, Stahl und Glas

ZUSAMMENFASSUNG

Werden Festkörper auf höhere Temperaturen gebracht, so dehnen sie sich im Allgemeinen mehr oder weniger stark aus. Im Experiment lässt man heißes Wasser durch dünne Rohre aus Messing, Stahl und Glas fließen. Die Messung der Längenausdehnung erfolgt mit einer Messuhr. Aus der Längeneränderung wird der lineare Ausdehnungskoeffizient für die drei Materialien bestimmt.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Längenausdehnungsapparat D	1002977
1	Bad-/Umwälzthermostat (230 V, 50/60 Hz)	1008654 oder
	Bad-/Umwälzthermostat (115 V, 50/60 Hz)	1008653
1	Messuhr mit Adapter	1012862
2	Silikonschlauch, 6 mm	1002622

HINWEIS

Reicht es, den Längenunterschied zwischen Raum- und Wasserdampftherperatur zu untersuchen, so kann an Stelle eines Bad-/Umwälzthermostats auch ein Dampferzeuger verwendet werden. Die zugehörige Zubehörliste bieten wir unter der Nummer UE2010135 an (siehe Abb. 3).

1

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

In einem Festkörper schwingt jedes Atom um seine Gleichgewichtslage. Die Schwingung ist nicht harmonisch, weil die potentielle Energie stärker ansteigt, wenn sich zwei Atome aus der Gleichgewichtslage nähern, als wenn sie sich voneinander entfernen. Bei höherer Temperatur und somit höherer Schwingungsenergie schwingen die Atome daher so, dass der mittlere Abstand zwischen zwei benachbarten Atomen größer ist als der Gleichgewichtsabstand. Dieser Effekt nimmt mit steigender Temperatur zu, daher dehnt der Festkörper sich mit steigender Temperatur immer stärker aus. Es ist in diesem Zusammenhang üblich, relative Längenänderungen zu betrachten und daraus die Volumenänderungen zu berechnen.

Der lineare Ausdehnungskoeffizient ist definiert als

$$(1) \quad \alpha = \frac{1}{L(\vartheta)} \cdot \frac{dL}{d\vartheta}$$

L: Länge
 ϑ : Temperatur in °C

Er ist stark materialabhängig und hängt in der Regel nur wenig von der Temperatur ab. Daher folgt ist

$$(2) \quad L(\vartheta) = L_0 \cdot \exp(\alpha \cdot \vartheta)$$

$$L_0 = L(0 \text{ °C})$$

bzw. bei nicht zu hohen Temperaturen

$$(3) \quad L(\vartheta) = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)$$

Im Experiment werden Messungen an dünnen Rohren aus Stahl, Messing und Glas durchgeführt, durch die zur Erwärmung warmes Wasser geleitet wird. Ein Umwälzthermostat sorgt für konstante einstellbare Wassertemperatur. Da die Rohre im Längenausdehnungsapparat einseitig fixiert sind, kann mittels Messuhr am anderen Ende die Längenänderung gegenüber der Raumtemperatur als Referenztemperatur abgelesen werden.

AUSWERTUNG

Im untersuchten Temperaturbereich ist $\alpha \cdot \vartheta \ll 1$. Also lässt sich Gleichung (3) modifizieren:

$$\Delta L = L(\vartheta_1) \cdot \alpha \cdot \Delta\vartheta \text{ mit } \Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1, L(\vartheta_1) = 600 \text{ mm}$$

Die gesuchten linearen Ausdehnungskoeffizienten lassen sich daher aus der Steigung der Ursprungsgeraden in Abb. 1 bestimmen.

Die Herleitung von Gleichung (3) ist im Übrigen hinfällig, wenn auch hohe Temperaturen betrachtet werden. Dann erweist sich α als nicht konstant, sondern von der Temperatur abhängig. Dies ist – genauer betrachtet – auch im hier untersuchten Temperaturbereich der Fall. Da die Längenänderungen mit einer Auflösung von 0,01 mm gemessen werden, zeigt eine genaue Datenanalyse insbesondere für Messing, dass die Messwerte nicht genau linear verlaufen und der Ausdehnungskoeffizient mit steigender Temperatur leicht ansteigt.

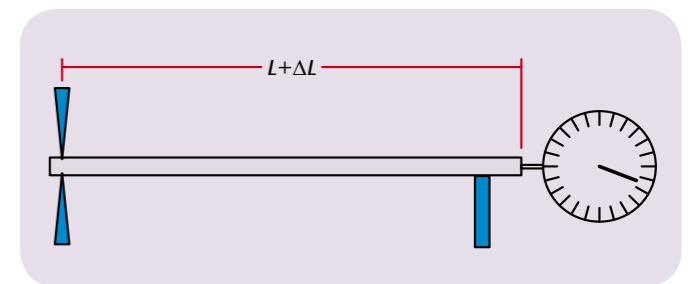


Abb. 1: Schematische Darstellung der Messanordnung

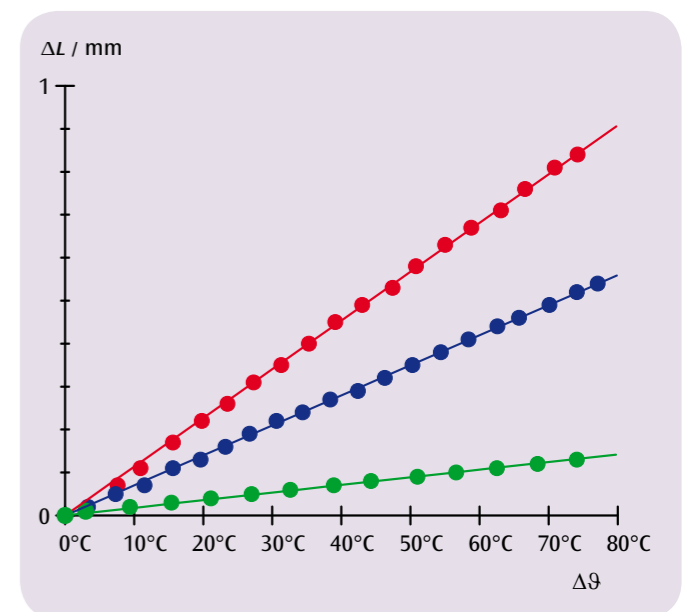


Abb. 2: Längenänderung von Messing (rot), Stahl (blau) und Glas (grün) in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz



Abb. 3: Aufbau mit Dampferzeuger