

Längenausdehnung von Festkörpern

28.12.2018

Vorwissen

Die Tatsache, dass bei Brücken, Fußböden, Freileitungen usw. die Temperaturabhängigkeit der Länge berücksichtigt werden muss, ist bekannt.

Ziel des Versuchs

Im Versuch soll gezeigt werden, dass die Länge

- proportional zur Temperaturerhöhung wächst
- materialabhängig ist.

Gerätebeschreibung

Das hier vorgestellte Längenmessgerät (Bild) beruht auf der Proportionalität von Kraft und Länge einer Feder. Dadurch lässt sich die Längenmessung auf eine Kraftmessung zurückführen. Die im vorliegenden Versuch auftretenden Federkräfte liegen im Bereich von 1 N. Die Temperatur wird mit einem Temperatursensor gemessen, der lose auf den Probestab aufgelegt wird. Ein Tupper Wärmeleitpaste verbessert das Ergebnis.

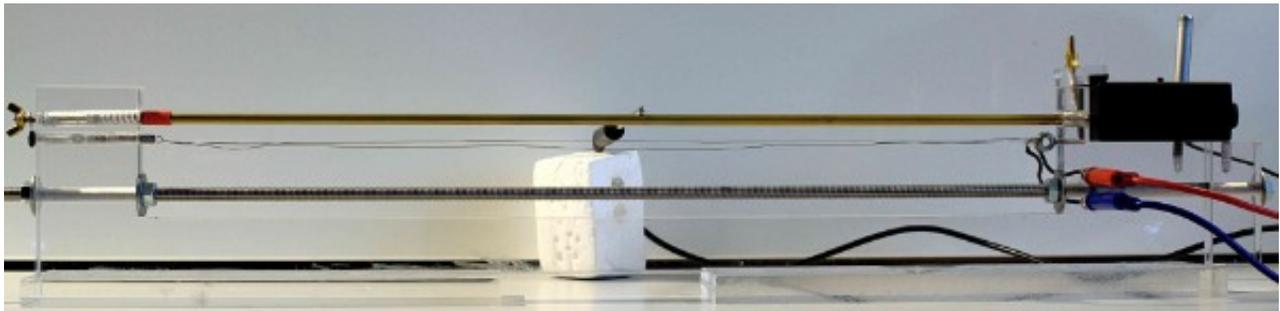


Bild 1 Versuchsaufbau

Vorbereitung

Erforderlich sind folgende Geräte:

- Längenmessgerät mit verschiedenen Probestäben ($\varnothing = 5\text{mm}$; $l = 0,5\text{m}$)
- Netzgerät 15V/3A
- Messwertersorgungssystem mit Kraftsensor und Temperatursensor.

Einstellungen des Messsystems

Im Display werden Temperatur und Verlängerung x/l angezeigt. Die Federkonstante im vorliegenden System beträgt $1,8\text{N/mm}$, so dass gilt

$$\frac{x}{l} = \frac{-F}{1,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 0,5\text{m}}$$

F muss mit einem negativen Vorzeichen versehen sein, weil der Kraftsensor auf Druck negative Werte anzeigt. Ich habe mit einer Einstellung von 10 Messungen pro Minute gearbeitet. Für das Diagramm werden die Achsen Temperatur und relative Verlängerung x/l gewählt.

Durchführung

In einem Vorversuch ist es sinnvoll, zunächst die Funktionsweise der Längenmessung zu zeigen. Dazu kann mit der am Ende befindliche Flügelschraube die Federspannung verändert werden. Eine volle Umdrehung der Schraube entspricht einer Verlängerung von $0,7\text{ mm}$.

Nun wird die Feder unter leichte Spannung gesetzt (ca. $0,3\text{ N}$) und das System auf Null zurückgesetzt. Die Heizung wird eingeschaltet und das Messprogramm gestartet.

Auswertung

Die Messpunkte werden linear gefittet. Die Steigung des Fits liefert den linearen Ausdehnungskoeffizienten des Materials. Ich habe den Versuch mit Aluminium-, Messing- und Eisenstäben durchgeführt. Die drei Diagramme habe ich in einem Schaubild zusammengestellt, um einen Vergleich zu erleichtern.

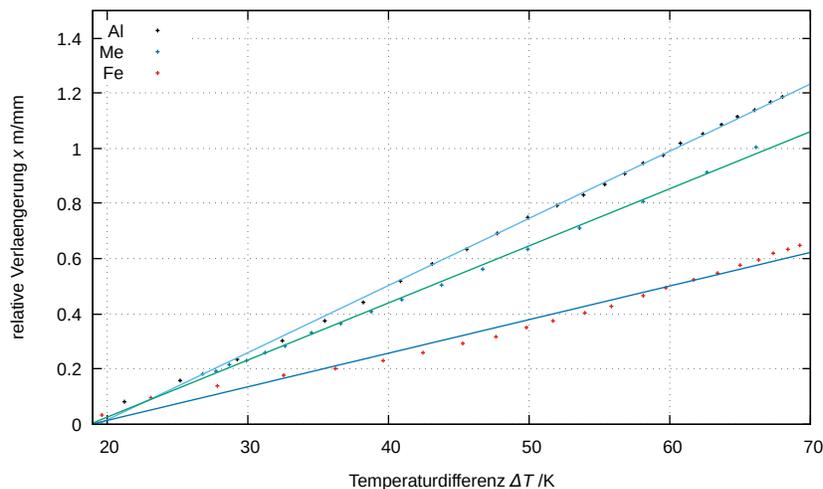


Bild 2 Messpunkte mit Fits

Als Ergebnis ergaben sich folgende Werte: $\alpha_{Al} = 0,024\text{mm/m}$; $\alpha_{Me} = 0,021\text{mm/m}$; $\alpha_{Fe} = 0,012\text{mm/m}$. Diese Werte liegen sowohl für Aluminium, als auch für Eisen sehr nahe bei den Literaturwerten. Für Messing beträgt die Differenz zum Literaturwert ca. 10% ($\alpha_{Me} = 0,019\text{mm/m}$).

Zusatzbemerkungen

Der Vorteil dieser Methode besteht in der Tatsache, dass man die Linearität anhand der Messpunkte dem tatsächlich nachweisen kann. Bei herkömmlichen Verfahren im Schulexperiment werden in der Regel nur zwei Punkte (bei Zimmertemperatur und bei 100°C) bestimmt.

Um höhere Temperaturen erreichen zu können, kann über dem Messstab eine Abdeckung aus Karton angebracht werden. Dadurch wird auch der Messvorgang erheblich beschleunigt.