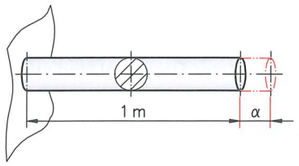
Δl Längenänderung in mm
l_1 Anfangslänge in mm
l_2 Endlänge in mm

Δt Temperaturdifferenz ($t_2 - t_1$) in K[1)]
t_1 Temperatur vor der Erwärmung in °C
t_2 Temperatur nach der Erwärmung in °C
α_l Längenausdehnungskoeffizient in 1/°C, 1/K

1. Längenausdehnungskoeffizient



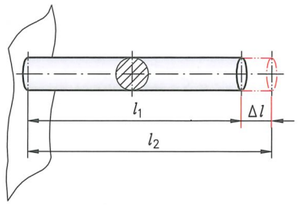
Durch Versuche ermittelt man den Ausdehnungskoeffizienten als Funktion von Werkstoff, Temperatur und Länge.

Merke
Die Zahl, die die Ausdehnung der Länge bei der Erwärmung um 1 Kelvin angibt, wird mit α_l bezeichnet.

Zuordnung der Maßeinheiten

$$\frac{\text{m}}{\text{m} \cdot \text{K}} \text{ oder } \frac{\text{mm}}{\text{mm} \cdot \text{K}} \text{ ergibt } \frac{1}{\text{K}}$$

2. Längenänderung



Für Stahl ist α_l = 0,000012 1/K:
1 m Stahl um 1 K erwärmt = 0,000012 m Ausdehnung
1 mm Stahl um 1 K erwärmt = 0,000012 mm Ausdehnung

Folgerung
Längeneinheit um 1 K erwärmt = α_l
Anfangslänge um 1 K erwärmt = $l_1 \cdot \alpha_l$
Anfangslänge um Δt K erwärmt = $l_1 \cdot \alpha_l \cdot \Delta t$

somit wird

$$\Delta l = l_1 \cdot \alpha_l \cdot \Delta t$$

Merke
Eingesetzte Maßeinheit (mm, m) entspricht Änderungs-Maßeinheit (mm, m)

3. Endlänge

Endlänge = Anfangslänge ± Längenänderung
l_2 = l_1 ± Δl

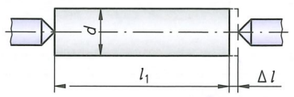
Hinweis
Bei einer Temperaturverringerung schrumpft die Endlänge um Δl.

4. Zusammenfassung

Längenänderung = Anfangslänge × Längenausdehnungskoeffizient × Temperaturdifferenz

$$\Delta l = l_1 \cdot \alpha_l \cdot \Delta t$$

5. Beispiel



Während des Schruppens und Schlichtens einer 850 mm langen Welle aus Stahl steigt die Werkstücktemperatur von 20 °C auf 85 °C an. Berechnen Sie die Längenänderung in mm.

Gesucht Δl in mm

Gegeben l_1 = 850 mm
Δt = 85 °C – 20 °C = 65 K
α_l = 0,000012 $\frac{1}{\text{K}}$

Vorüberlegung
α_l gilt für 1 Kelvin pro Längeneinheit.

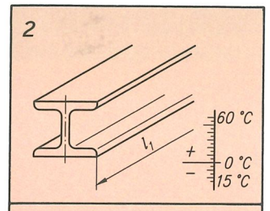
Lösung $\Delta l = l_1 \cdot \alpha_l \cdot \Delta t$

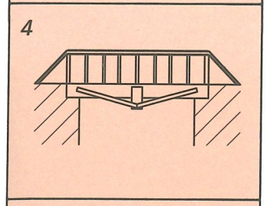
Δl = 850 mm · 0,000012 $\frac{1}{\text{K}}$ · 65 K

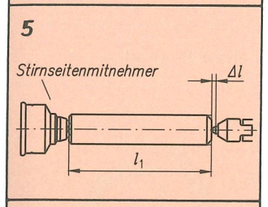
Δl = 0,663 mm

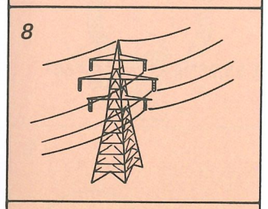
Beachte
Ein Meter Stahl – um 100 °C erwärmt – dehnt sich um 1,2 mm aus.

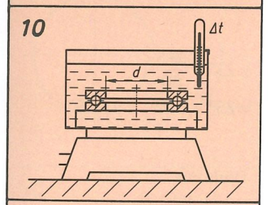
[1)] Temperaturdifferenzen sind in der Einheit Kelvin anzugeben, hierbei ist 1 °C = 1 K.

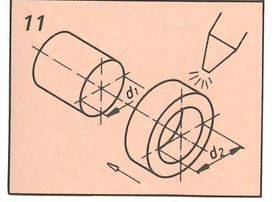












Aufgaben

Berechnen Sie die fehlenden Werte für einen Profilstahl:

1. Aufgabe	a	b	c
Anfangslänge in mm	1 000	1 000	?
Temperaturdifferenz in K	1	?	200
Längenänderung in mm	?	1,2	2,4

2. Aufgabe	a	b	c
l_1 in m	1	2	?
Δt in K	100	?	100
Δl in mm	?	4,8	1,8

3. Das Ausdehnungsmaximum einer 20 m langen Eisenbahnschiene ist bei 14 °C 9,36 mm. Welche Ausgangstemperatur wurde zugrunde gelegt?

4. Ein 14 m langer Brückensteg wurde bei 18 °C montiert. Im Sommer erwärmte sich die Brücke auf 48 °C. Um welches Maß verlängert sie sich?

5. Eine 755 mm lange Stahlwelle musste beim Drehen zwischen Stirnseitenmitnehmer und Körnerspitze um 1 mm gelockert werden. Die Werkstatttemperatur betrug 20 °C. Wie hoch war die Erwärmung?

6. Eine Stahlbrücke hat bei 20 °C eine Länge von 80 m. Man rechnet im Sommer mit einer Erwärmung bis auf 65 °C. Wie viel mm Spaltgröße müssen aufgrund der Temperaturschwankung frei bleiben?

7. Eine 3 m lange Profilleiste verlängerte sich bei Erwärmung von 15 °C auf 85 °C um 5,05 mm. Aus welchem Werkstoff besteht das Profil?

8. Eine Kupfer-Freileitung hat bei 20 °C eine Länge von 52 m. Im Sommer steigt die Temperatur auf 48 °C. Wie groß ist die Längenzunahme?

9. Eine 14 m lange Aluminiumschiene hat sich – bei 18 °C gemessen – im Betrieb auf 14,04 m verlängert. Wie groß war die Erwärmung?

10. Ein Wälzlager von 60 mm Durchmesser wird zum Aufziehen in Öl von 20 °C auf 80 °C erwärmt. Um wie viel µm vergrößert sich der Innendurchmesser?

11. Ein Stahlring mit 79,95 mm Innenbohrung soll auf eine 80 mm dicke Welle aufgeschrumpft werden. Messtemperatur ist 20 °C. Auf welche Temperatur muss der Ring mindestens erwärmt werden?

▶ Wissen – Erkennen – Werten
a) Begründen Sie, warum bei Temperaturdifferenzen für 1 °C = 1 K gesetzt wird.
b) Beweisen Sie die Ausdehnungsgleichung: $l_2 = l_1 \cdot (1 + \alpha_l \cdot \Delta t)$.
c) Zeigen Sie den Zusammenhang zwischen Längen- und Volumenausdehnung auf.
d) Was geschieht, wenn ein erwärmter Körper sich nicht frei ausdehnen kann?
e) Nennen Sie Fälle, bei denen die Wärmeausdehnung berücksichtigt werden muss.
f) Wann können Bauteile aus verschiedenen Werkstoffen gepaart werden?
g) Unterscheiden Sie die Begriffe „Dehnen" und „Schrumpfen".

