

Anwendungsaufgaben - Längen- und Volumenänderung - Lösungen

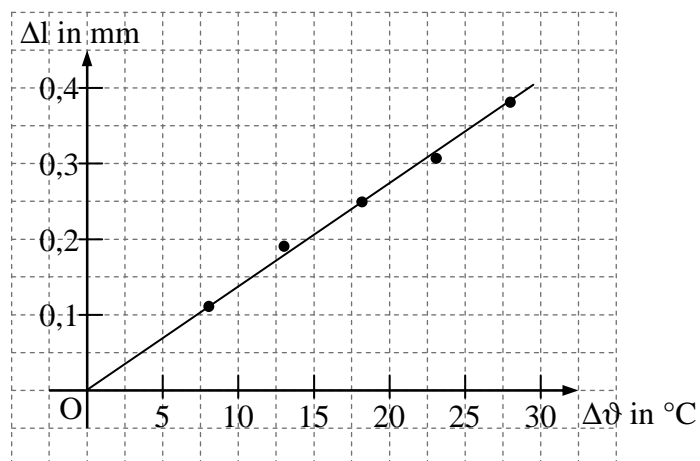
1

l_0 in m	$\Delta\vartheta$ in °C	Δl in mm
1,0	10	0,24
2,0	10	0,48
1,0	30	0,72
3,0	20	1,44
1,0	5,0	0,12

2.1

ϑ in °C	17	25	30	35	40	45
$\Delta\vartheta$ in °C	0	8	13	18	23	28
Δl in mm	0	0,11	0,19	0,25	0,31	0,38
$\frac{\Delta l}{\Delta\vartheta}$ in $\frac{\text{mm}}{^\circ\text{C}}$	-	0,01	0,015	0,014	0,013	0,014

2.2



Ergebnis: Die Längenänderung ist proportional zur Temperaturänderung.

$$2.3 \quad \alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta\vartheta} = \frac{0,38 \text{ mm}}{0,75 \text{ m} \cdot 28 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,018 \frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

2.4 Für ein Messingrohr wurde der Zusammenhang zwischen der Längenänderung und der Anfangslänge bei konstanter Temperaturänderung untersucht.

Ergebnis: Die Längenänderung ist proportional zur Anfangslänge.

$$2.5 \quad \alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta\vartheta} = \frac{0,20 \text{ mm}}{0,75 \text{ m} \cdot 22 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,012 \frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

3.1

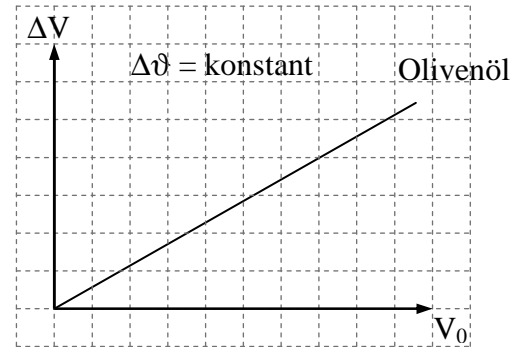
$\Delta\vartheta$ in °C	9	19	28	37	46
ΔV in cm^3	1,7	3,8	5,4	7,3	8,9
$\frac{\Delta V}{\Delta\vartheta}$ in $\frac{\text{cm}^3}{^\circ\text{C}}$	0,2	0,20	0,19	0,20	0,19

Ergebnis: Die Volumenänderung ist proportional zur Temperaturänderung.

$$3.2 \quad \gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta \vartheta} = \frac{8,9 \text{ cm}^3}{0,27 \text{ dm}^3 \cdot 46 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,72 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$$

3.3 Ergebnis:

Die Volumenänderung ist proportional zum Anfangsvolumen.



$$4 \quad \Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta \vartheta = 0,012 \frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 324 \text{ m} \cdot 38 \text{ }^\circ\text{C} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$$

Die Längendifferenz beträgt 15 cm.

$$5 \quad \alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta \vartheta} = \frac{0,85 \text{ mm}}{0,75 \text{ m} \cdot 67 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,017 \frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Der Stab könnte aus Kupfer bestehen.

6 Stahl hat den gleichen Längenausdehnungskoeffizient wie Beton. Eine Temperaturänderung bewirkt bei beiden Materialien die gleiche Längenänderung. Deshalb entstehen keine Spannungen oder gar Risse im Material.

$$7 \quad \Delta \vartheta = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \gamma} = \frac{1,0 \text{ cm}^3}{100 \text{ cm}^3 \cdot 0,50 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3 \cdot ^\circ\text{C}}} = \frac{0,010}{0,50 \frac{10^{-3} \text{ dm}^3}{\text{dm}^3 \cdot ^\circ\text{C}}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$8 \quad \text{a) } \alpha_{\text{Glas}} = 0,0079 \frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} = 0,0079 \frac{10^{-3} \cdot \text{m}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} = 0,0079 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}} = 7,9 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

$$\text{b) } \gamma_{\text{Wasser}} = 0,21 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3 \cdot ^\circ\text{C}} = 0,21 \frac{10^{-3} \cdot \text{dm}^3}{\text{dm}^3 \cdot ^\circ\text{C}} = 0,21 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

$$9 \quad \Delta V = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot 0,2^2 \text{ cm}^2 \cdot 24 \text{ cm} = 3,0 \text{ cm}^3$$

$$\Delta \vartheta = \frac{\Delta V}{\gamma \cdot V_0} = \frac{3,0 \text{ cm}^3}{1,1 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,060 \text{ dm}^3} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

Die Temperaturdifferenz zwischen dem heißen Wasser und der Raumluft beträgt 45 °C.

$$10.1 \quad \Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta \vartheta = 11 \cdot 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 5,0 \text{ cm}^3 \cdot 80 \text{ }^\circ\text{C} = 0,44 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = A_Q \cdot \Delta h \Rightarrow \Delta h = \frac{\Delta V}{A_Q} = \frac{0,44 \text{ cm}^3}{\pi \cdot 0,060^2 \text{ cm}} = 39 \text{ cm}$$

Das Glasrohr sollte mindestens 40 cm lang sein.

10.2 Mit dem Alkoholthermometer kann man die Temperatur von siedendem Wasser nicht bestimmen, da Alkohol bereits bei 78 °C siedet.

$$11.1 \Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\vartheta = 0,41 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1,75 \text{ dm}^3 \cdot 60 \text{ }^\circ\text{C} = 4,3 \text{ cm}^3 = 43 \text{ ml}$$

$$11.2 \Delta V = 3 \cdot \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta\vartheta = 3 \cdot 0,016 \frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1,75 \text{ dm}^3 \cdot 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 3 \cdot 0,016 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 1,75 \text{ dm}^3 \cdot 60 \text{ }^\circ\text{C} = 0,0050 \text{ dm}^3 = 5,0 \text{ cm}^3 = 5,0 \text{ ml}$$

Es laufen 38 ml Wasser über.

12 Masse von 1,00 l Spiritus (ändert sich bei Erwärmung nicht):

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V = 0,789 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1,00 \cdot 10^3 \text{ cm}^3 = 789 \text{ g}$$

Volumenzunahme von 1,00 l Spiritus bei Erwärmung von 20,0 °C auf 65,0 °C:

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\vartheta = 1,10 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1,00 \text{ dm}^3 \cdot 45,0 \text{ }^\circ\text{C} = 49,5 \text{ cm}^3 = 0,0495 \text{ dm}^3$$

Volumen von 1,00 l Spiritus nach der Erwärmung:

$$V = 1,05 \text{ dm}^3$$

Dichte von Spiritus bei 65,0 °C:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{789 \text{ g}}{1,05 \cdot 10^3 \text{ cm}^3} = 0,751 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$13.1 \Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\vartheta = 1,06 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 10,0 \text{ dm}^3 \cdot 28 \text{ }^\circ\text{C} = 297 \text{ cm}^3 = 0,30 \text{ dm}^3$$

$$13.2 \Delta h = \frac{\Delta V}{a \cdot b} = \frac{2,8 \cdot 10^2 \text{ cm}^3}{15,5 \text{ cm} \cdot 26,5 \text{ cm}} = 0,68 \text{ cm} = 6,8 \text{ mm}$$

14 Wenn die Plastikdose gerade noch schwimmt, ist ihre Dichte etwas kleiner als die Dichte von Wasser. Bei Erwärmung des Wassers nimmt sein Volumen zu und seine Dichte ab. Sobald die Dichte von Wasser genauso groß ist wie die Dichte der Plastikdose, fängt die Plastikdose an zu schweben. Wird die Dichte von Wasser kleiner als Dichte der Plastikdose, sinkt sie auf den Boden des Gefäßes und bleibt dort liegen.

15.1 Volumenausdehnungskoeffizient von Festkörpern:

$$3 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}} \text{ bis } 3 \cdot 30 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

Volumenausdehnungskoeffizient von Flüssigkeiten:

$$2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}} \text{ bis } 15 \cdot 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

Der Volumenausdehnungskoeffizient von Flüssigkeiten ist ungefähr 10 mal so groß wie der Volumenausdehnungskoeffizient von Festkörpern.

15.2 Bei zwei geltenden Ziffern ist die zweite Ziffer bereits die unsichere Stelle. Deshalb ist es erst bei drei geltenden Ziffern sinnvoll, die Volumenausdehnung des Gefäßes zu berücksichtigen.

- 16.1 Im Diagramm ist die Abhängigkeit des Längenausdehnungskoeffizienten vom Nickelanteil dargestellt.
- 16.2 Bei einem Nickelgehalt von 36 % ist der Längenausdehnungskoeffizient am geringsten. Damit ist die Längenänderung bei Temperaturschwankungen ebenfalls am geringsten.
- 16.3 Wenn der Nickelanteil in der Legierung größer oder kleiner wäre, würde sich der Längenausdehnungskoeffizient des Materials um ein Vielfaches erhöhen.
- 16.4 Aus dem Diagramm erhält man: $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$
 Der Längenausdehnungskoeffizient von Stahl beträgt ungefähr das Zehnfache.
- 17.1 a) Das Bimetall biegt sich nach oben.
 Der Kupferstreifen dehnt sich mehr aus als der Eisenstreifen, da $\alpha_{\text{Cu}} > \alpha_{\text{Fe}}$.
- b) Das Bimetall biegt sich nach unten.
 Der Aluminiumstreifen dehnt sich mehr aus als der Eisenstreifen, da $\alpha_{\text{Al}} > \alpha_{\text{Fe}}$.
- 17.2 Der Bimetallstreifen b krümmt sich mehr als der Bimetallstreifen a, da die Längenänderung von Aluminium größer ist als von Kupfer.
- 18 Bedingung: $\alpha_a < \alpha_b$
 mögliche Metalle: a – Eisen; b – Aluminium
 Begründung: Damit der Kontakt geschlossen wird, muss sich Metall b stärker zusammenziehen als Metall a. Deshalb muss das Metall b einen größeren Längenausdehnungskoeffizienten haben als das Metall a.
- 19.1 Im Diagramm ist für 1,0 kg Wasser die Abhängigkeit des Volumens von der Temperatur dargestellt.
- 19.2 Zwischen 10 °C und 4 °C wird das Volumen mit abnehmender Temperatur geringer.
 Bei 4 °C hat Wasser sein kleinstes Volumen.
 Zwischen 4 °C und 0 °C wird das Volumen mit abnehmender Temperatur wieder größer.
- 19.3 Die V-Achse beginnt nicht bei 0 sondern bei 1.
- 19.4 0 °C → 1000,16 cm³
 4 °C → 1000,03 cm³
 $\Delta V = 1000,16 \text{ cm}^3 - 1000,03 \text{ cm}^3 = 0,13 \text{ cm}^3$