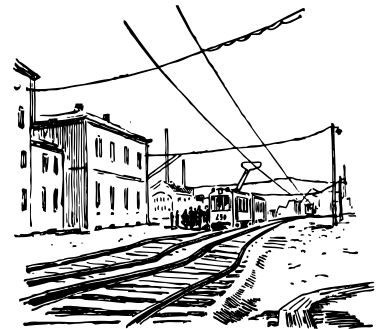


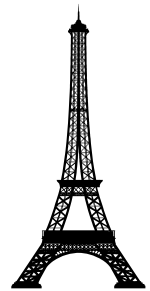
## Längenausdehnung – Raumausdehnung

1) Eine Eisenbahnschiene aus Stahl (Längenausdehnungskoeffizient  $13 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) mit 60 m Länge (bei  $20^\circ\text{C}$ ) wird in einer Gegend verlegt, in der im Winter Temperaturen von bis zu  $-15^\circ\text{C}$  und im Sommer Temperaturen bis  $40^\circ\text{C}$  zu erwarten sind.

Welchem Längenunterschied muss man zwischen Sommer und Winter berücksichtigen, damit es zu keiner Verwerfung kommt?

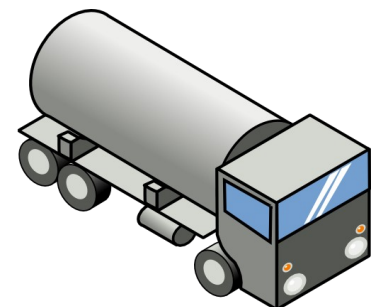


2) Der Eiffelturm aus Stahl (Längenausdehnungskoeffizient  $13 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) hat bei  $15^\circ\text{C}$  eine Höhe von 324m. Durch die Sonnenstrahlen erwärmt sich der Turm auf  $60^\circ\text{C}$ . Wie ändert sich dadurch die Höhe des Eiffelturms?



3) Ein Boiler mit Wasser (Raumausdehnungskoeffizient  $0,207 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$ ) steht im Keller. Das kalte Wasser kommt mit  $12^\circ\text{C}$  aus dem Wassernetz und wird auf  $50^\circ\text{C}$  erwärmt. Im Boiler hat ein Volumen von 500l. Wie ändert sich das Volumen des Wassers durch die Erwärmung?

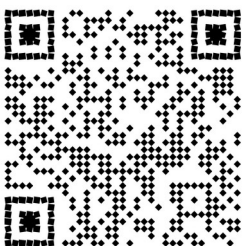
4) Ein Tankwagen für mit einem Fassungsvermögen von  $58\text{m}^3$  transportiert Benzin (Raumausdehnungskoeffizient  $10,6 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$ ) zu einer Tankstelle. Der Tankwagen wird mit  $55\text{m}^3$  Benzin bei  $16^\circ\text{C}$  befüllt. Während der Fahrt in der Sonne erwärmt sich der Tank mit Inhalt auf  $29^\circ\text{C}$ . Welches Volumen Benzin kann der Fahrer an der Tankstelle entladen?



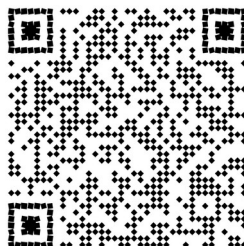
### Selbstkontrolle

Bitte den QR-Code erst nach der Berechnung scannen!

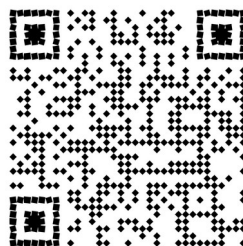
Bsp. 1



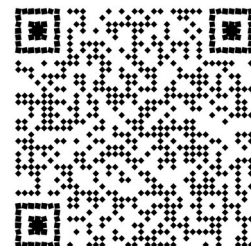
Bsp. 2



Bsp. 3



Bsp. 4



## Lösungserwartung – Beispiel 1

Eine Eisenbahnschiene aus Stahl (Längenausdehnungskoeffizient  $13 \cdot 10^{-6} 1/K$ ) mit 60 m Länge (bei  $20^\circ C$ ) wird in einer Gegend verlegt, in der im Winter Temperaturen von bis zu  $-15^\circ C$  und im Sommer Temperaturen bis  $40^\circ C$  zu erwarten sind.

Welchem Längenunterschied muss man zwischen Sommer und Winter berücksichtigen, damit es zu keiner Verwerfung kommt?

$$l_{20^\circ C} = 60 \text{ m}$$

$$\alpha_{\text{Stahl}} = 13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K}$$

Temperatur der Schiene bei der Produktion:  $\vartheta_1 = 20^\circ C$

Temperatur der Schiene bei der Produktion:  $\vartheta_2 = -15^\circ C$

Temperatur der Schiene bei der Produktion:  $\vartheta_3 = 40^\circ C$

Temperaturunterschied Winter:  $\Delta \vartheta_{\text{Winter}} = \vartheta_2 - \vartheta_1 = (-15^\circ C) - 20^\circ C = -35^\circ C \hat{=} \Delta T = -35 \text{ K}$

Temperaturunterschied Sommer:  $\Delta \vartheta_{\text{Sommer}} = \vartheta_3 - \vartheta_1 = (40^\circ C) - 20^\circ C = 20^\circ C \hat{=} \Delta T = 20 \text{ K}$

Länge der Schiene (Winter):  $l_{-15^\circ C} = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T_{\text{Winter}}) = 60 \text{ m} \cdot (1 + 13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot (-35 \text{ K})) = 59,973 \text{ m}$

Länge der Schiene (Sommer):  $l_{40^\circ C} = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T_{\text{Sommer}}) = 60 \text{ m} \cdot (1 + 13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot (20 \text{ K})) = 60,016 \text{ m}$

Längenunterschied:  $\Delta l = l_{40^\circ C} - l_{-15^\circ C} = 60,016 \text{ m} - 59,973 \text{ m} = 0,043 \text{ m} = 4,3 \text{ cm}$

Zwischen den Schienen sollte ein Abstand von mind. 4,3 cm sein, damit es durch die Längenunterschied zu keiner Verwerfung kommt.

## Lösungserwartung – Beispiel 2

Der Eiffelturm aus Stahl (Längenausdehnungskoeffizient  $13 \cdot 10^{-6} 1/K$ ) hat bei  $15^\circ C$  eine Höhe von  $324m$ . Durch die Sonnenstrahlen erwärmt sich der Turm auf  $60^\circ C$ . Wie ändert sich dadurch die Höhe des Eiffelturms?

$$\text{Temperaturunterschied: } \Delta \vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1 = (60^\circ C) - 15^\circ C = 45^\circ C \hat{=} \Delta T = 45 K$$

$$\text{Längenänderung: } \Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T = 324 m \cdot 13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot 45 K = 0,189 m = 18,9 cm$$

Der Eiffelturm ändert seine Höhe um ca. 19 cm wenn er sich von  $15^\circ C$  auf  $60^\circ C$  erwärmt.

### Lösungserwartung – Beispiel 3

Ein Boiler mit Wasser (Raumausdehnungskoeffizient  $0,207 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$ ) steht im Keller. Das kalte Wasser kommt mit  $12^\circ\text{C}$  aus dem Wassernetz und wird auf  $50^\circ\text{C}$  erwärmt. Im Boiler hat ein Volumen von  $500\text{l}$ . Wie ändert sich das Volumen des Wassers durch die Erwärmung?

$$\text{Temperaturunterschied: } \Delta \vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1 = (50^\circ\text{C}) - 12^\circ\text{C} = 38^\circ\text{C} \hat{=} \Delta T = 38\text{ K}$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T = 500\text{l} \cdot 0,207 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}} \cdot 38\text{ K} = 3,93\text{l}$$

Das Volumen im Boiler ändert sich um  $3,9$  Liter.

## Lösungserwartung – Beispiel 4

Ein Tankwagen für mit einem Fassungsvermögen von  $58\text{m}^3$  transportiert Benzin ((Raumausdehnungskoeffizient  $10,6 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$ ) zu einer Tankstelle. Der Tankwagen wird mit  $55\text{m}^3$  Benzin bei  $16^\circ\text{C}$  befüllt. Während der Fahrt in der Sonne erwärmt sich der Tank mit Inhalt auf  $29^\circ\text{C}$ . Welches Volumen Benzin kann der Fahrer an der Tankstelle entladen?

$$\text{Temperaturunterschied: } \Delta \vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1 = 29^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C} = 13^\circ\text{C} \hat{=} \Delta T = 13\text{K}$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T = 58 \text{ m}^3 \cdot 10,6 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{K}} \cdot 13 \text{ K} = 0,799 \text{ m}^3 = 799 \text{ l}$$

Das Volumen im Tankwagen ändert sich um 799 l