

**Gegeben:**

$$m_1 := 20 \text{ gm} \quad m_2 := 2 \text{ gm} \quad m_3 := 10 \text{ gm} \quad l_1 := 90 \text{ mm} \quad l_2 := 68 \text{ mm} \quad l_3 := 96 \text{ mm} \quad l_4 := 130 \text{ mm}$$

$$x_4 := 280 \text{ mm} \quad y_4 := -30 \text{ mm}$$

$$F_1 := m_1 \cdot g = 0.20 \text{ N} \quad F_2 := m_2 \cdot g = 0.02 \text{ N} \quad F_3 := m_3 \cdot g = 0.10 \text{ N}$$

$$M_f := \frac{F_1}{85 \text{ mm}} \quad \text{Kräftemaßstab}$$

**Statik der Kräfte:**

$$\sum F_y = 0 \quad -F_1 - F_2 - F_3 + F_{0y} + F_{4y} = 0$$

$$\sum F_x = 0 \quad -F_{0x} + F_{4x} = 0$$

$$\frac{F_{0y}}{F_{0x}} = -\frac{y_1}{x_1}$$

$$\frac{F_{4y}}{F_{4x}} = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3}$$

$$\sum M_0 = 0 \quad -F_1 \cdot x_1 - F_2 \cdot x_2 - F_3 \cdot x_3 + F_{4y} \cdot x_4 + F_{4x} \cdot y_4 = 0$$

$$\sum M_4 = 0 \quad -F_{0y} \cdot x_4 - F_{0x} \cdot y_4 + F_1 \cdot (x_4 - x_1) + F_2 \cdot (x_4 - x_2) + F_3 \cdot (x_4 - x_3) = 0$$

**geometrische Beziehungen:**

$$l_1^2 = x_1^2 + y_1^2$$

$$l_2^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_1 - y_2)^2$$

$$l_3^2 = (x_3 - x_2)^2 + (y_2 - y_3)^2$$

$$l_4^2 = (x_4 - x_3)^2 + (y_4 - y_3)^2$$

Schätzwerte

$$F_{0x} := 1 \text{ N} \quad F_{0y} := 1 \text{ N} \quad F_{4x} := 1 \text{ N} \quad F_{4y} := 1 \text{ N}$$

$$x_1 := 38 \text{ mm} \quad x_2 := 100 \text{ mm} \quad x_3 := 190 \text{ mm}$$

$$y_1 := 85 \text{ mm} \quad y_2 := 110 \text{ mm} \quad y_3 := 122 \text{ mm} \quad \mathbf{10 \text{ Unbekannte}}$$

Nebenbedingungen

$$-F_1 - F_2 - F_3 + F_{0y} + F_{4y} = 0 \quad \mathbf{10 \text{ Gleichungen}}$$

$$-F_{0x} + F_{4x} = 0$$

$$\frac{F_{0y}}{F_{0x}} = \frac{y_1}{x_1}$$

$$\frac{F_{4y}}{F_{4x}} = \frac{(y_4 - y_3)}{x_4 - x_3}$$

$$l_1^2 = x_1^2 + y_1^2$$

$$l_2^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_1 - y_2)^2$$

$$l_3^2 = (x_3 - x_2)^2 + (y_2 - y_3)^2$$

$$l_4^2 = (x_4 - x_3)^2 + (y_4 - y_3)^2$$

$$-F_1 \cdot x_1 - F_2 \cdot x_2 - F_3 \cdot x_3 + F_{4y} \cdot x_4 + F_{4x} \cdot y_4 = 0$$

$$-F_{0y} \cdot x_4 - F_{0x} \cdot y_4 + F_1 \cdot (x_4 - x_1) + F_2 \cdot (x_4 - x_2) + F_3 \cdot (x_4 - x_3) = 0$$

Gleichungslöser

$$\begin{bmatrix} F_{0x} \\ F_{0y} \\ F_{4x} \\ F_{4y} \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} := \mathbf{find}(F_{0x}, F_{0y}, F_{4x}, F_{4y}, x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3) = \begin{bmatrix} (2.98 \cdot 10^{-4}) \text{ N} \\ (2.07 \cdot 10^{-1}) \text{ N} \\ (3.01 \cdot 10^{-4}) \text{ N} \\ (1.07 \cdot 10^{-1}) \text{ N} \\ (1.30 \cdot 10^{-4}) \text{ m} \\ (1.32 \cdot 10^{-1}) \text{ m} \\ (2.80 \cdot 10^{-1}) \text{ m} \\ -9.00 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ -1.23 \cdot 10^{-1} \text{ m} \\ -1.60 \cdot 10^{-1} \text{ m} \end{bmatrix}$$

$$F_0 := \sqrt{F_{0x}^2 + F_{0y}^2} = (2.0655 \cdot 10^{-1}) \text{ N} \quad F_{0x} = (2.9803 \cdot 10^{-4}) \text{ N} \quad F_{0y} = (2.0655 \cdot 10^{-1}) \text{ N}$$

$$F_4 := \sqrt{F_{4x}^2 + F_{4y}^2} = (1.0731 \cdot 10^{-1}) \text{ N} \quad F_{4x} = (3.0096 \cdot 10^{-4}) \text{ N} \quad F_{4y} = (1.0731 \cdot 10^{-1}) \text{ N}$$

$$x_1 = 0.13 \text{ mm} \quad x_2 = 132.15 \text{ mm} \quad x_3 = 279.64 \text{ mm} \quad y_1 = -90.03 \text{ mm} \quad y_2 = -123.10 \text{ mm} \quad y_3 = -160.03 \text{ mm}$$

$$l_{F0} := \frac{F_0}{M_f} = 89.51 \text{ mm} \quad l_{F4} := \frac{F_4}{M_f} = 46.51 \text{ mm} \quad \frac{F_{0x}}{M_f} = 0.13 \text{ mm} \quad \frac{F_{4x}}{M_f} = 0.13 \text{ mm}$$

$$\frac{F_0}{g} = 21.06 \text{ gm} \quad \frac{F_4}{g} = 10.94 \text{ gm}$$