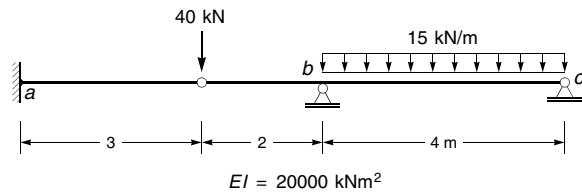


Aufgabe 1

Das dargestellte System ist nach dem Kraftgrößenverfahren zu berechnen.



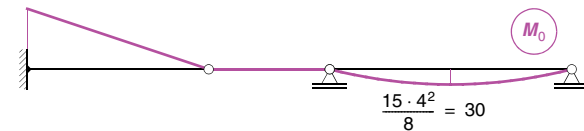
1. Ermitteln Sie die Momentenlinie infolge der angegebenen Belastung.

- Statisch bestimmtes Hauptsystem

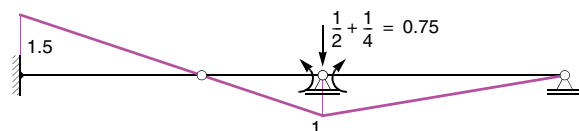
Das System ist einfach statisch unbestimmt. Einlegen eines Momentengelenks im Punkt b.

- Lastspannungszustand

$$40 \cdot 3 = 120$$



- Einheitsspannungszustand



- δ -Werte

Da die Biegesteifigkeit im gesamten System konstant ist, ist der Faktor I_c/I gleich eins und wird in der folgenden Berechnung weggelassen.

$$\delta'_{10} = 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.5 \cdot 120 + 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 30 = 220$$

$$\delta'_{11} = 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.5^2 + 6 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 = 4.25$$

- Verformungsbedingung

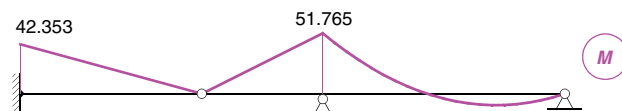
$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{10} = 0 \Rightarrow X_1 = -\frac{\delta'_{10}}{\delta'_{11}} = -\frac{220}{4.25} = -51.764706$$

- Endgültige Momentenlinie

$$M = X_1 \cdot M_1 + M_0$$

$$M_a = -51.764706 \cdot (-1.5) - 120 = -42.352941$$

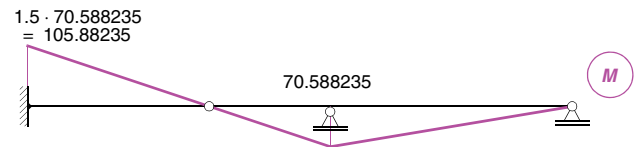
$$M_b = -51.764706 \cdot 1 + 0 = -51.764706$$



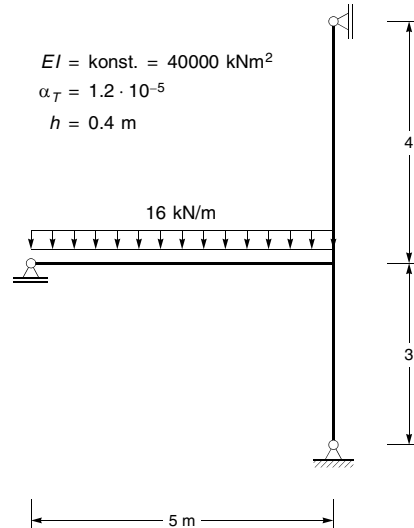
2. Ermitteln Sie die Momentenlinie infolge einer Senkung des Auflagerpunktes b um 2 cm.

$$\delta'_{10} = -EI_c [B_1 \hat{\delta}_b] = -20000 \cdot [0.75 \cdot 0.02] = -300$$

$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{10} = 0 \Rightarrow X_1 = -\frac{\delta'_{10}}{\delta'_{11}} = -\frac{-300}{4.25} = 70.588235$$

**Aufgabe 2**

Das dargestellte System ist nach dem Kraftgrößenverfahren zu berechnen.

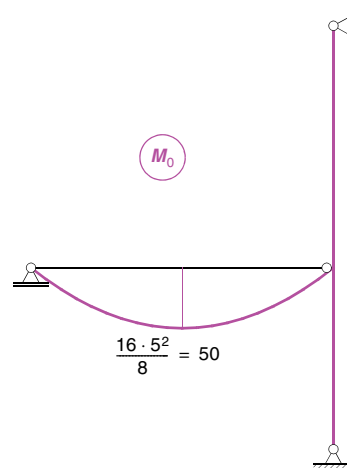


1. Ermitteln Sie die Momentenlinie infolge der angegebenen Belastung.

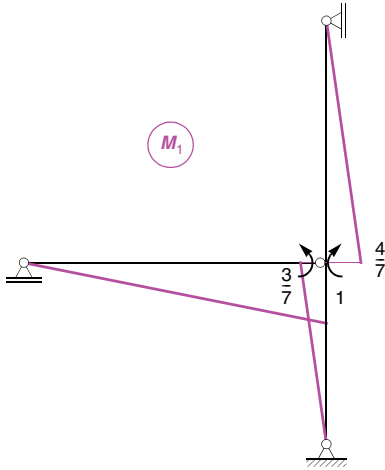
- Statisch bestimmtes Hauptsystem

Das System ist einfach statisch unbestimmt. Einlegen eines Momentengelenks im Riegel, rechts.

- Lastspannungszustand



- Einheitsspannungszustand



- δ -Werte

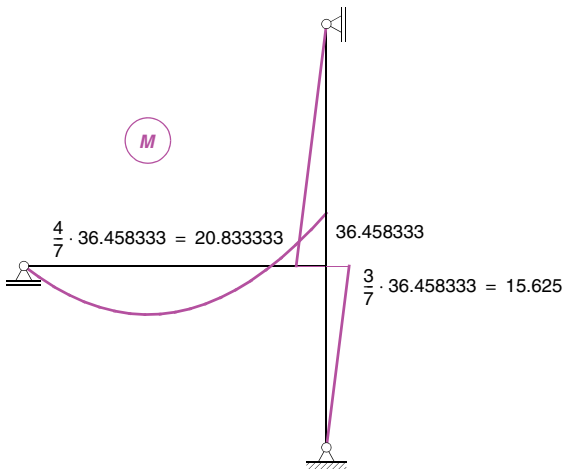
Da die Biegesteifigkeit im gesamten System konstant ist, ist der Faktor I_c/I gleich eins und wird in der folgenden Berechnung weggelassen.

$$\delta'_{10} = 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 50 = 83.333333$$

$$\delta'_{11} = 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 + 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{4}{7}\right)^2 + 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{7}\right)^2 = 2.2857143$$

- Verformungsbedingung

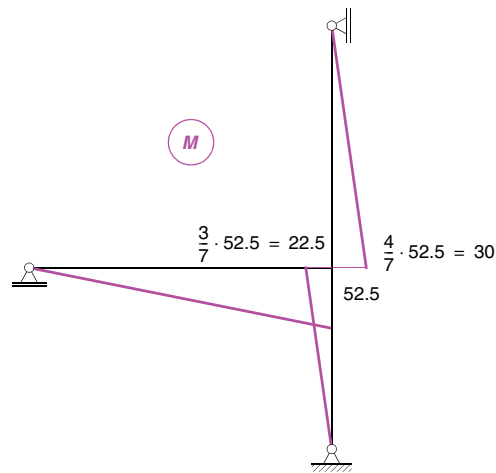
$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{10} = 0 \Rightarrow X_1 = -\frac{\delta'_{10}}{\delta'_{11}} = -\frac{83.333333}{2.2857143} = -36.458333$$



2. Ermitteln Sie den Momentenverlauf infolge einer Temperaturdifferenz von $\Delta T = 40^\circ$ (oben wärmer) im Riegel.

$$\delta'_{10} = EI_c \int M_1 \alpha_T \frac{\Delta T}{h} dx = -40000 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{40}{0.4} = -120$$

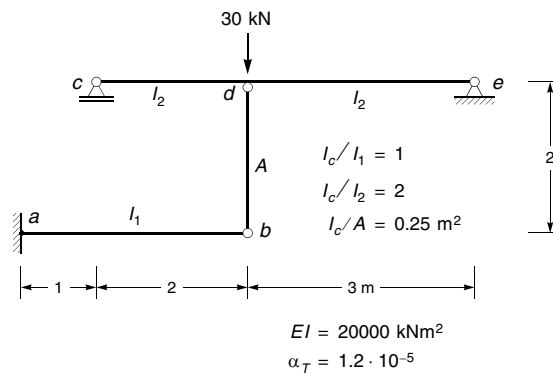
$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{10} = 0 \Rightarrow X_1 = -\frac{\delta'_{10}}{\delta'_{11}} = -\frac{-120}{2.2857143} = 52.5$$



Aufgabe 3

Das dargestellte System ist nach dem Kraftgrößenverfahren zu berechnen.

Die Normalkraftverformung im Stab $b-d$ ist zu berücksichtigen.

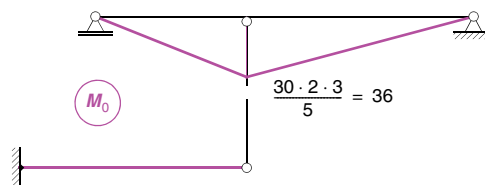


1. Ermitteln Sie die Momentenlinie infolge der angegebenen Einzelkraft.

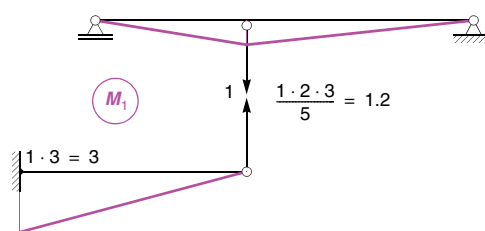
- Statisch bestimmtes Hauptsystem

Das System ist einfach statisch unbestimmt. Einlegen eines Normalkraftgelenks im Stab $b-d$.

- Lastspannungszustand



- Einheitsspannungszustand



- δ -Werte

$$\delta'_{10} = 2.0 \cdot 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.2 \cdot 36 = 144$$

$$\delta'_{11} = 2.0 \cdot 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.2^2 + 1.0 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3^2 + 0.25 \cdot 2 \cdot 1^2 = 14.3$$

- Verformungsbedingung

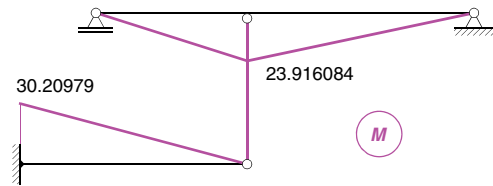
$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{10} = 0 \Rightarrow X_1 = -\frac{\delta'_{10}}{\delta'_{11}} = -\frac{144}{14.3} = -10.06993$$

- Endgültige Momentenlinie

$$M = X_1 \cdot M_1 + M_0$$

$$M_a = -10.06993 \cdot 1.2 + 36 = 23.916084$$

$$M_d = -10.06993 \cdot 3 + 0 = -30.20979$$



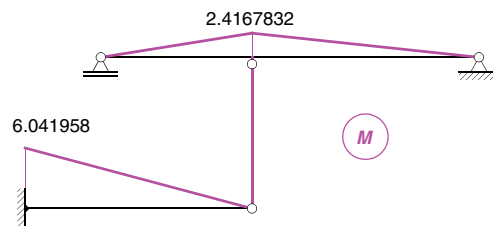
2. Ermitteln Sie die Momentenlinie infolge einer gleichmäßigen Erwärmung des Stabes $b-d$ um $T_0 = 60^\circ$.

$$\delta'_{10} = EI_c \int N_1 \alpha_T T_0 dx = 20000 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot 60 = 28.8$$

$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{10} = 0 \Rightarrow X_1 = -\frac{\delta'_{10}}{\delta'_{11}} = -\frac{28.8}{14.3} = -2.013986$$

$$M_a = -2.013986 \cdot 1.2 = -2.4167832$$

$$M_d = -2.013986 \cdot 3 = -6.041958$$



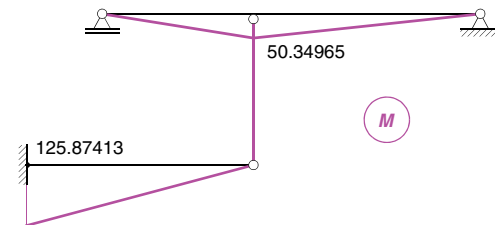
3. Ermitteln Sie die Momentenlinie infolge einer eingprägten Drehung des Auflagerpunktes a um $0,01$ rad im Uhrzeigersinn.

$$\delta'_{10} = -EI_c [M_1^a \cdot \hat{\phi}_a] = -20000 \cdot [3 \cdot 0.01] = -600$$

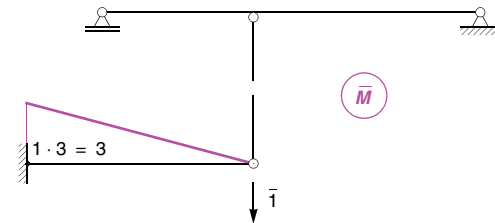
$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{10} = 0 \Rightarrow X_1 = -\frac{\delta'_{10}}{\delta'_{11}} = -\frac{-600}{14.3} = 41.958042$$

$$M_a = 41.958042 \cdot 1.2 = 50.34965$$

$$M_d = 41.958042 \cdot 3 = 125.87413$$



4. Ermitteln Sie die vertikale Verschiebung des Punktes b infolge der eingprägten Auflagerdrehung.



$$\delta'_b = -3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3 \cdot 125.87413 - 20000 \cdot [-3 \cdot 0.01] = 222.37762$$

$$\delta_b = \frac{222.37762}{20000} = 0.0111 \text{ m}$$