



### Aufgabe 1 (3 Punkte)

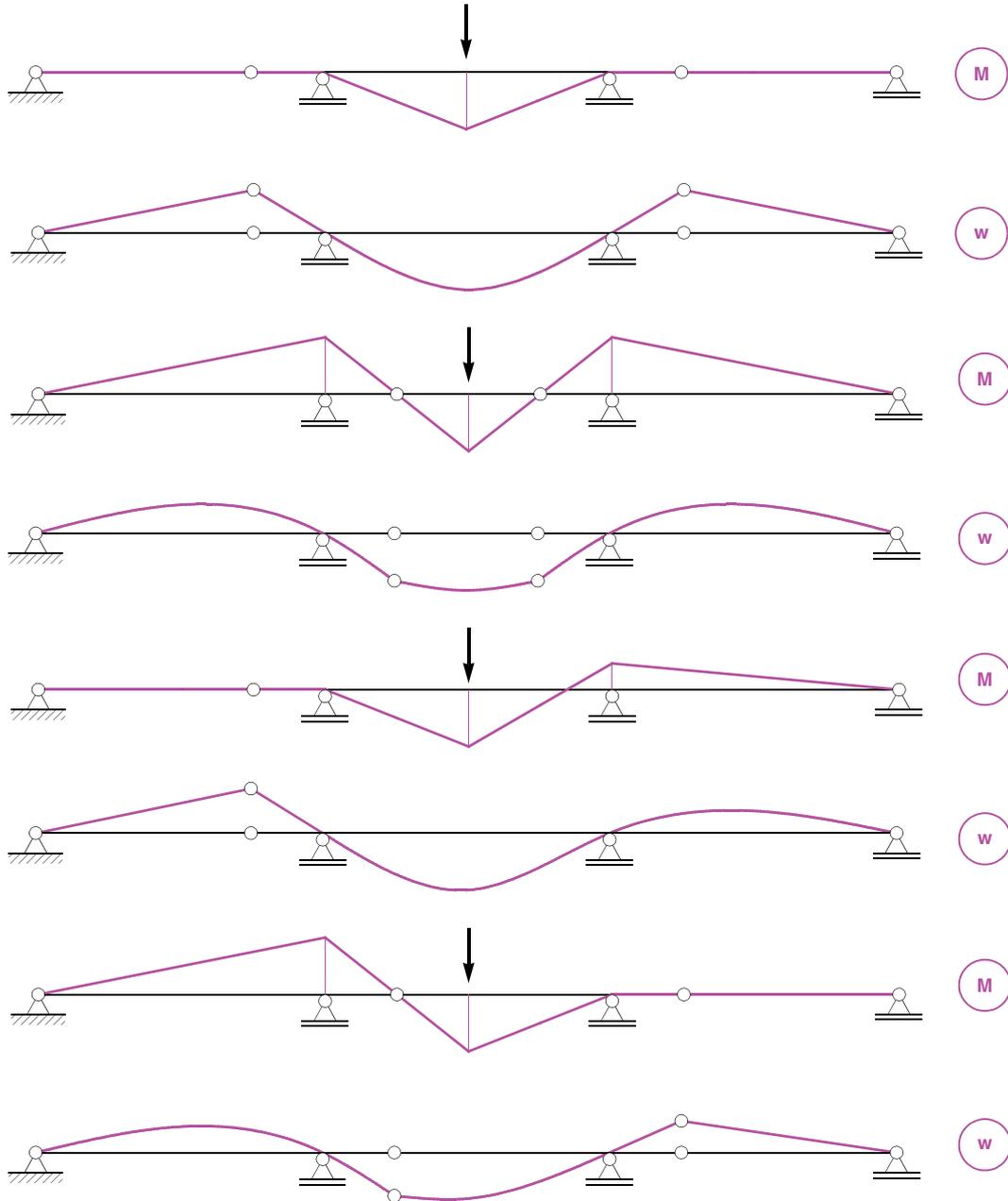
Bei einer Berechnung nach dem Kraftgrößenverfahren ist das Gleichungssystem zur Ermittlung der Unbekannten aufgestellt worden.

Geben Sie an, welche mechanische Bedeutung die Koeffizienten des Gleichungssystems haben.

### Aufgabe 2 (8 Punkte)

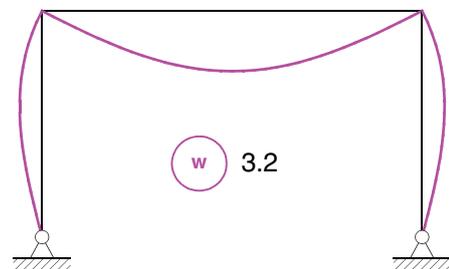
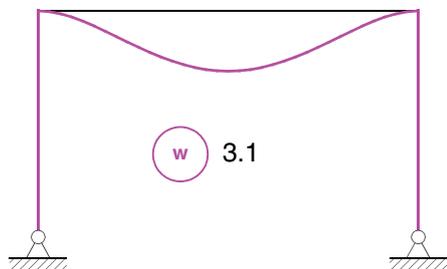
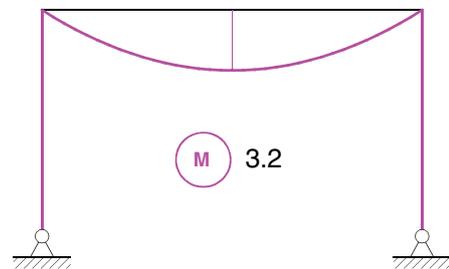
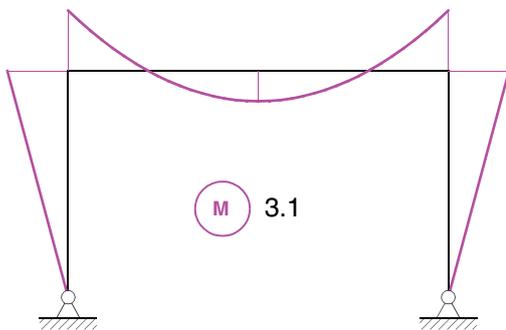
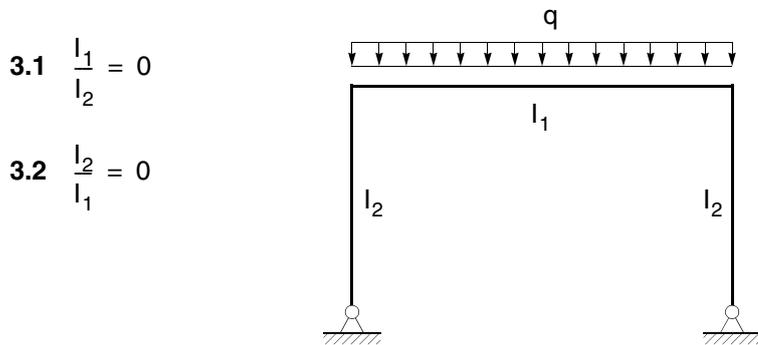
Skizzieren Sie für die nachfolgend dargestellten Systeme qualitativ die Verformung und die Momentenlinie infolge der angegebenen Einzelkraft.

Krümmungen und Wendepunkte sind in den Skizzen deutlich zu kennzeichnen.



### Aufgabe 3 (6 Punkte)

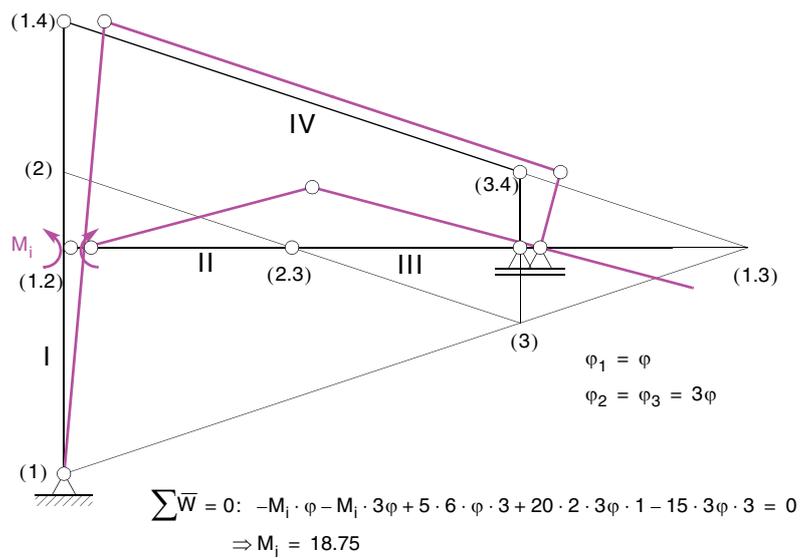
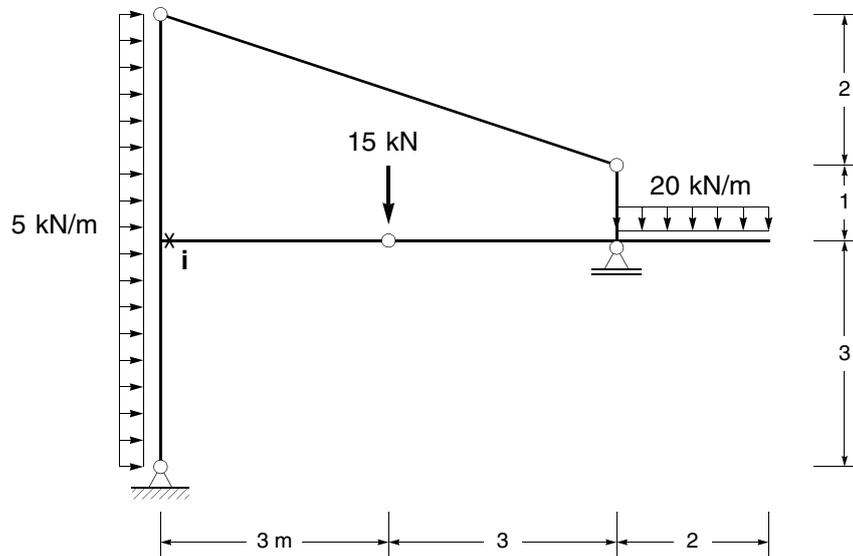
Gegeben ist der dargestellte Zweigelenrahmen. Skizzieren Sie qualitativ die Verformung und die Momentenlinie infolge der angegebenen Belastung für die angegebenen Verhältnisse der Trägheitsmomente. Das Trägheitsmoment  $I_1$  des Riegels ist ein endlicher Wert ungleich null.



### Aufgabe 4 (9 Punkte)

Ermitteln Sie für das dargestellte System das Moment im Punkt i infolge der angegebenen Belastung mit Hilfe des Prinzips der virtuellen Verschiebungen.

Polplan und virtuelle Verschiebungsfigur sind darzustellen.

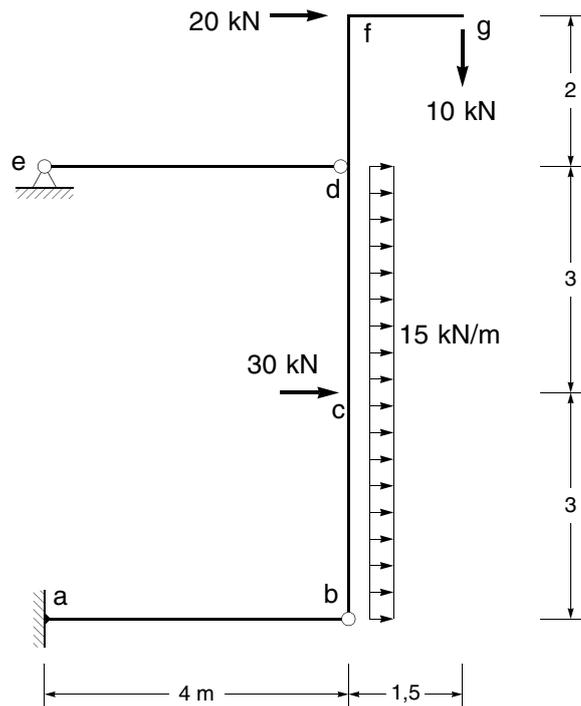


## Aufgabe 5 (13 Punkte)

Gegeben ist das nachfolgend dargestellte System.

- 5.1 Ermitteln Sie die vertikale Verschiebung des Punktes g infolge der angegebenen Belastung.
- 5.2 Ermitteln Sie die Verdrehung des Punktes c infolge einer gleichmäßigen Erwärmung des Stabes a – b um  $T_0 = 40^\circ$ .
- 5.3 Skizzieren Sie die Verformung des Systems infolge der gleichmäßigen Erwärmung nach 5.2.

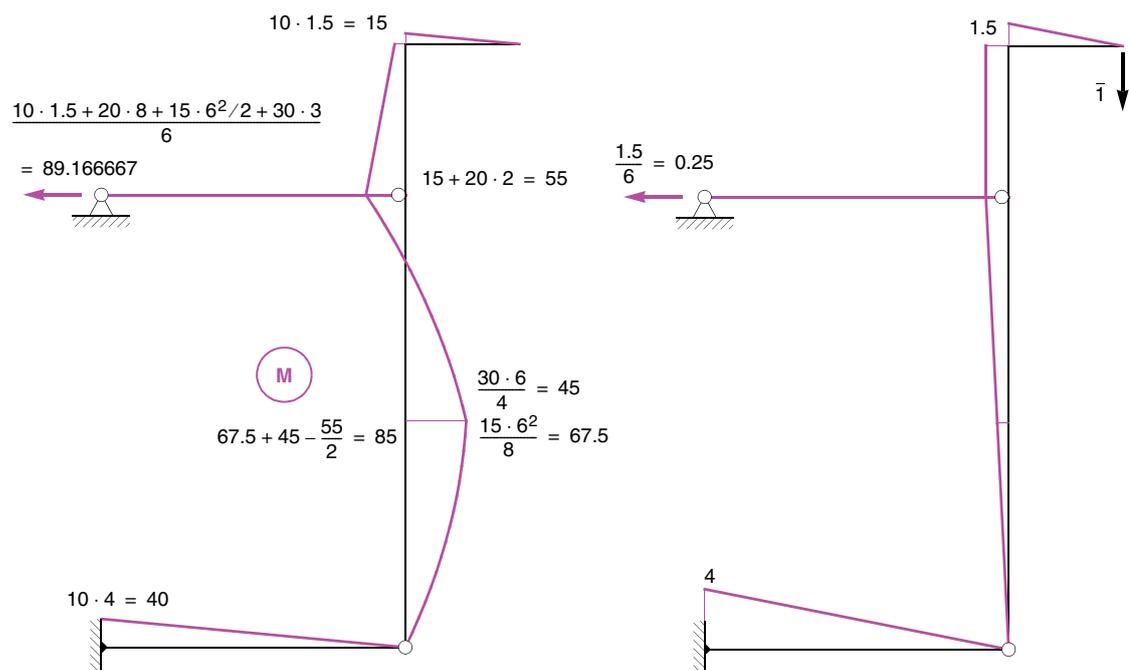
Die Normalkraftverformung im Stab e – d ist zu berücksichtigen!



$$EI = 12000 \text{ kNm}^2$$

$$EA = 24000 \text{ kN (Stab e - d)}$$

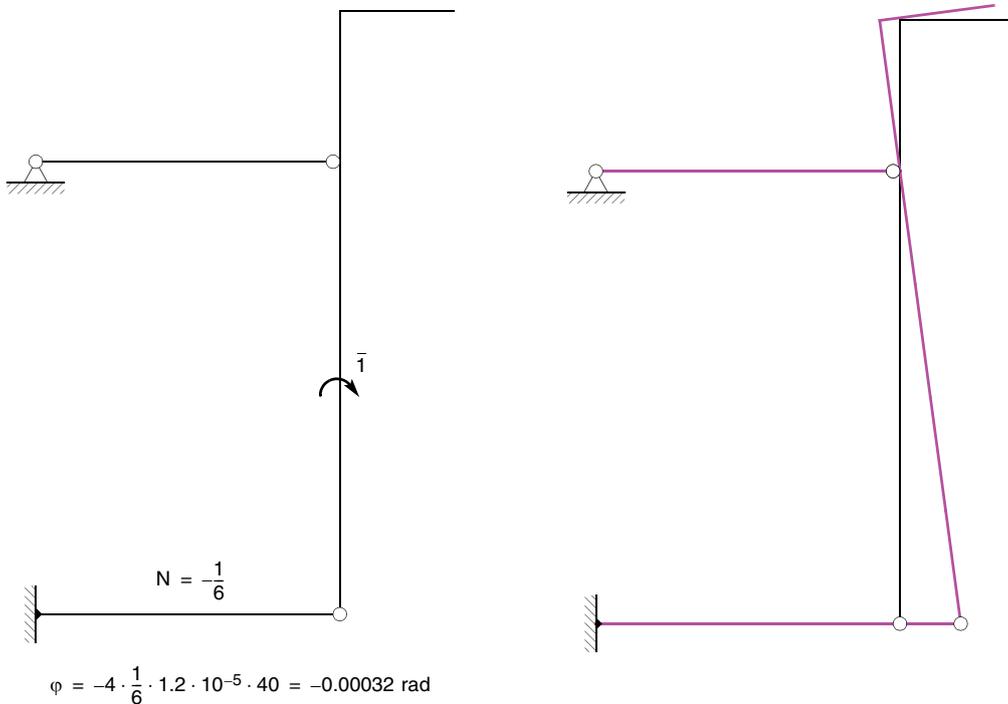
$$\alpha_T = 1.2 \cdot 10^{-5}$$



$$\delta_f = 1.5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.5 \cdot 15 + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.5 \cdot (15 + 55) + 6 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.5 \cdot 55 - 6 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.5 \cdot 67.5 - 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot 1.5 \cdot 45$$

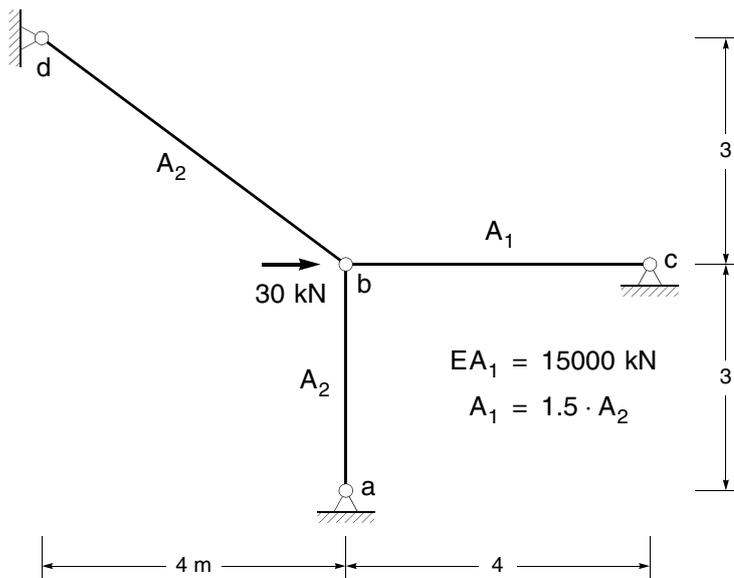
$$+ 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 4 \cdot 40 + 0.5 \cdot 4 \cdot 0.25 \cdot 89.166667 = 235.41667$$

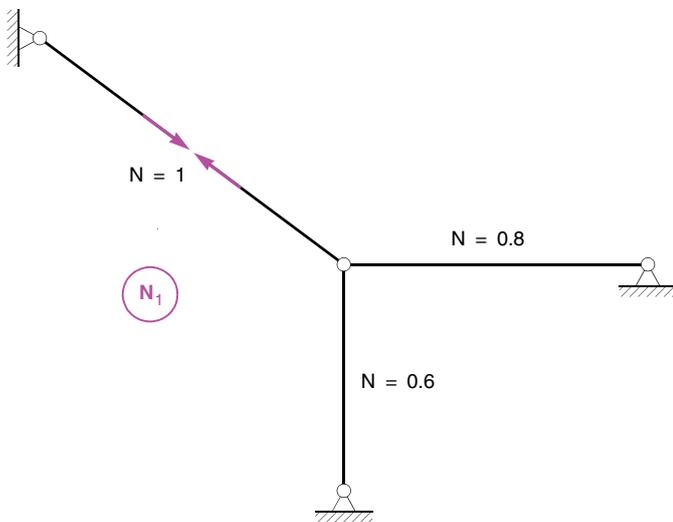
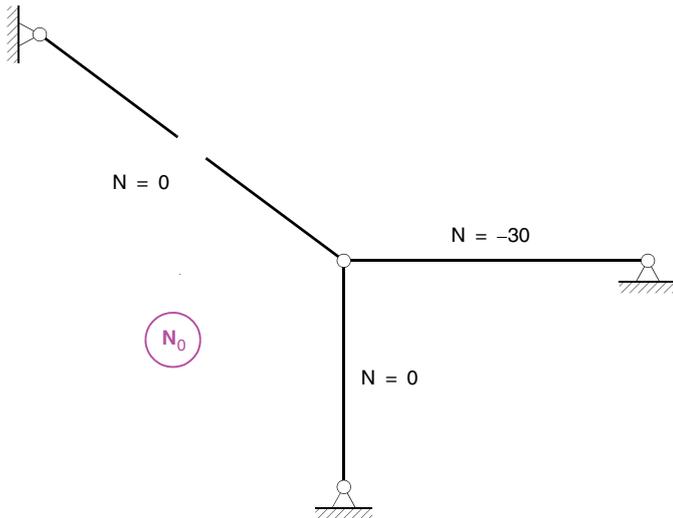
$$\delta_f = \frac{235.41667}{12000} = 0.019618056$$



### Aufgabe 6 (7 Punkte)

Das nachfolgend dargestellte System ist nach dem Kraftgrößenverfahren zu berechnen. Ermitteln Sie die Normalkräfte in den Stäben infolge der angegebenen Kraft.





$$\delta'_{11} = 1.5 \cdot 5 \cdot 1^2 + 1.0 \cdot 4 \cdot 0.8^2 + 1.5 \cdot 3 \cdot 0.6^2 = 11.68$$

$$\delta'_{10} = -1.0 \cdot 4 \cdot 0.8 \cdot 30 = -96$$

$$X_1 = \frac{-(-96)}{11.68} = 8.2191781$$

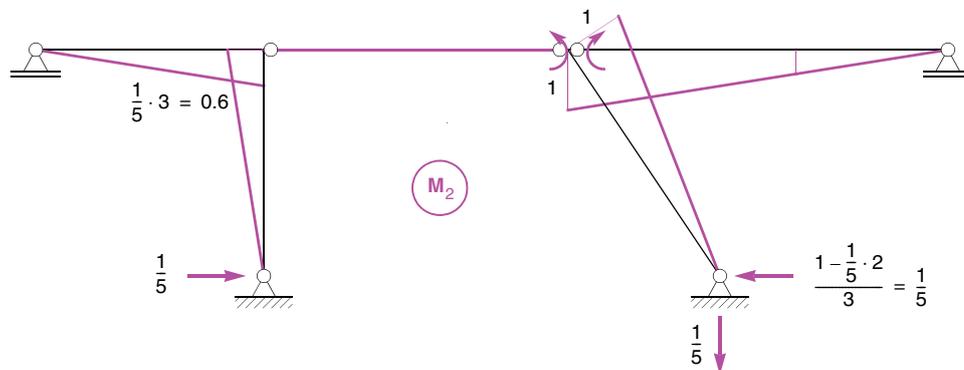
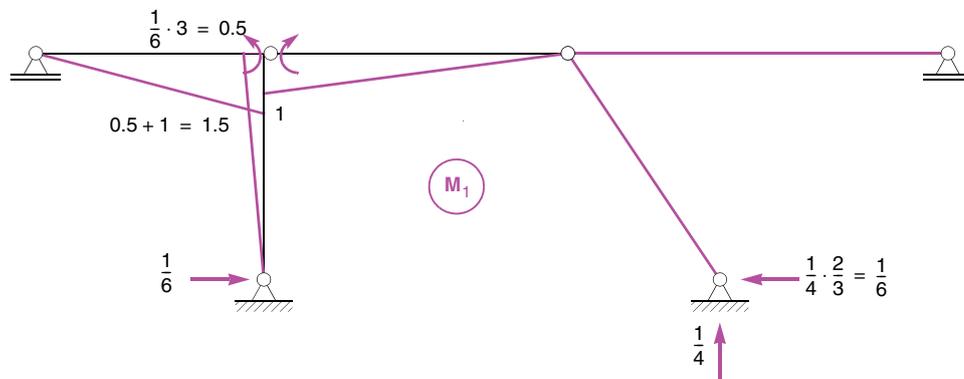
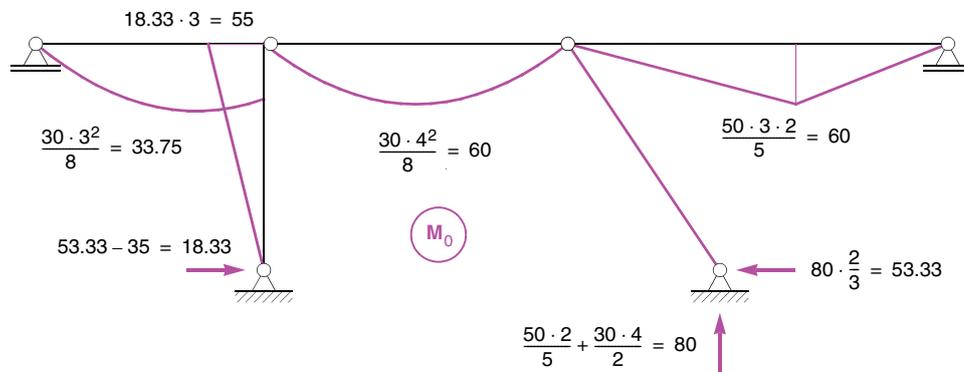
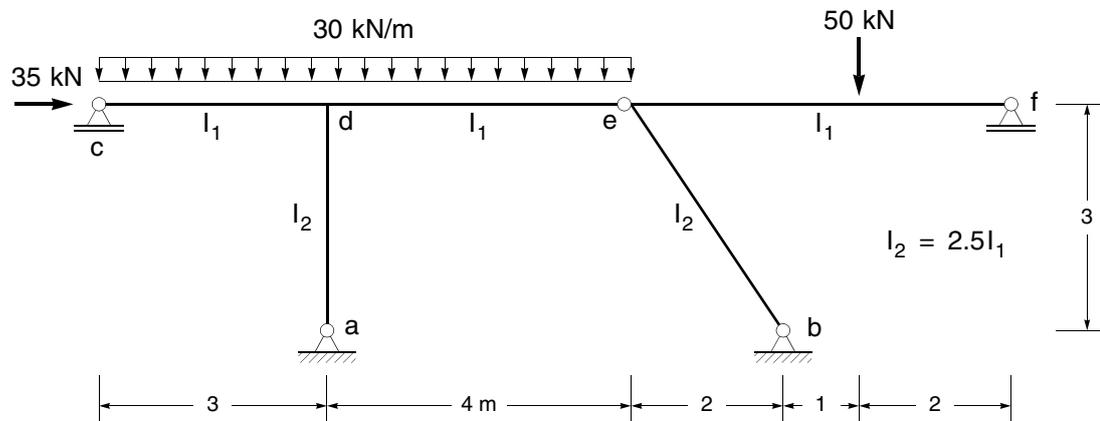
$$N_{db} = 8.2191781$$

$$N_{ab} = 0.6 \cdot 8.2191781 = 4.9315068$$

$$N_{bc} = 0.8 \cdot 8.2191781 - 30 = -23.424658$$

### Aufgabe 7 (16 Punkte)

Das nachfolgend dargestellte System ist nach dem Kraftgrößenverfahren zu berechnen. Ermitteln Sie die Momentenlinie infolge der angegebenen Belastung.



$$\delta'_{11} = 2.5 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.5^2 + 2.5 \cdot 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 + 1.0 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.5^2 = 9.2083333$$

$$\delta'_{12} = 2.5 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.5 \cdot 0.6 + 1.0 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.5 \cdot 0.6 = 2.55$$

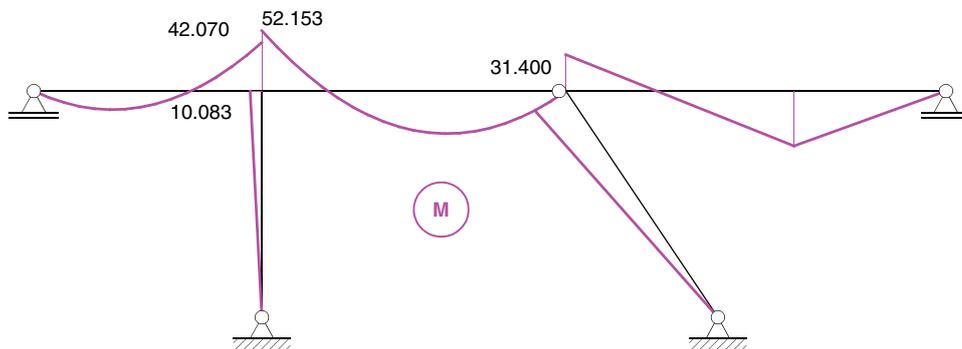
$$\delta'_{22} = 2.5 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.6^2 + 1.0 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.6^2 + 2.5 \cdot 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 + 1.0 \cdot \sqrt{13} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 = 6.6285171$$

$$\delta'_{10} = 2.5 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.5 \cdot (55 + 33.75) + 1.0 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.5 \cdot 55 + 2.5 \cdot 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 60 = 560.3125$$

$$\delta'_{20} = 2.5 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.6 \cdot (55 + 33.75) + 1.0 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.6 \cdot 55 + 2.5 \cdot 5 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 60 \cdot (1 + 0.4) = 341.125$$

$$\begin{bmatrix} 9.2083333 & 2.55 \\ 2.55 & 6.6285171 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 560.3125 \\ 341.125 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -52.153063 \\ -31.399887 \end{bmatrix}$$

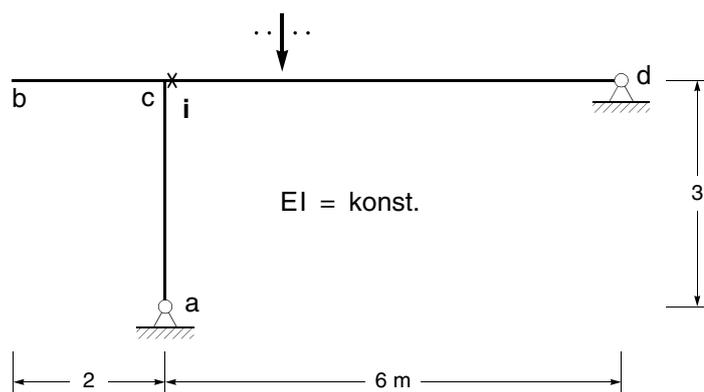
$$\begin{bmatrix} M_{da} \\ M_{dc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 55 & 0.5 & 0.6 \\ 55 & 1.5 & 0.6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -52.153063 \\ -31.399887 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10.083536 \\ -42.069527 \end{bmatrix}$$

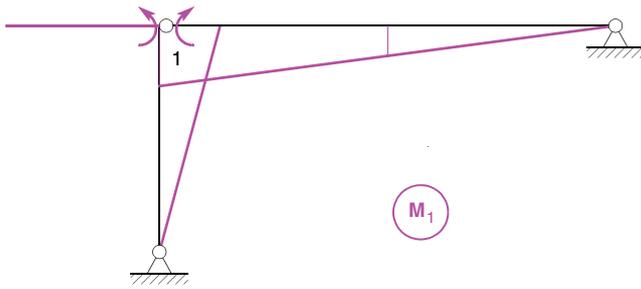


### Aufgabe 8 (9 Punkte)

Für das dargestellte System soll die Einflusslinie für das Biegemoment im Punkt i ermittelt werden.

- 8.1 Ermitteln Sie die für die Berechnung der Einflusslinie erforderliche Momentenlinie.
- 8.2 Berechnen Sie die Ordinate der Einflusslinie im Punkt b.
- 8.3 Skizzieren Sie die Einflusslinie.

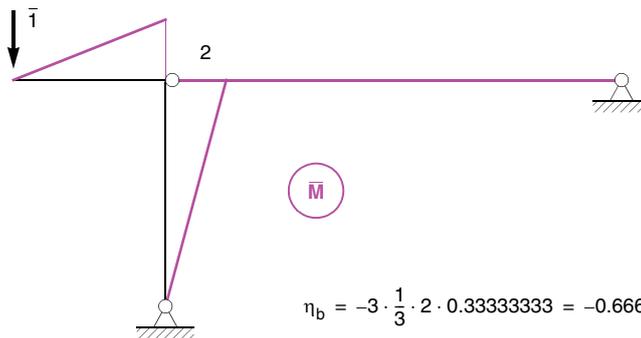
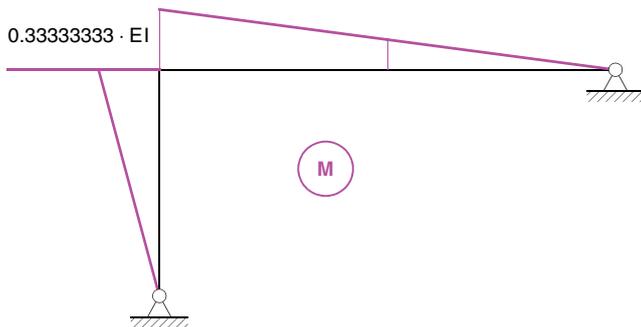




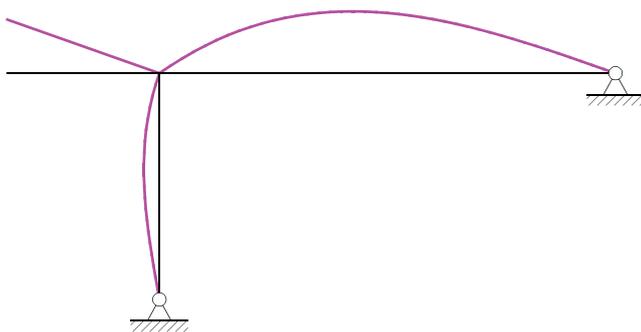
$$\delta'_{11} = 9 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 = 3$$

$$\delta'_{10} = -EI \cdot 1 \cdot (-1) = EI$$

$$X_1 = -\frac{EI}{3} = -0.33333333 \cdot EI$$



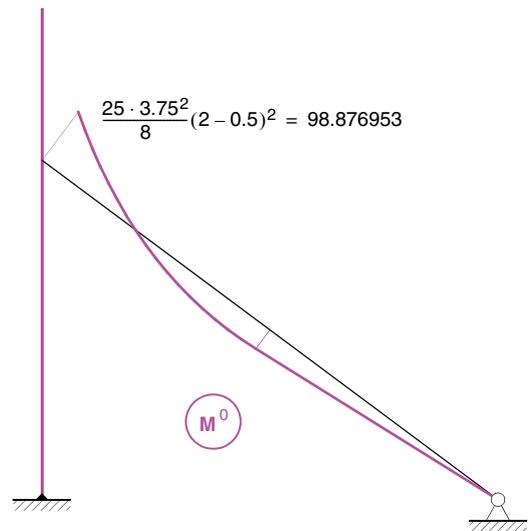
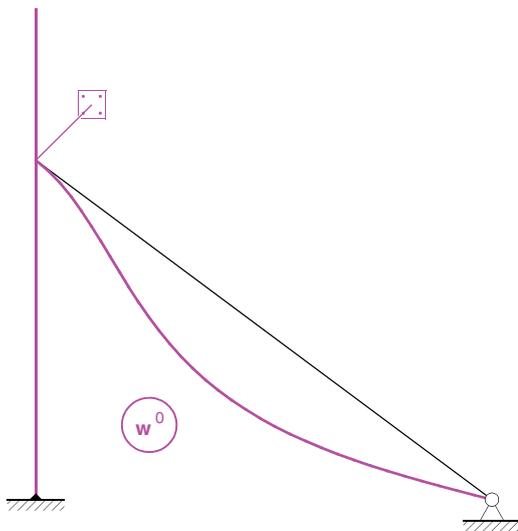
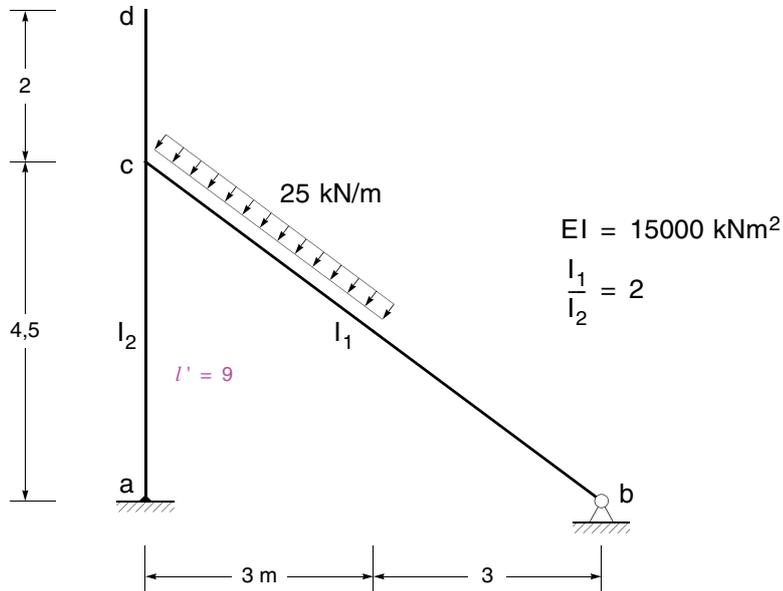
$$\eta_b = -3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot 0.33333333 = -0.66666667$$

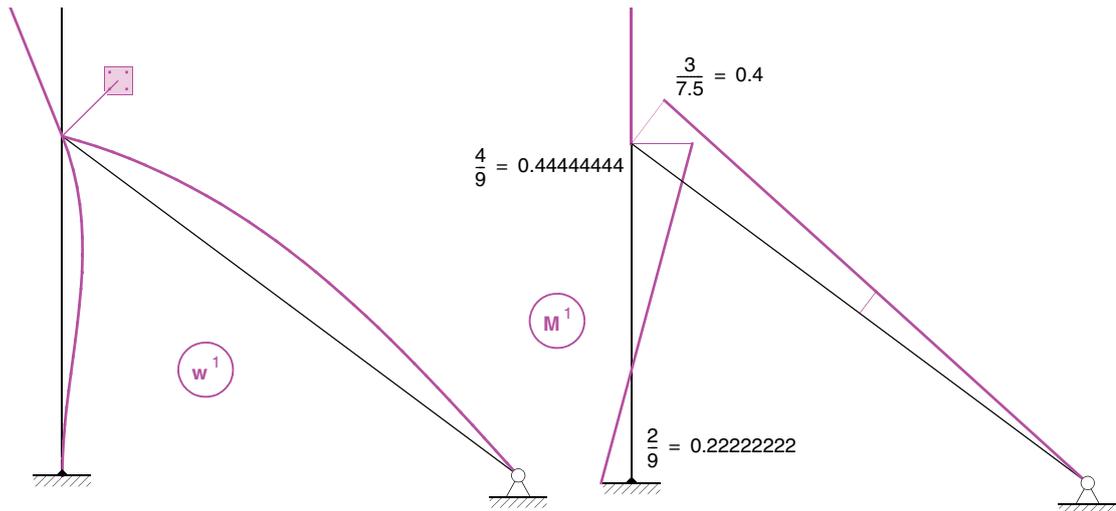


### Aufgabe 9 (6 Punkte)

Das dargestellte System ist nach dem Drehwinkelverfahren zu berechnen. Ermitteln Sie die horizontale Verschiebung des Punktes d infolge der angegebenen Streckenlast. Die Momentenlinie braucht **nicht** berechnet zu werden.

Für die Einheits- und Lastzustände sind  $w$  und  $M$  darzustellen.





$$\sum M_b = (0.4 + 0.44444444) \cdot Y_1 + 98.876953 = 0 \Rightarrow Y_1 = -117.09113$$

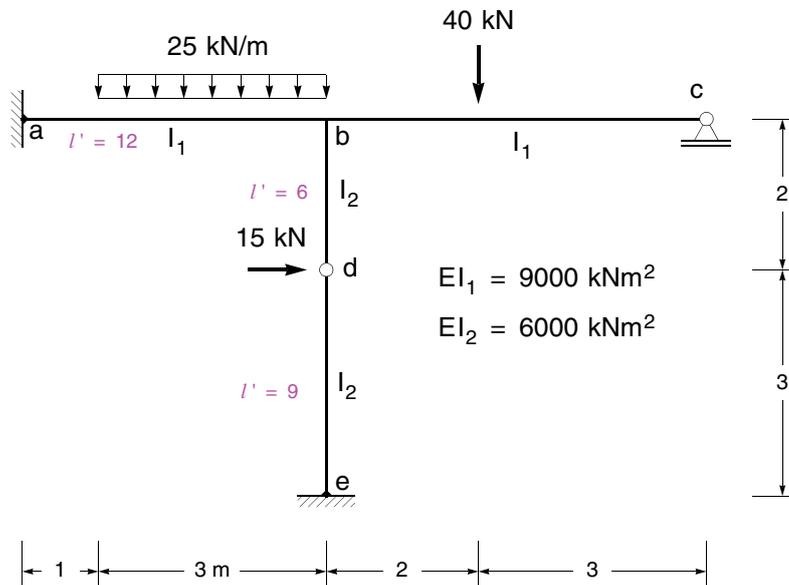
$$\delta_{b,h} = \frac{117.09113 \cdot 2}{20000} = 0.011709113 \text{ m (nach rechts)}$$

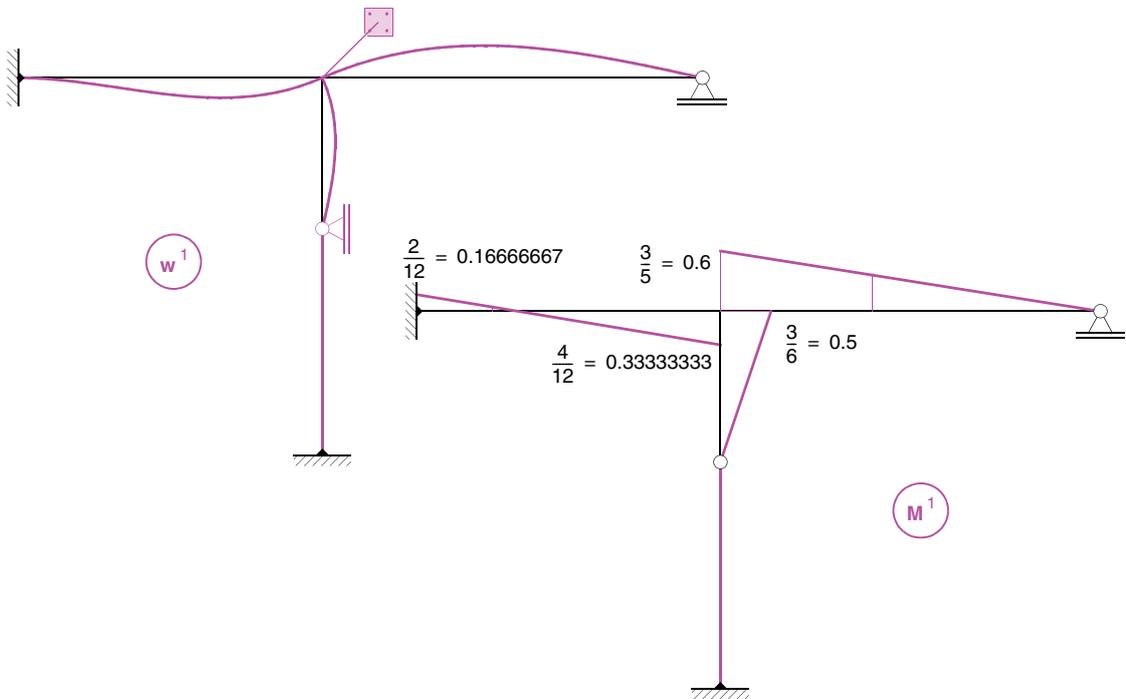
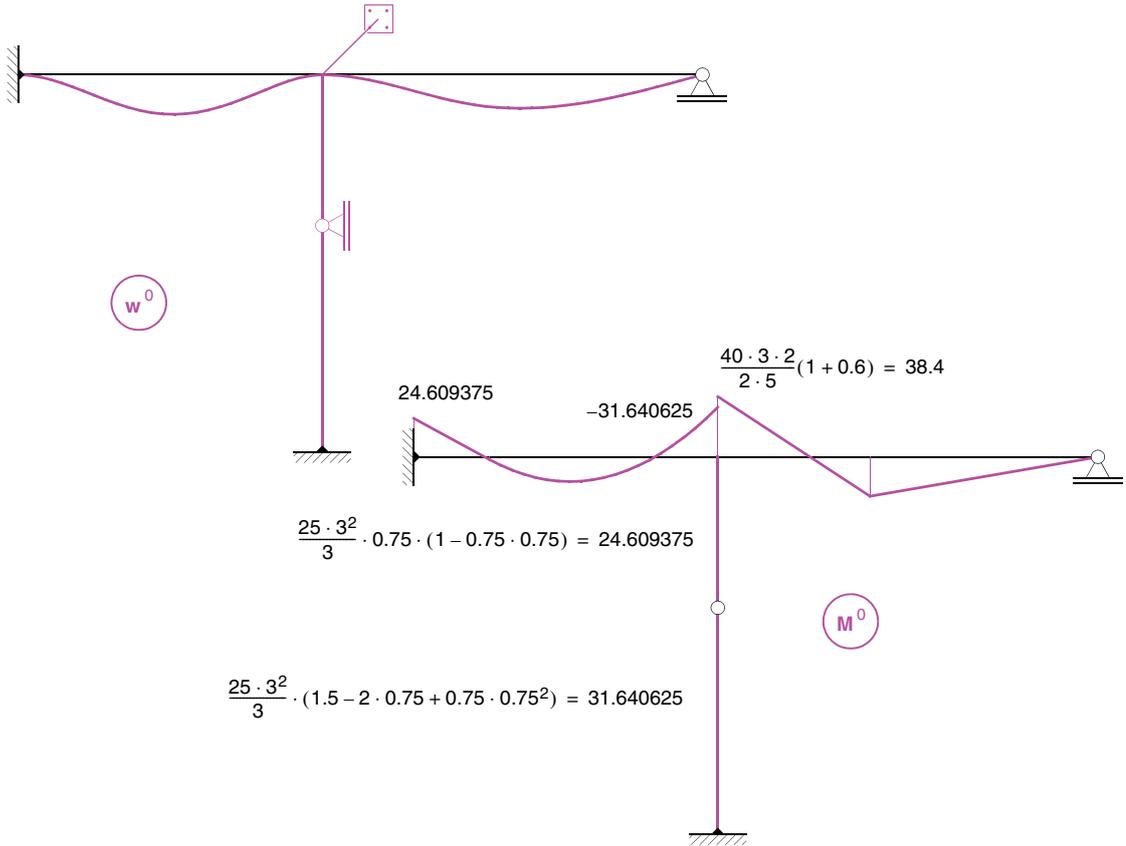
### Aufgabe 10 (13 Punkte)

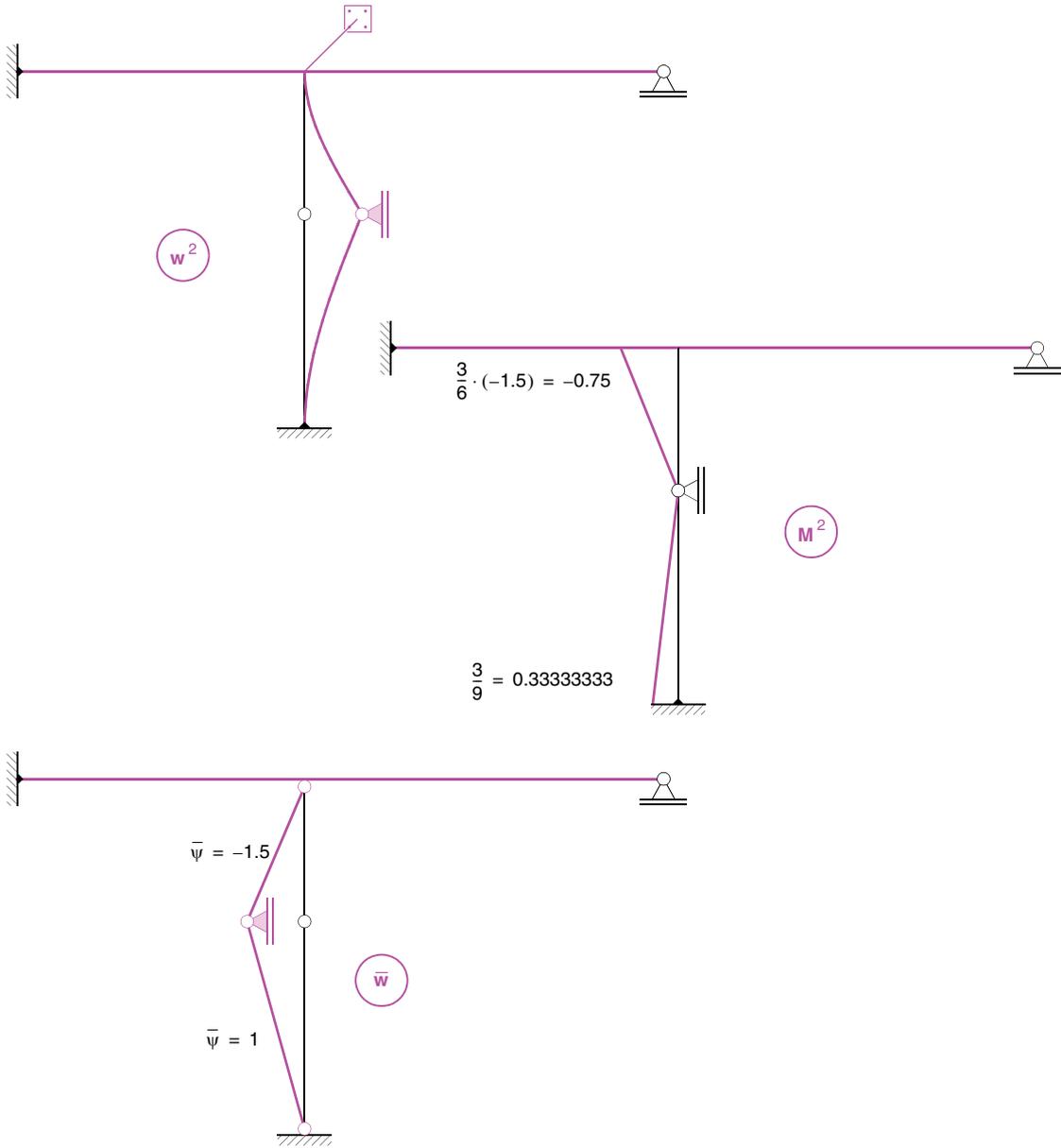
Das dargestellte System ist nach dem Drehwinkelverfahren zu berechnen.

Ermitteln Sie die Momentenlinie infolge der angegebenen Belastung.

Für die Einheits- und Lastzustände sind  $w$  und  $M$  darzustellen.







$$\sum M_b = (0.6 + 0.5 + 0.33333333) \cdot Y_1 - 0.75 \cdot Y_2 + 38.4 - 31.640625 = 0$$

$$\sum \bar{W} = 0.5 \cdot (-1.5) \cdot Y_1 + (0.33333333 \cdot 1 - 0.75 \cdot (-1.5)) \cdot Y_2 - 15 \cdot 3 = 0$$

$$\begin{bmatrix} 1.4333333 & -0.75 \\ -0.75 & 1.4583333 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 6.759375 \\ -45 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15.638778 \\ 38.899943 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_{ab} \\ M_{ba} \\ M_{bc} \\ M_{bd} \\ M_{ed} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24.609375 & 0.16666667 & 0 & 0 \\ -31.640625 & 0.33333333 & 0 & 0 \\ 38.4 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & -0.75 & 0 \\ 0 & 0 & 0.33333333 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 15.638778 \\ 38.899943 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 27.215838 \\ -26.427699 \\ 47.783267 \\ -21.355568 \\ 12.966648 \end{bmatrix}$$

