HOCHSCHULE WISMAR
Fakultät für Ingenieurwissenschaften
Bereich Bauingenieurwesen
Prof. Dr.-Ing. R. Dallmann

# Modulprüfung Baustatik I am 02. Juli 2013

Name: ............................................................

Matr.-Nr.: ....................

In dieser Klausur werden 9 Aufgaben mit insgesamt 90 erreichbaren Punkten zur Lösung angeboten. 80 erreichte Punkte entsprechen der vollständigen Lösung**.**

Erlaubte Hilfsmittel:
Taschenrechner sowie die Tabellen zur Vorlesung Baustatik I.

- Ergebnisse werden nur gewertet, wenn der Rechenweg zweifelsfrei nachvollziehbar ist.
- Es dürfen keine grünen Farbstifte verwendet werden.
- Die Verwendung von Kommunikationsmitteln ist untersagt.

Beachten Sie die anliegenden Systemskizzen!

| Aufgabe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Summe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Punkte | | | | | | | | | | |

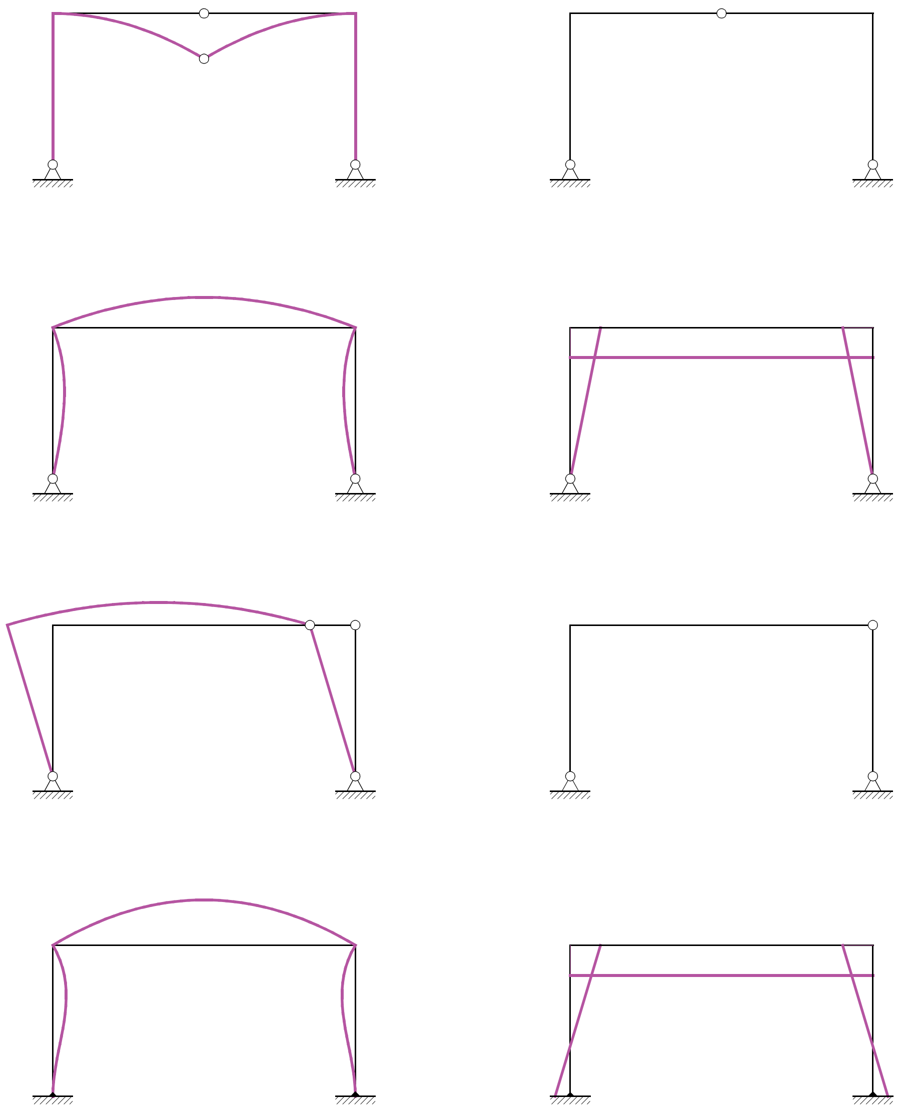
## Aufgabe 1 (3 Punkte)

Welcher Grundgleichung ist das Prinzip der virtuellen Verschiebungen äquivalent?

*Das Prinzip der virtuellen Verschiebungen ist eine alternative Form der Gleichgewichtsbedingungen*

## Aufgabe 2 (8 Punkte)

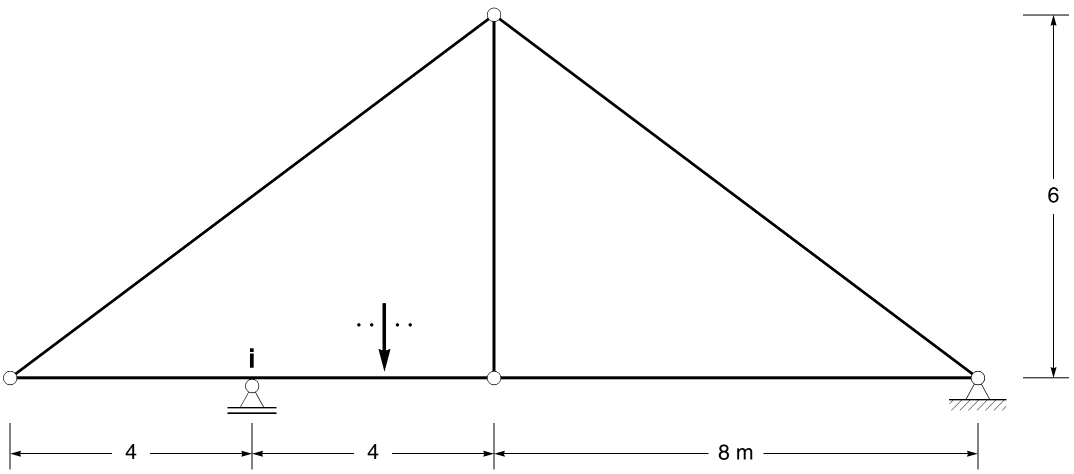
Skizzieren Sie für die nachfolgend dargestellten Systeme qualitativ die Verformung und die Momentenlinie infolge einer Temperaturdifferenz (oben wärmer) im Riegel.

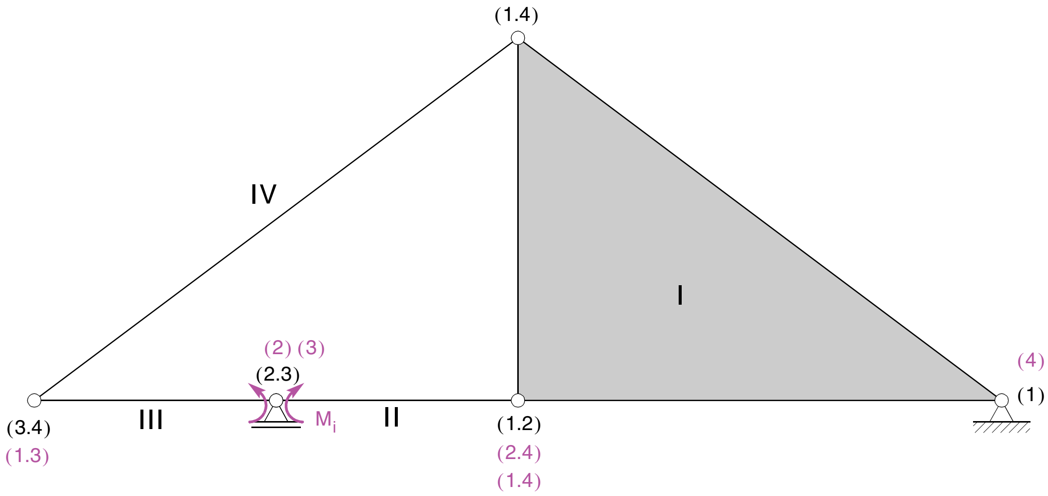


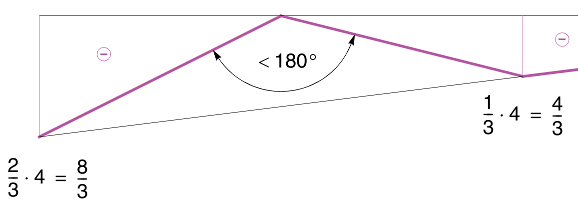
## Aufgabe 3 (9 Punkte)

Ermitteln Sie für das dargestellte System die Einflusslinie für das Moment im Punkt i nach der kinematischen Methode.

Die Bestimmung der Einflusslinienordinaten sowie des Vorzeichens muss zweifelsfrei nachvollziehbar sein.



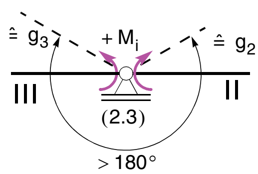




$\varphi_2 = 2\varphi_1$ $\qquad \varphi_2 + \varphi_3 = 1$

$\varphi_3 = 4\varphi_1$ $\qquad \varphi_2(1+2) = 1$

$\varphi_3 = 2\varphi_2$ $\qquad \varphi_2 = \frac{1}{3}$




negative Arbeit

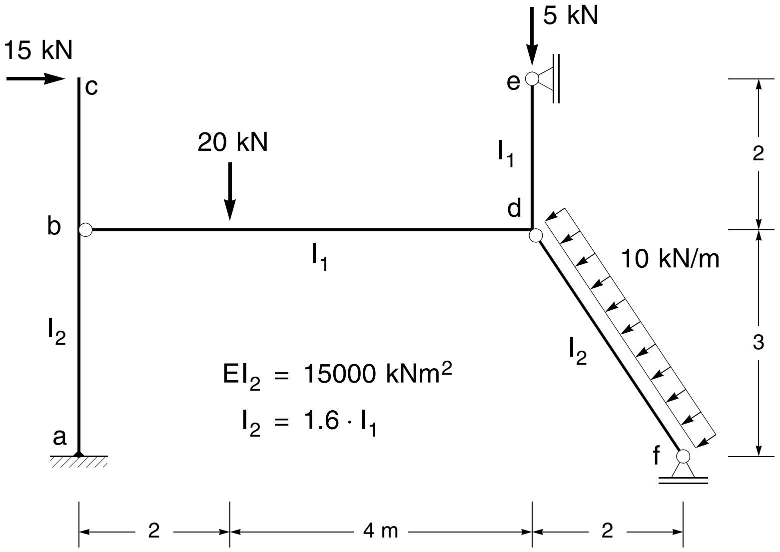
in Skizze: Knick „-1“ bewirkt einen Winkel $> 180°$ unterhalb von III und II

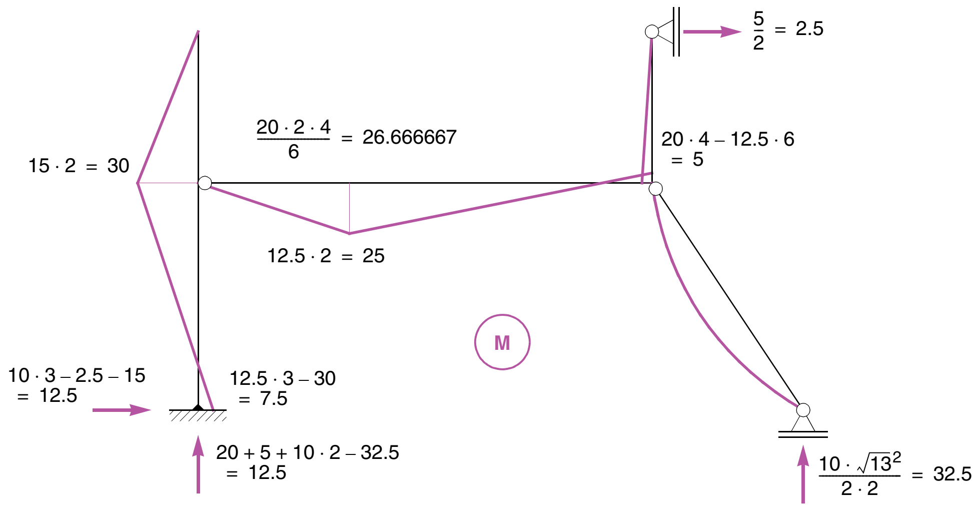
in EL: Der Winkel unterhalb $g_3$ und $g_2$ ist $< 180°$

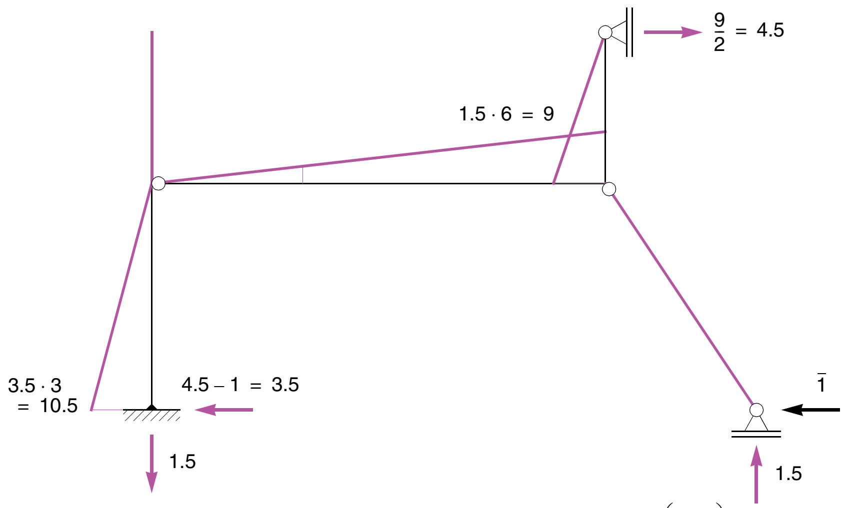
Widerspruch $\Rightarrow$ in Lastrichtung ($\downarrow$) negativ!

## Aufgabe 4 (9 Punkte)

Gegeben ist das nachfolgend dargestellte System.
Ermitteln Sie die Verschiebung des Punktes f infolge der angegebenen Belastung.



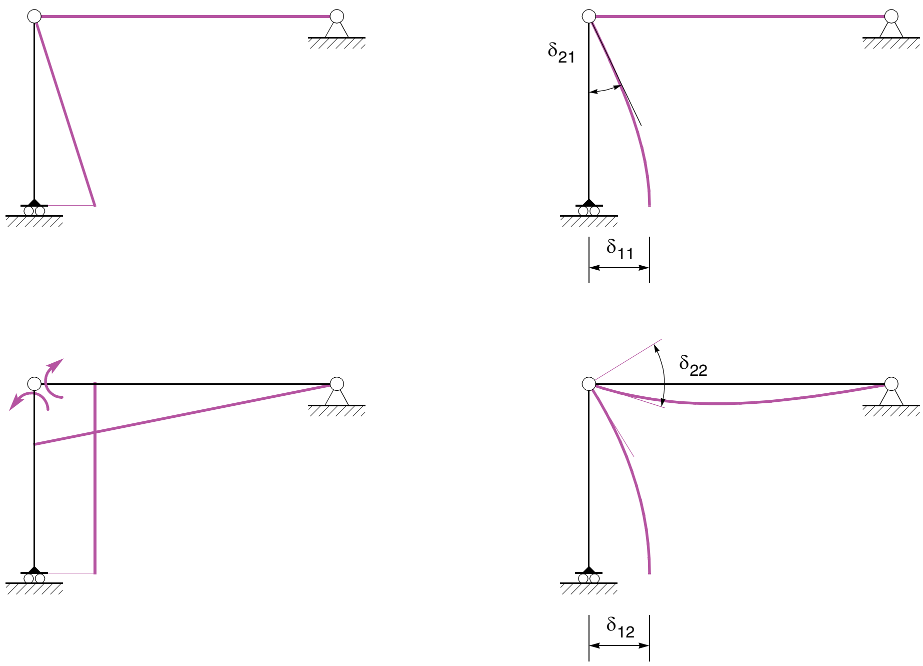




$$\delta'_f = 3 \cdot \frac{1}{6} \cdot 10.5 \cdot (30 - 2 \cdot 7.5) + 1.6 \cdot 6 \cdot \frac{1}{3} \cdot 9 \cdot 5 - 1.6 \cdot 6 \cdot \frac{1}{6} \cdot 9 \cdot 26.666667 \cdot \left(1 + \frac{1}{3}\right) + 1.6 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 9 \cdot 5 = -241.25$$

$$\delta_f = \frac{241.25}{15000} = 0.016083333 \text{ m (nach rechts)}$$

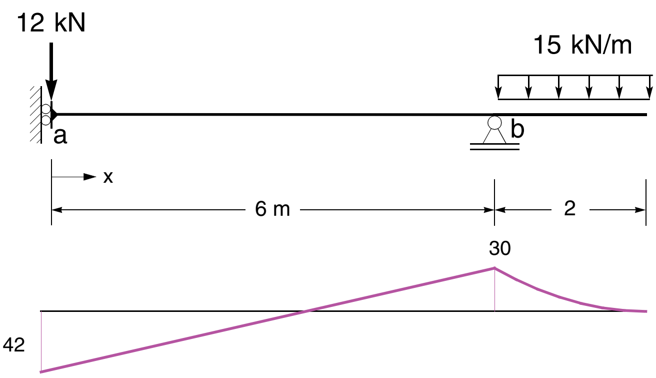
## Aufgabe 5 (6 Punkte)

Skizzieren Sie für das dargestellte System qualitativ die Einheitsspannungszustände sowie die zugehörigen Biegelinien. Das zu verwendende Hauptsystem ist vorgegeben. Zeichnen Sie die Werte $\delta_{11}$, $\delta_{12}$, $\delta_{21}$ und $\delta_{22}$ in die entsprechenden Skizzen ein.




## Aufgabe 6 (6 Punkte)

Ermitteln Sie den Verlauf der Durchbiegung $EIw(x)$ im Bereich a – b infolge der angegebenen Belastung durch Lösung der Differenzialgleichung.




$$M(x) = -12x + 42$$
$$EIw''(x) = 12x - 42$$
$$EIw'(x) = 6x^2 - 42x + c_1$$
$$EIw(x) = 2x^3 - 21x^2 + c_1 x + c_2$$

Randbedingungen:

$w'(0) = 0 \rightarrow c_1 = 0$

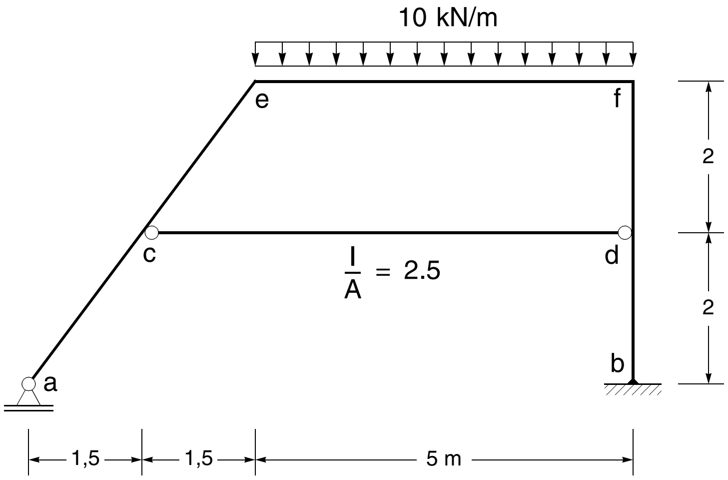
$w(6) = 0 \rightarrow 2(6^3) - 21(6^2) + c_2 = 0 \rightarrow c_2 = 324$

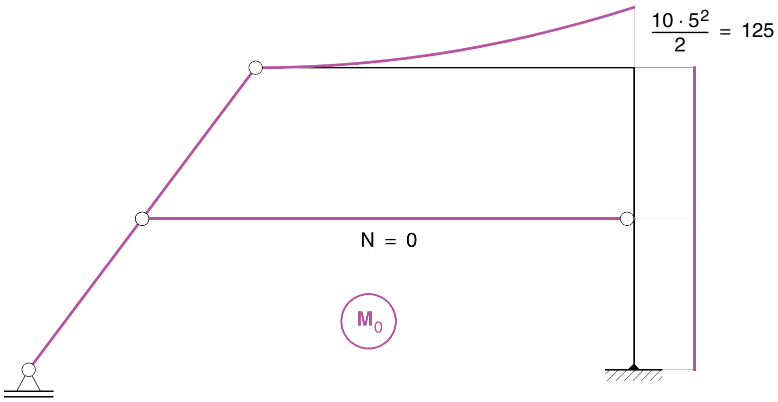
$EIw(x) = 2x^3 - 21x^2 + 324$

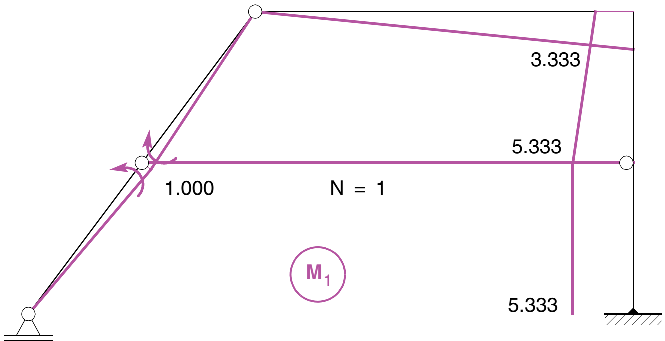
## Aufgabe 7 (16 Punkte)

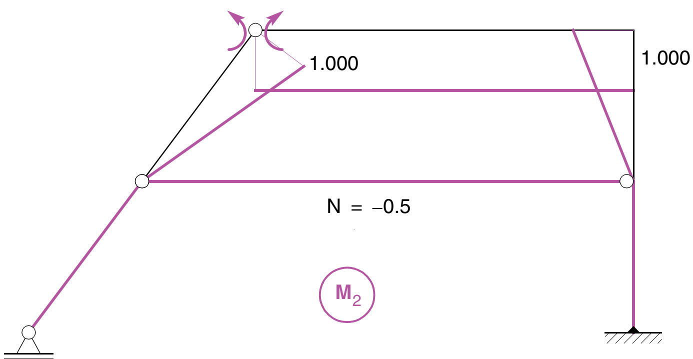
Das nachfolgend dargestellte System ist nach dem Kraftgrößenverfahren zu berechnen. Ermitteln Sie die Momentenlinie infolge der angegebenen Belastung.

Die Normalkraftverformung im Stab c – d ist zu berücksichtigen!



$$\delta'_{11} = 2.5 \cdot 6.5 \cdot 1^2 + 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 + 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3.333^2 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot (3.333^2 + 3.333 \cdot 5.333 + 5.333^2) + 2 \cdot 5.333^2 = 131.5463$$

$$\delta'_{12} = -2.5 \cdot 6.5 \cdot 1 \cdot 0.5 + 2.5 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 1 + 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 3.333 + 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot (2 \cdot 3.333 + 5.333) = 4.625$$

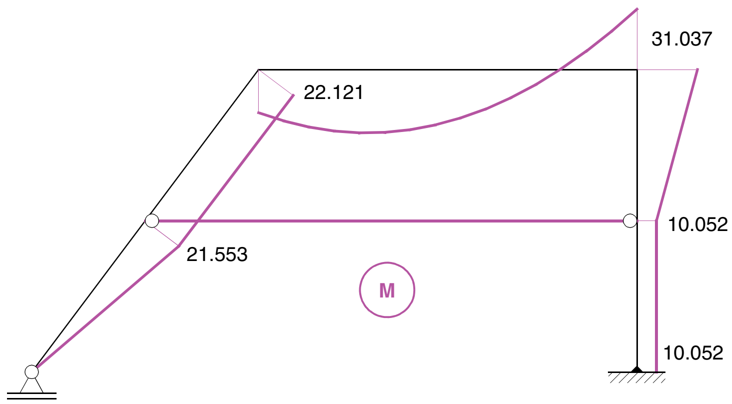
$$\delta'_{22} = 2.5 \cdot 6.5 \cdot 0.5^2 + (2.5 + 2) \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 + 5 \cdot 1^2 = 10.5625$$

$$\delta'_{10} = -5 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3.333 \cdot 125 - 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot (3.333 + 5.333) \cdot 125 - 2 \cdot 5.333 \cdot 125 = -2937.5$$

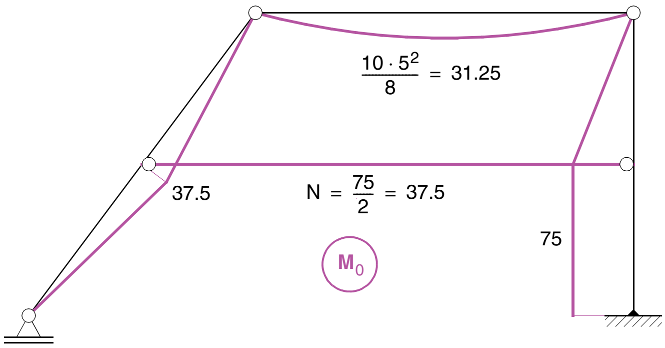
$$\delta'_{20} = -5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 125 - 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 125 = -333.333$$

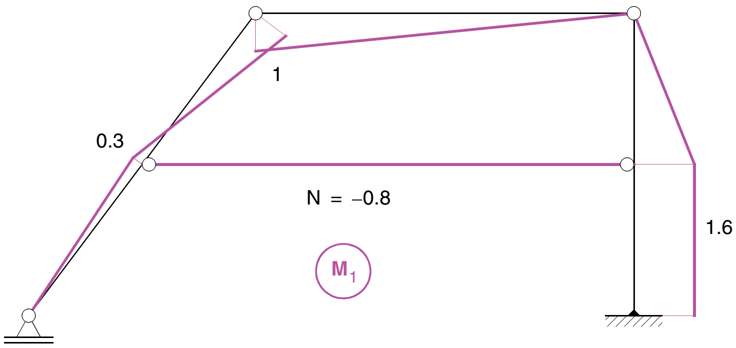
$$\begin{bmatrix} 131.5463 & 4.625 \\ 4.625 & 10.5625 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -2937.5 \\ -333.333 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21.552801 \\ 22.120833 \end{bmatrix}$$

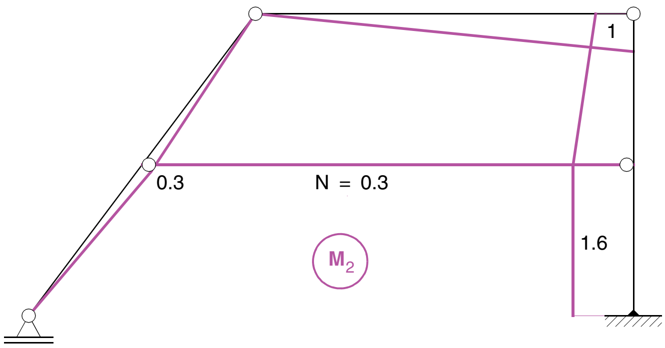
$$\begin{bmatrix} M_c \\ M_e \\ M_f \\ M_d \\ M_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -125 & 3.333 & 1 \\ -125 & 5.333 & 0 \\ -125 & 5.333 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 21.552801 \\ 22.120833 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21.552801 \\ 22.120833 \\ -31.036497 \\ -10.051728 \\ -10.051728 \end{bmatrix}$$



**alternatives Hauptsystem**




$$\delta'_{11} = 2.5 \cdot 6.5 \cdot 0.8^2 + 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 + 2.5 \cdot \frac{1}{3} \cdot (1^2 - 1 \cdot 0.3 + 0.3^2) + 2.5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.3^2 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.6^2 + 2 \cdot 1.6^2 = 19.626667$$

$$\delta'_{12} = -2.5 \cdot 6.5 \cdot 0.8 \cdot 0.3 + 5 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 1 - 2.5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.3 \cdot 0.3 + 2.5 \cdot \frac{1}{6} \cdot 0.3 \cdot (1 - 2 \cdot 0.3) - 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1.6 \cdot (1 + 2 \cdot 1.6) - 2 \cdot 1.6 \cdot 1.6 = -10.451667$$

$$\delta'_{22} = 2.5 \cdot 6.5 \cdot 0.3^2 + 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.3^2 + 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot (1^2 + 1 \cdot 1.6 + 1.6^2) + 2 \cdot 1.6^2 = 11.839167$$

$$\delta'_{10} = -2.5 \cdot 6.5 \cdot 0.8 \cdot 37.5 + 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 31.25 - 2.5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.3 \cdot 37.5 + 2.5 \cdot \frac{1}{6} \cdot 37.5 \cdot (1 - 2 \cdot 0.3) - 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.6 \cdot 75 - 2 \cdot 1.6 \cdot 75 = -758.54167$$

$$\delta'_{20} = 2.5 \cdot 6.5 \cdot 0.3 \cdot 37.5 + 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 31.25 + 5 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0.3 \cdot 37.5 + 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 75 \cdot (1 + 2 \cdot 1.6) + 2 \cdot 75 \cdot 1.6 = 598.64583$$

$$\begin{bmatrix} 19.626667 & -10.451667 \\ -10.451667 & 11.839167 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -758.54167 \\ 415.83333 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22.120865 \\ -31.036469 \end{bmatrix}$$

## Aufgabe 8 (15 Punkte)

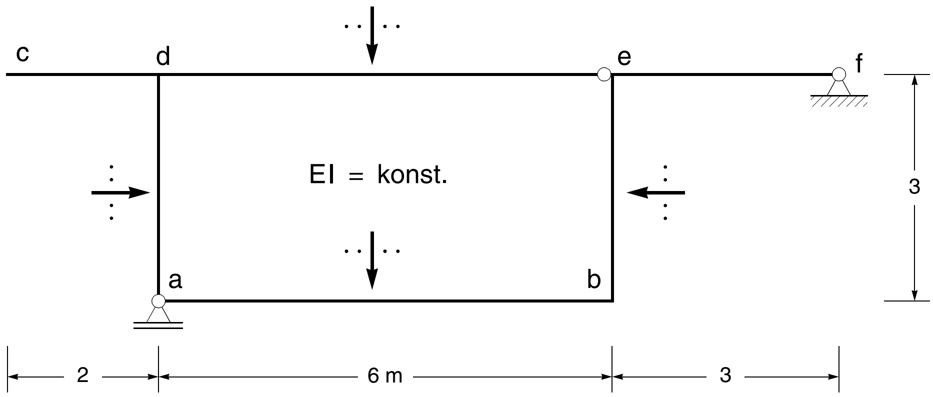
Für das dargestellte System soll die Einflusslinie für die Normalkraft im Stab a – b ermittelt werden.

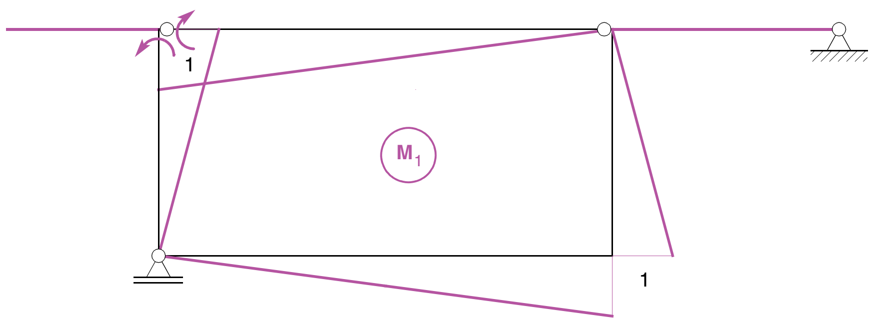
**8.1** Ermitteln Sie die für die Berechnung der Einflusslinie erforderliche Momentenlinie.

**8.2** Berechnen Sie die Ordinate der Einflusslinie im Punkt e.

**8.3** Berechnen Sie die Ordinate der Einflusslinie im Punkt a.

**8.4** Skizzieren Sie die Einflusslinie.

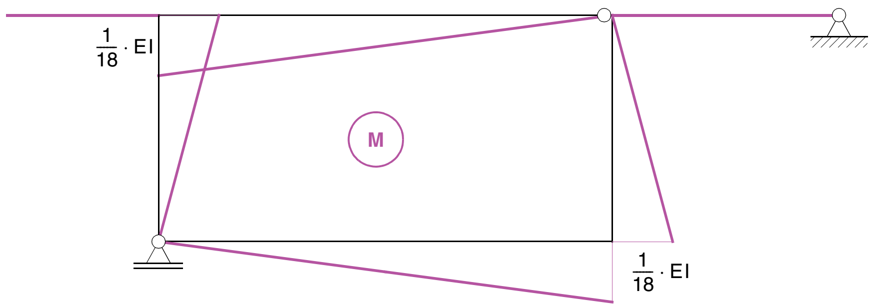


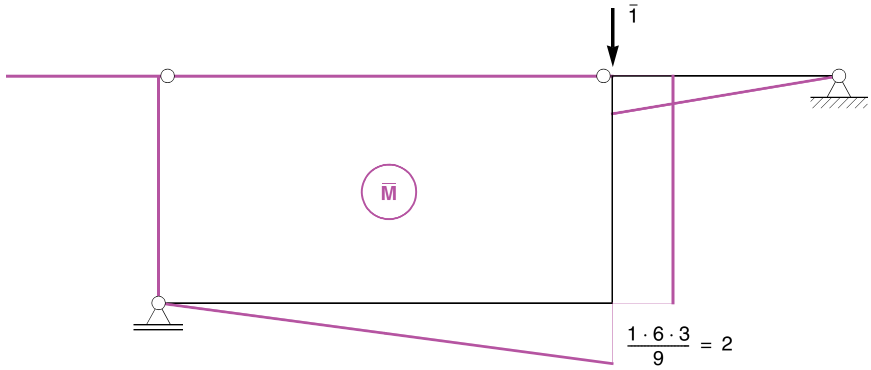




$$\delta'_{11} = 18 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 = 6$$

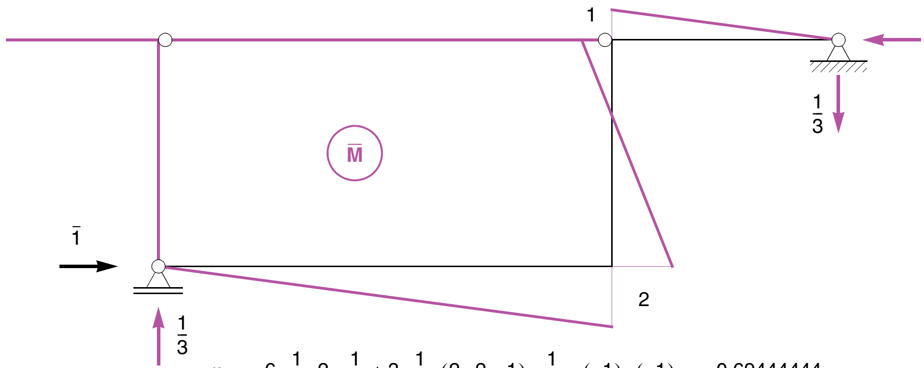
$$\delta'_{10} = -EI \cdot \left(-\frac{1}{3}\right) \cdot (-1) = -\frac{1}{3} EI$$

$$X_1 = -\frac{-\frac{1}{3} EI}{6} = \frac{1}{18} \cdot EI$$

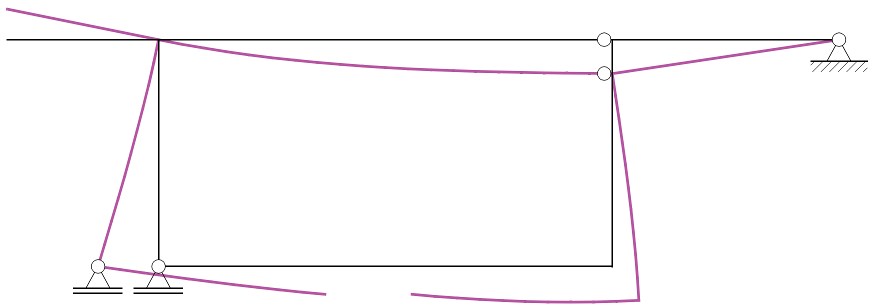





$$\eta_b = 6 \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot \frac{1}{18} + 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot \frac{1}{18} = 0.38888889$$




$$\eta_b = 6 \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot \frac{1}{18} + 3 \cdot \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot 2 - 1) \cdot \frac{1}{18} - (-1) \cdot (-1) = -0.69444444$$



## Aufgabe 9 (18 Punkte)

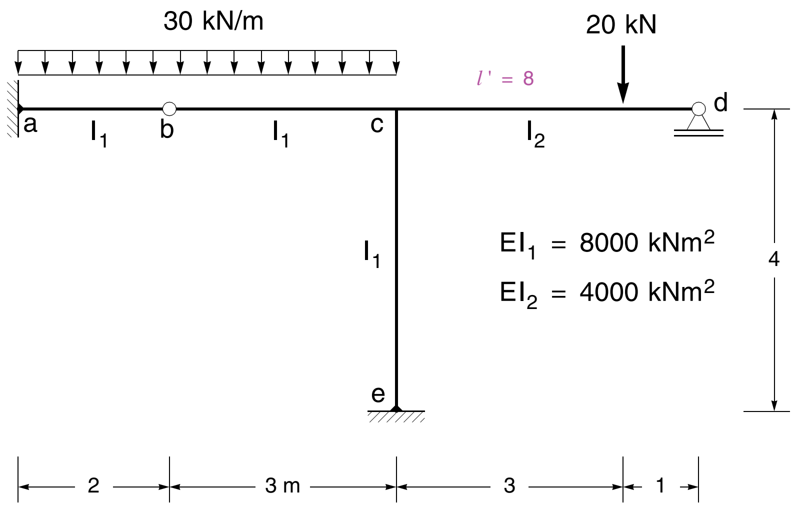
Das dargestellte System ist nach dem Drehwinkelverfahren zu berechnen.

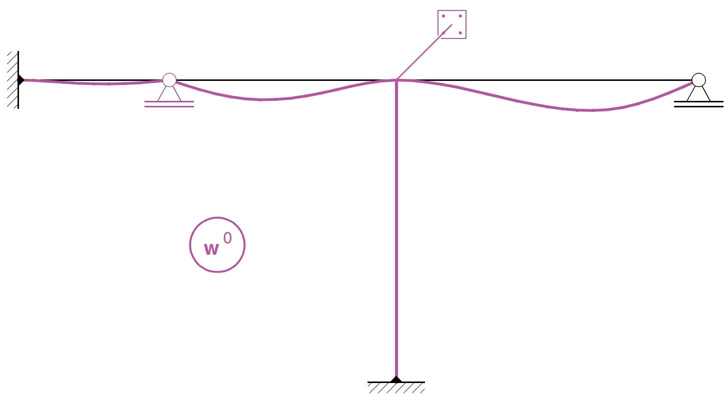
**9.1** Ermitteln Sie die Momentenlinie infolge der angegebenen Belastung.

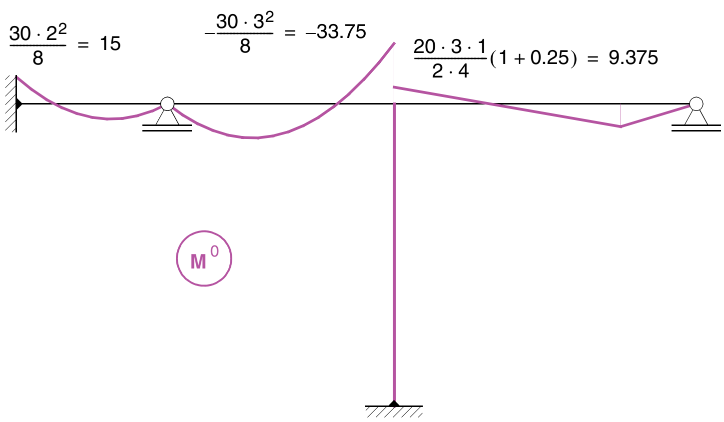
**9.2** Ermitteln Sie die Verschiebung des Punktes b infolge der angegebenen Belastung nach Größe und Richtung.

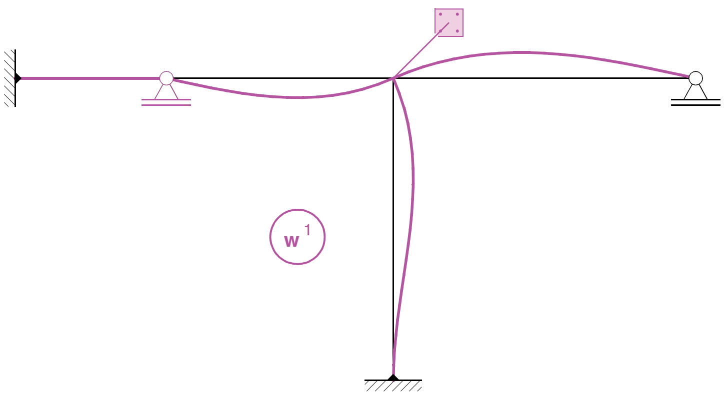
**9.3** Ermitteln Sie den Lastverformungszustand infolge einer Senkung des Auflagerpunktes e um 0,04 m.

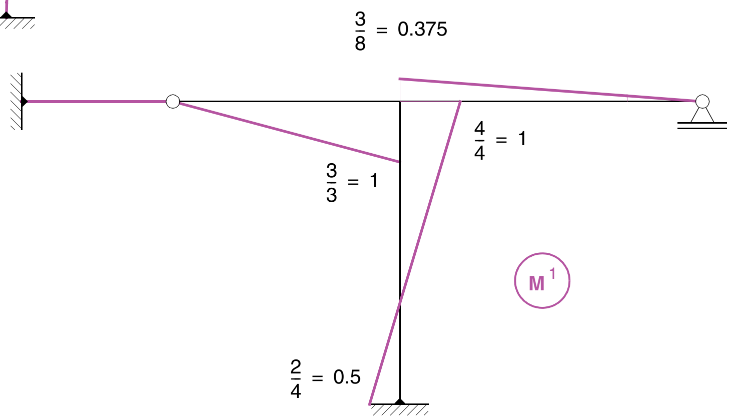
Für die Einheits- und Lastzustände sind w und M darzustellen.

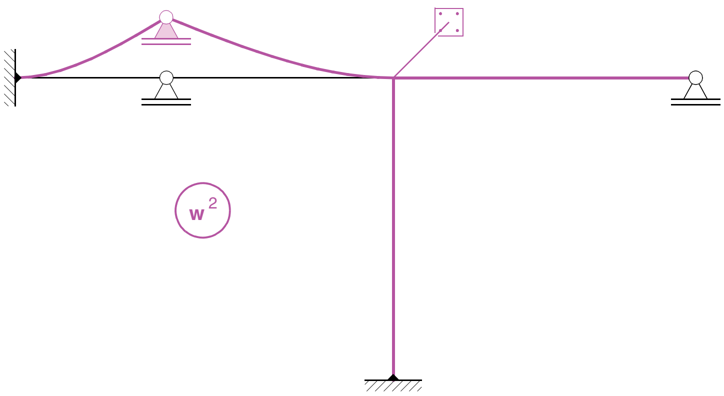


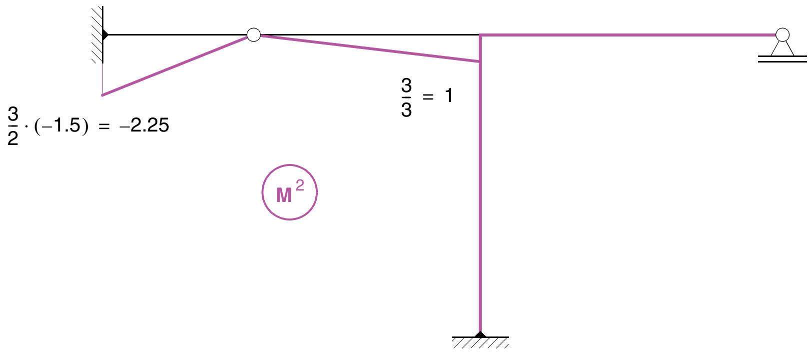



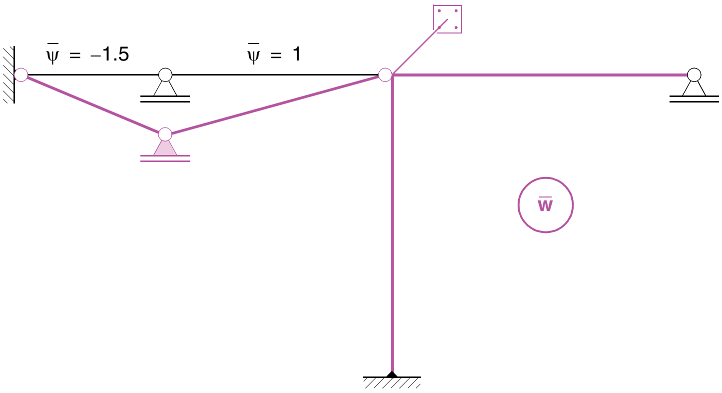




$w^1$


$\frac{3}{8} = 0.375$
$\frac{4}{4} = 1$
$\frac{3}{3} = 1$
$M^1$
$\frac{2}{4} = 0.5$


$w^2$


$\frac{3}{3} = 1$
$\frac{3}{2} \cdot (-1.5) = -2.25$
$M^2$

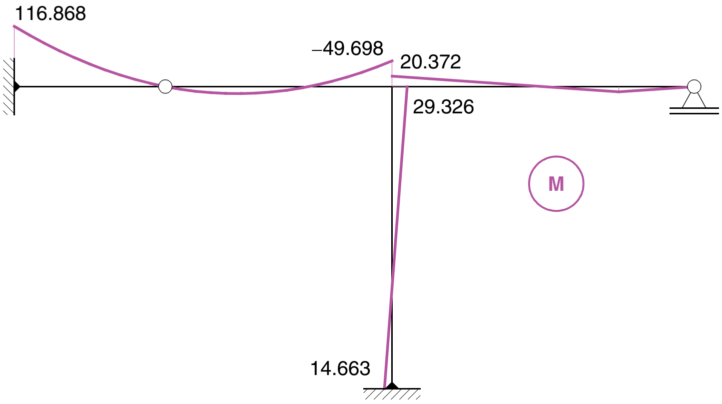



$$\sum M_b = (1 + 1 + 0.375) \cdot Y_1 + 1 \cdot Y_2 + 9.375 - 33.75 = 0$$

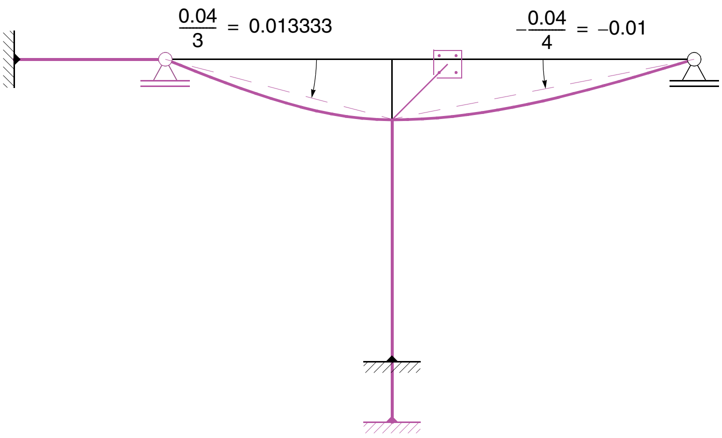
$$\sum \overline{W} = 1 \cdot 1 \cdot Y_1 + (1 \cdot 1 - 2.25 \cdot (-1.5)) \cdot Y_2 + 15 \cdot (-1.5) - 33.75 \cdot 1 + 30 \cdot 2 \cdot 1.5 + 30 \cdot 3 \cdot 1.5 = 0$$

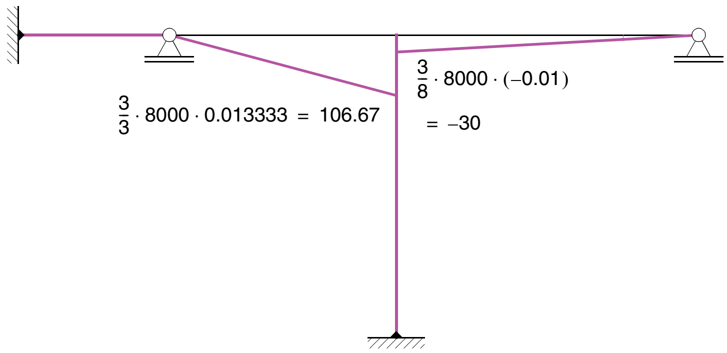
$$\begin{bmatrix} 2.375 & 1 \\ 1 & 4.375 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -24.375 \\ 168.75 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 29.326123 \\ -45.274542 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_{ab} \\ M_{cb} \\ M_{cd} \\ M_{ce} \\ M_{ec} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15 & 0 & -2.25 \\ -33.75 & 1 & 1 \\ 9.375 & 0.375 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 29.326123 \\ -45.274542 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 116.86772 \\ -49.69841 \\ 20.37229 \\ 29.32612 \\ 14.66306 \end{bmatrix}$$




$$\delta_b = 45.274542 \cdot \frac{3}{8000} = 0.016977953$$





$\frac{3}{3} \cdot 8000 \cdot 0.013333 = 106.67$
$\frac{3}{8} \cdot 8000 \cdot (-0.01)$
$= -30$