

Bachelorprüfung Herbst 2015

Modul 18 (BI)

Baustatik II und III (PO 2013)

Klausur am 28.08.2015

Name: _____ Vorname: _____ Matrikelnummer: _____
(bitte deutlich schreiben) (9stellig!)

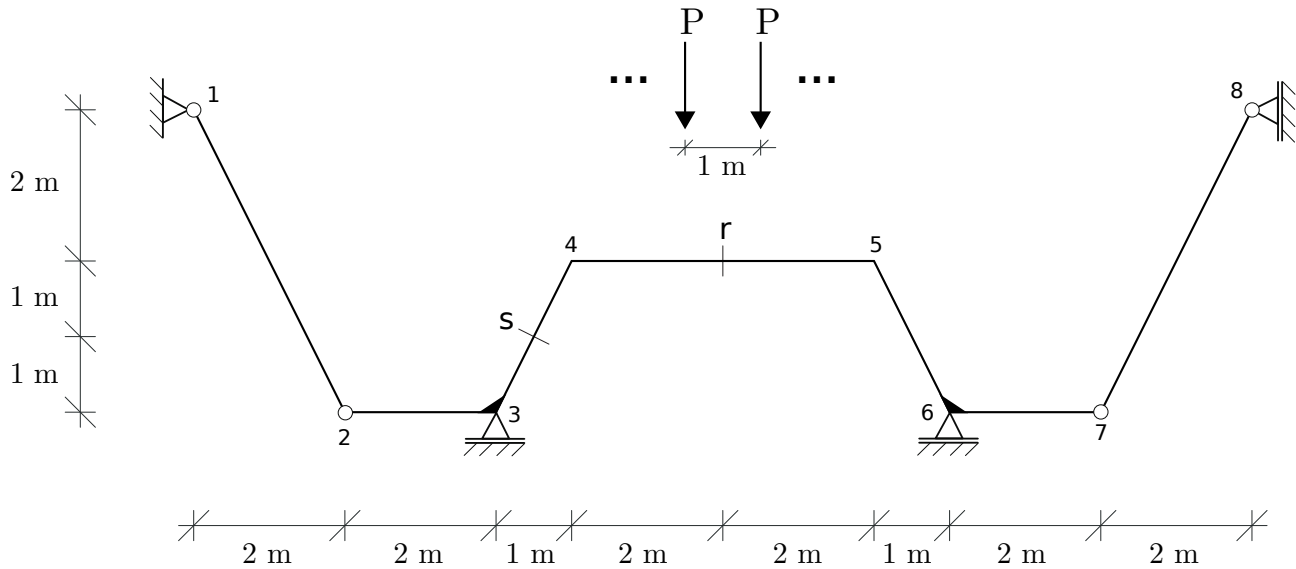
Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	Summe
mögliche Punkte	30	25	20	30	27	30	18	180
erreichte Punkte								

Wichtige Hinweise

- Dauer der Klausur: 180 Minuten, davon 30 Minuten für Aufgaben ohne Hilfsmittel (Typ I), 150 Minuten für Aufgaben mit Hilfsmittel (Typ II).
- Prüfen Sie, ob alle Aufgabenblätter vorhanden sind.
- Schreiben Sie auf das Deckblatt Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer.
- Geben Sie bei den Aufgaben, die ohne Hilfsmittel zu bearbeiten sind, Ihre Lösungen auf den Aufgabenblättern an. Bei Bedarf können Sie weiteres farbiges Schreibpapier anfordern. Verwenden Sie hierfür kein eigenes Papier.
- Die Aufgabenblätter zu den Aufgaben, die mit Hilfsmitteln zu bearbeiten sind, sind zusammen mit den zugehörigen Lösungen abzugeben.
- Keine grünen Stifte verwenden.
- Die Lösungen sollen alle Nebenrechnungen und Zwischenergebnisse enthalten.
- Taschenrechner sind nur bei der Lösung der Aufgaben mit Hilfsmittel (Typ II) erlaubt. Programmierbare Rechner nur ohne Programmteil benutzen.
- Die Benutzung von anderen elektronischen Geräten (z.B. Laptops, Mobiltelefone, Tablets, etc.) ist nicht zulässig. Diese Geräte sind während der Klausur abzuschalten und so wegzulegen, dass ein unmittelbarer Zugriff, (z.B. aus Taschen in der Kleidung) nicht möglich ist und sind in Taschen zu verwahren (z.B. Aktentasche, Rucksack, o.ä.). Falls diese Regel nicht eingehalten wird, gilt dies als Täuschungsversuch.
- Das Verlassen des Klausorraumes zwischen Aufgaben Typ I und Typ II der Klausur ist nicht gestattet. Gleiches gilt für das Verlassen des Raumes vor Ablauf der Bearbeitungszeit.
- Toilettenbesuche sind nur einzeln unter Hinterlegung des Studentenausweises bei den Aufsichtspersonen gestattet.

Aufgabe 2

(25 Punkte)

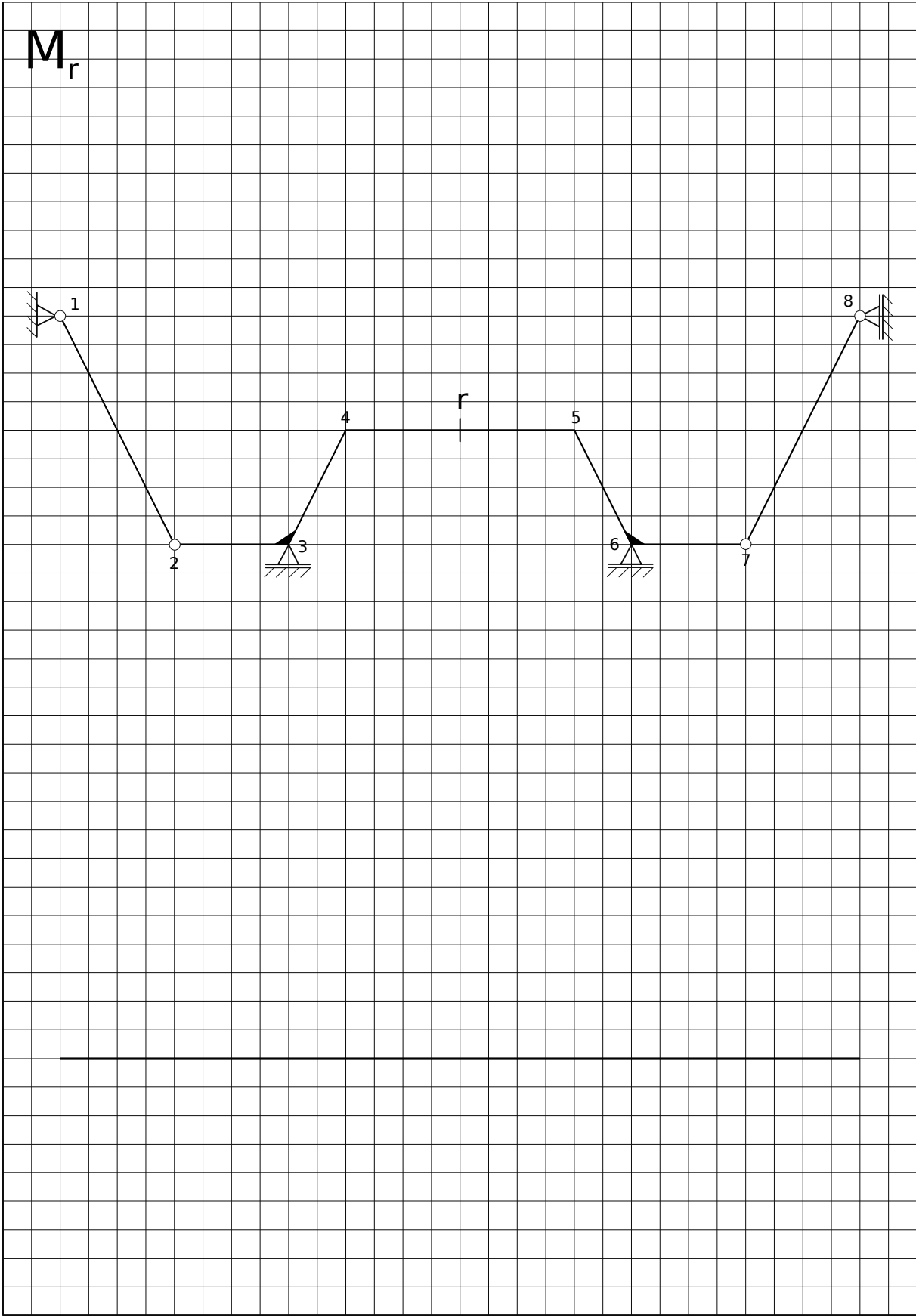


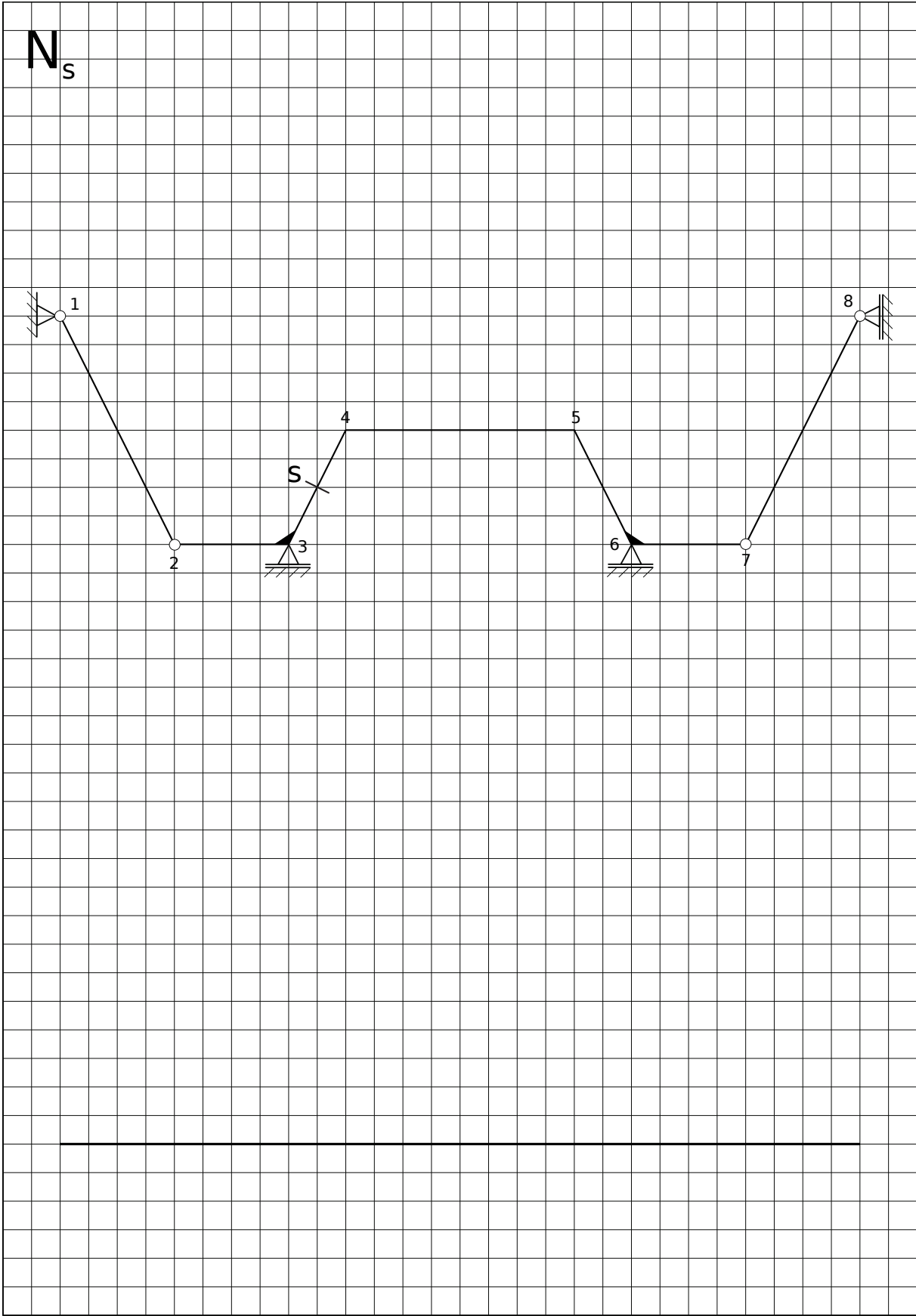
Bestimmen Sie für das dargestellte System die Einflusslinien für

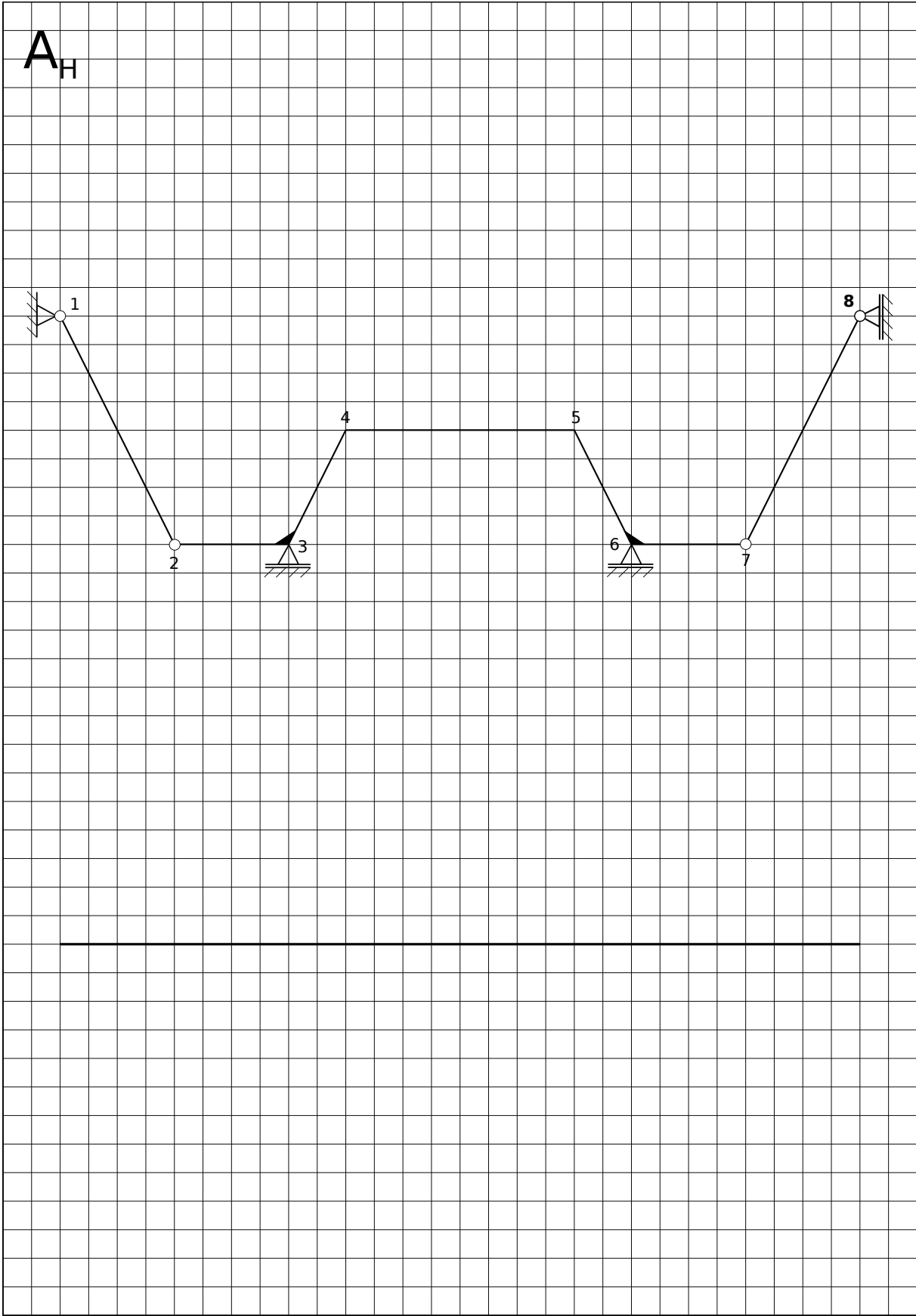
- (12 P.) das Moment M_r im Punkt r . Bringen Sie auf den Lastzug beliebig kürzbare konstante Streckenlasten mit einem Wert von 15 kN/m so auf, dass sich das betragsmäßig maximale Moment im Punkt r einstellt und ermitteln Sie dafür den Wert für das Moment M_r .
- (10 P.) die Normalkraft N_s im Punkt s .
- (3 P.) die horizontale Auflagerkraft A_H am Knoten 8. Positionieren Sie den in der Abbildung dargestellten Lastenzug (zwei Einzellasten $P = 5 \text{ kN}$ mit einem festen Abstand 1 m) so auf, dass sich die maximale Auflagerkraft einstellt und ermitteln Sie den Wert der Auflagerkraft A_H am Knoten 8.

Der Lastzug des Systems liegt im Bereich zwischen den Knoten 1 und 8.

Verwenden Sie die beigefügten Lösungszettel mit der entsprechenden Kennzeichnung (M_r , N_s und A_H).

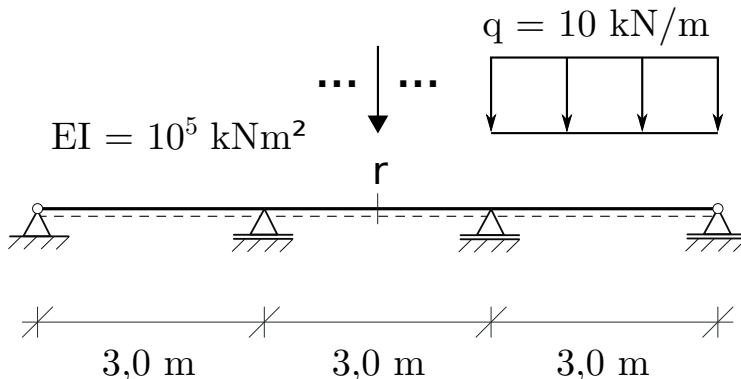






Aufgabe 3

(20 Punkte)

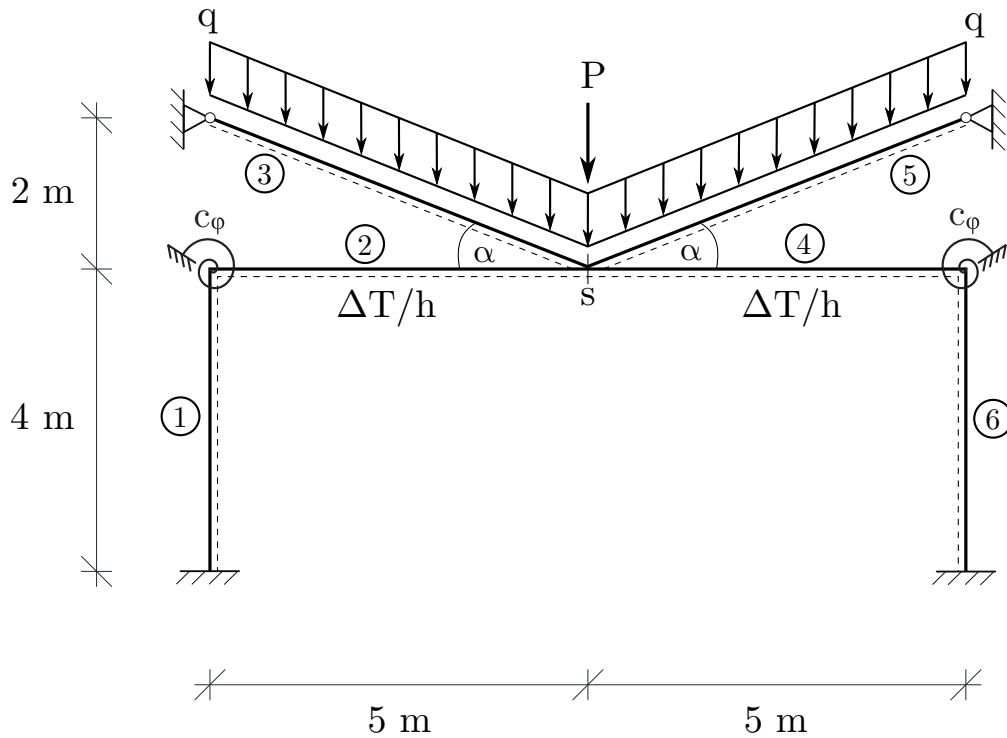


- (2 P.) Bestimmen Sie den Grad der statischen Unbestimmtheit n des dargestellten Systems.
- (15 P.) Ermitteln Sie die Einflusslinie des Moments M_r im Punkt r . Verwenden Sie hierfür das $(n - 1)$ -fach statisch unbestimmte System in Kombination mit dem ω -Verfahren.
- (3 P.) Werten Sie die Einflusslinie für die gegebene Belastung aus.

Hinweis: Die Berechnung der Einflusslinie ist nur für den belasteten Stab erforderlich.

Aufgabe 4

(30 Punkte)



$$EI = 4 \cdot 10^4 \text{ kNm}^2$$

$$GA_Q \rightarrow \infty$$

$$\text{Stäbe 1, 2, 4, 6: } EA \rightarrow \infty$$

$$\text{Stab 3 und 5: } EA = 10^5 \text{ kN}$$

$$\alpha_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$c_\varphi = 5000 \text{ kNm/rad}$$

$$P = 100 \text{ kN}$$

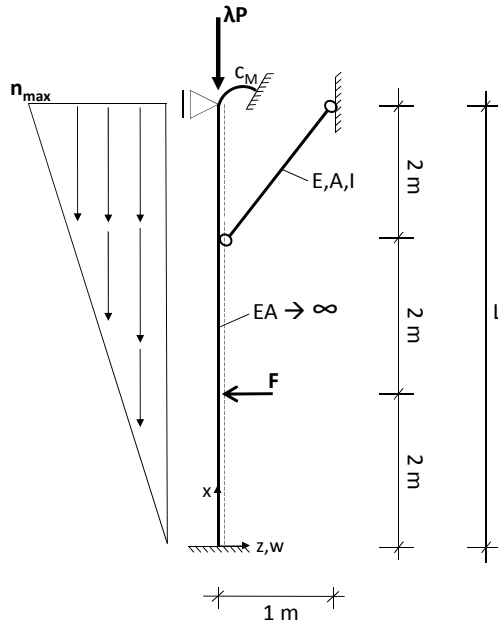
$$q = 5 \text{ kN/m}$$

$$\Delta T/h = 50 \text{ K/m}$$

- (2 P.) Bestimmen Sie den Grad der geometrischen Unbestimmtheit n_g des gezeigten Systems.
- (25 P.) Ermitteln Sie den zugehörigen Momentenverlauf mit Hilfe des Weggrößenverfahrens und stellen Sie diesen grafisch dar.
- (3 P.) Bestimmen Sie den Betrag und die Richtung der Kraft P , sodass die vertikale Verschiebung am Knoten s bei gegebener Belastung genau 0 beträgt.

Aufgabe 5 (27 Punkte)

Das dargestellte statische System ist unter Berücksichtigung der dargestellten Lasteinleitung nach dem **Verfahren von Ritz** und unter Verwendung des Prinzips der virtuellen Verschiebungen zu bearbeiten. Verwenden Sie den angegebenen zweigliedrigen Ansatz. Alle Geometrieparameter und Materialdaten sind der Systemskizze zu entnehmen.



Belastung:

$P = 1000 \text{ kN}$
 $F = 700 \text{ kN}$
 $n_{\max} = 210 \text{ kN/m}$

Material und Querschnittswerte:

$EA = 1,47 \cdot 10^6 \text{ kN}$
 $EI = 2100 \text{ kNm}^2$
 $c_M = 120 \text{ kNm/rad}$

zweigliedriger Ansatz:

$$\mathbf{h} = \begin{bmatrix} \frac{x^2}{L} \left(1 - \frac{1}{L}x\right) \\ \frac{x^3}{L^2} \left(1 - \frac{1}{L}x\right) \end{bmatrix}$$

Hinweis: Der Einfluss der Axialdehnung $\varepsilon(x)$ bzw. der virtuellen Axialdehnung $\delta\varepsilon(x)$ ist für den vertikalen Stab zu vernachlässigen!

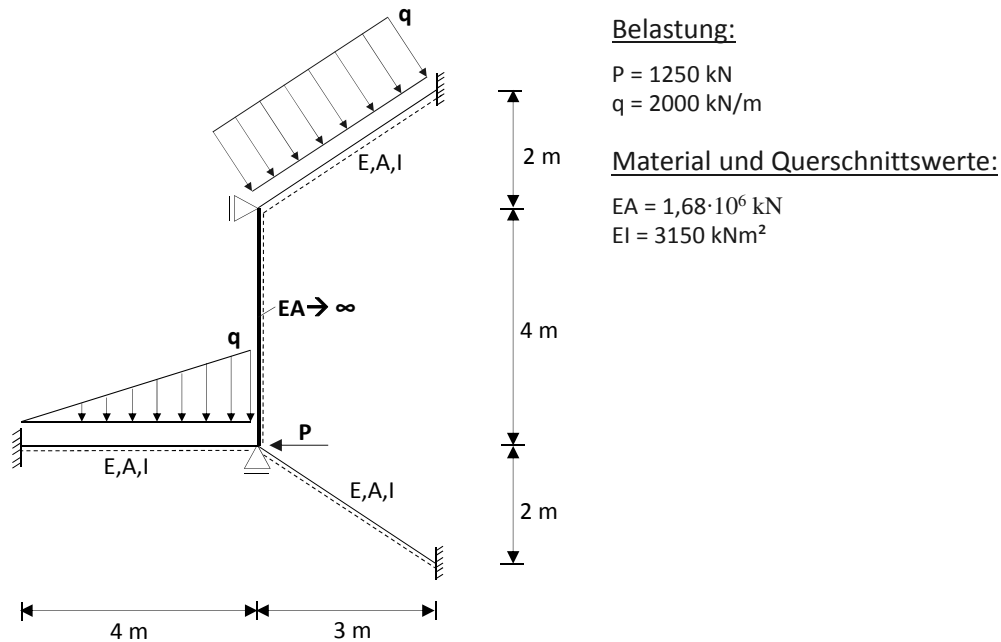
- (3 P.) Geben Sie das Prinzip der virtuellen Verschiebungen für das dargestellte System an. Drücken Sie alle Schnittgrößen und Verzerrungen durch $w(x)$ bzw. Ableitungen von $w(x)$ aus.
- (4 P.) Prüfen Sie den oben angegebenen zweigliedrigen Ansatz auf seine geometrische Zulässigkeit. Geben Sie hierfür die geometrischen Randbedingungen an.
- (16 P.) Berechnen Sie mit Hilfe des vorgegebenen Verschiebungsansatzes die unbekannten Einträge der materiellen Steifigkeitsmatrix \mathbf{K}_M , \mathbf{K}_{c_F} und \mathbf{K}_{c_M} und der geometrischen Steifigkeitsmatrix \mathbf{G} . Rechnen Sie mit **kN und m!**

$$\mathbf{K}_M = \begin{pmatrix} 1400 & K_{M12} \\ K_{M21} & K_{M22} \end{pmatrix} \mathbf{K}_{c_F} = \begin{pmatrix} K_{c_F11} & 69281,31 \\ K_{c_F21} & K_{c_F22} \end{pmatrix} \mathbf{K}_{c_M} = \begin{pmatrix} 120 & 120 \\ 120 & K_{c_M22} \end{pmatrix} \mathbf{G} = \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{pmatrix}$$

- (2 P.) Bestimmen Sie die 1. kritische Last durch das Lösen des homogenen Gleichungssystems.
- (2 P.) Bestimmen Sie den zu der 1. kritischen Last gehörigen Eigenvektor und geben Sie die Knickfunktion $w(x)$ an.

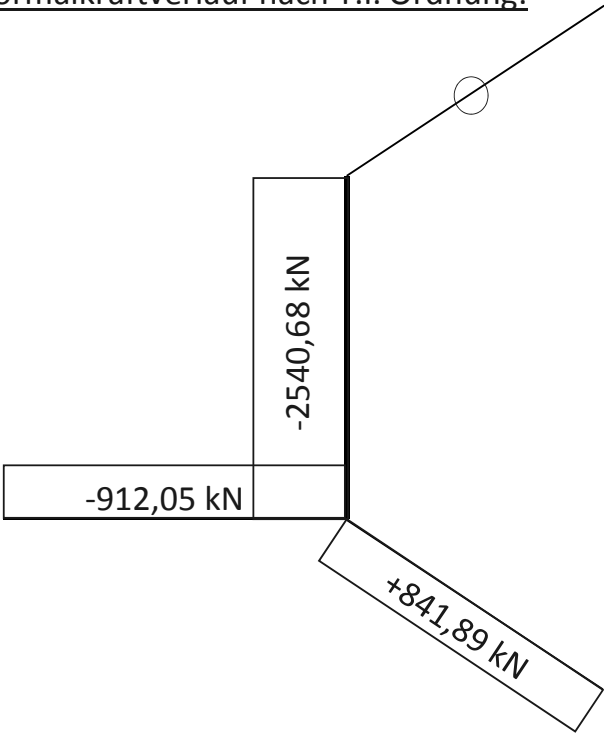
Aufgabe 6 (30 Punkte)

Für die dargestellte Rahmenkonstruktion sollen die unbekanntnen Verformungen mittels Weggrößenverfahren für einen Iterationsschritt nach **Theorie 2. Ordnung** bestimmt werden. Alle Materialparameter und Geometriedaten sind bekannt und können der Systemskizze entnommen werden. Die Normalkräfte nach Theorie I. Ordnung wurden bereits wie auf der folgenden Seite dargestellt berechnet.

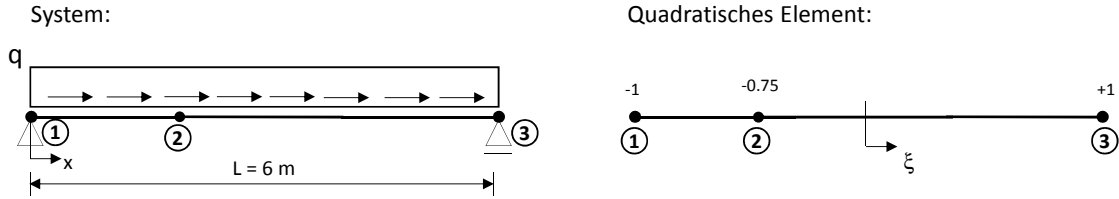


- (1 P.) Skizzieren Sie die Verformungsfigur für die gegebene Belastung.
- (2 P.) Zeichnen Sie die unbekanntnen Knotenfreiheitsgrade in die Skizze Ihrer Verformungsfigur ein.
- (19 P.) Berechnen Sie die zu den unbekanntnen Knotenfreiheitsgraden korrespondierende reduzierte Gesamtsteifigkeitsmatrix des Systems \mathbf{K}_{red} .
- (4 P.) Bestimmen Sie den reduzierten Systemlastvektor \mathbf{f}_{red} .
- (4 P.) Berechnen Sie die unbekanntnen Knotenfreiheitsgrade des Tragwerks und vergleichen Sie die berechneten Ergebnisse mit Ihrer erwarteten Verformungsfigur.

Normalkraftverlauf nach T.I. Ordnung:



Aufgabe 7 (18 Punkte)



- (3,5 P.) Geben Sie das Prinzip der virtuellen Arbeit für ein durch eine konstante Streckennormalkraft belastetes Fachwerkelement in physikalischen Koordinaten (X) und natürlichen Koordinaten (ξ) an. Stellen Sie hierfür allgemein den Zusammenhang zwischen X und ξ dar und geben Sie die Jacobi Determinante an, die für die Transformation von physikalischen in natürliche Koordinaten benötigt wird.
- (2 P.) Approximieren Sie in der virtuellen Arbeit die wirkliche Verschiebung $u(\xi)$ sowie die virtuelle Verschiebung $\delta u(\xi)$ durch $u(\xi) = \mathbf{N} \cdot \mathbf{u}^e$ bzw. $\delta u(\xi) = \mathbf{N} \cdot \delta \mathbf{u}^e$ und geben Sie in **symbolischer** Form den Ausdruck für die Elementensteifigkeitsmatrix \mathbf{k}^e an.
- (8,5 P.) Geben Sie den Ausdruck für den B-Operator des oben dargestellten (nicht standard-)quadratischen Elements an. Ermitteln Sie hierfür ALLE Ansatzfunktionen.
- (4 P.) Bestimmen Sie unter Beachtung der Auflagerbedingungen die notwendigen Einträge des Systemlastvektors in Abhängigkeit von q . Verwenden Sie hierfür die in (c) hergeleiteten Ansatzfunktionen.