

# Diplomprüfung Herbst 2009

Prüfungsfach

## Statik

Klausur am 05.10.2009

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

Aufgabe	<del>1</del>	<del>2</del>	<del>3</del>	4	5	6	7	8	9	Summe
mögliche Punkte	<del>20</del>	<del>5</del>	<del>5</del>	25	25	30	20	25	25	180
erreichte Punkte										

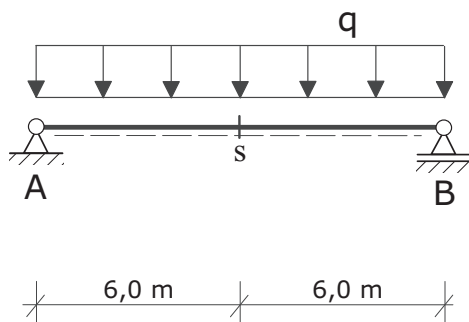
### Wichtige Hinweise

- Dauer der Klausur: 3 Stunden, davon  
30 Minuten für Aufgaben ohne Hilfsmittel,  
2 Stunden 30 Minuten für Aufgaben mit Hilfsmitteln.
- 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.
- Programmierbare Rechner nur ohne Programmteil benutzen.
- Die Benutzung Programmgesteuerter Rechner (z.B. Notebooks, Laptops, PDAs) ist nicht zulässig.
- Mobiltelefone sind während der Klausur abzuschalten und dürfen nicht benutzt werden.
- Toilettenbesuche sind nur einzeln unter Hinterlegung des Studentenausweises bei den Aufsichtspersonen gestattet.
- Keine Gleichungssysteme mit mehr als zwei Unbekannten lösen.

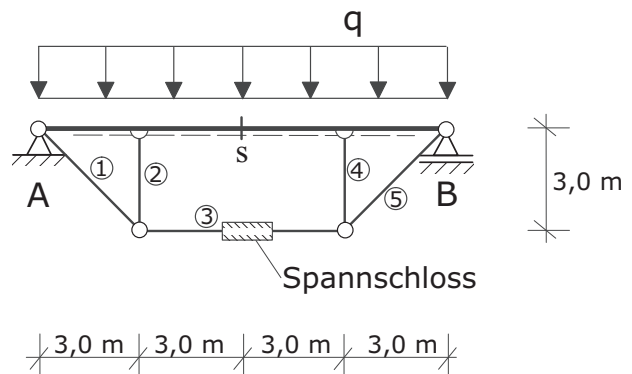
## Aufgabe 4

( 25 Punkte)

vorher:



nachher:



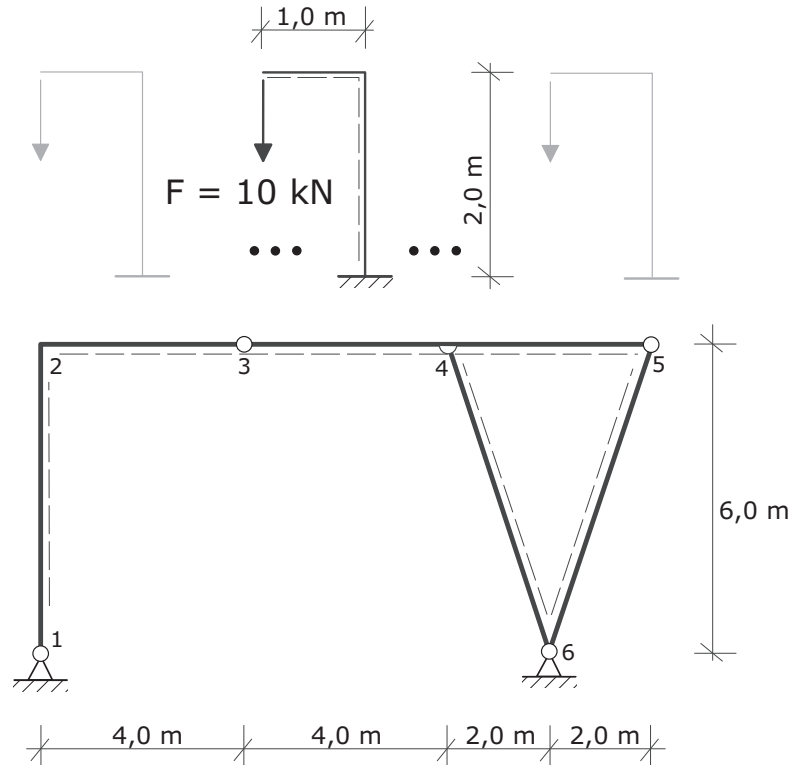
$q = 12,0 \text{ kN/m}$ $EI = 6 \cdot 10^4 \text{ kNm}^2$ $EA = \infty$
---

Die Abbildung zeigt eine Brücke, die im Zuge eines Straßenausbaus für die künftig erhöhte Verkehrsbelastung  $q$  nachträglich durch einen Fachwerkunterbau ausgesteift wird. Dabei wird in Stab ③ ein Spannschloss eingebaut, das nur dazu dient, die Kraft in Stab ③ vorzuschreiben. Es wird eine Zugkraft von exakt  $S_3 = 50 \text{ kN}$  eingestellt.

- (12 P.) Berechnen Sie für beide Ausführungen (vorher & nachher) die Schnittgrößen  $N$ ,  $Q$ ,  $M$  infolge der Verkehrslast  $q$  und stellen Sie diese am Gesamtsystem grafisch dar (Nicht vergessen:  $S_3 = 50 \text{ kN}$  ist bereits vorgegeben!). Bewerten Sie die Ergebnisse hinsichtlich der Vor- und Nachteile der Baumaßnahme (max. 3 Sätze).
- (8 P.) Ermitteln Sie zur Beurteilung der maximalen Durchbiegung für beide Fälle die vertikale Verschiebung an der Stelle  $s$  infolge der Verkehrslast  $q$ .
- (5 P.) Ermitteln Sie im System "nachher" die vertikale Verschiebung an der Stelle  $s$  ausschließlich für die eingestellte Zugkraft  $S_3 = 50 \text{ kN}$ , OHNE Verkehrslast  $q = 0$  und skizzieren Sie die Verformungsfigur.

## Aufgabe 5

( 25 Punkte)



Auf dem dargestellten Hallendach soll für Bauarbeiten ein kleiner Kran errichtet werden. Ermitteln Sie im Hinblick auf die folgenden Maßgaben die günstigste Kranposition auf dem Lastgurt 2-3-4-5. Beachten Sie dabei, dass die Stellung der Last  $F$  innerhalb der Knoten 2-5 bleiben muss.

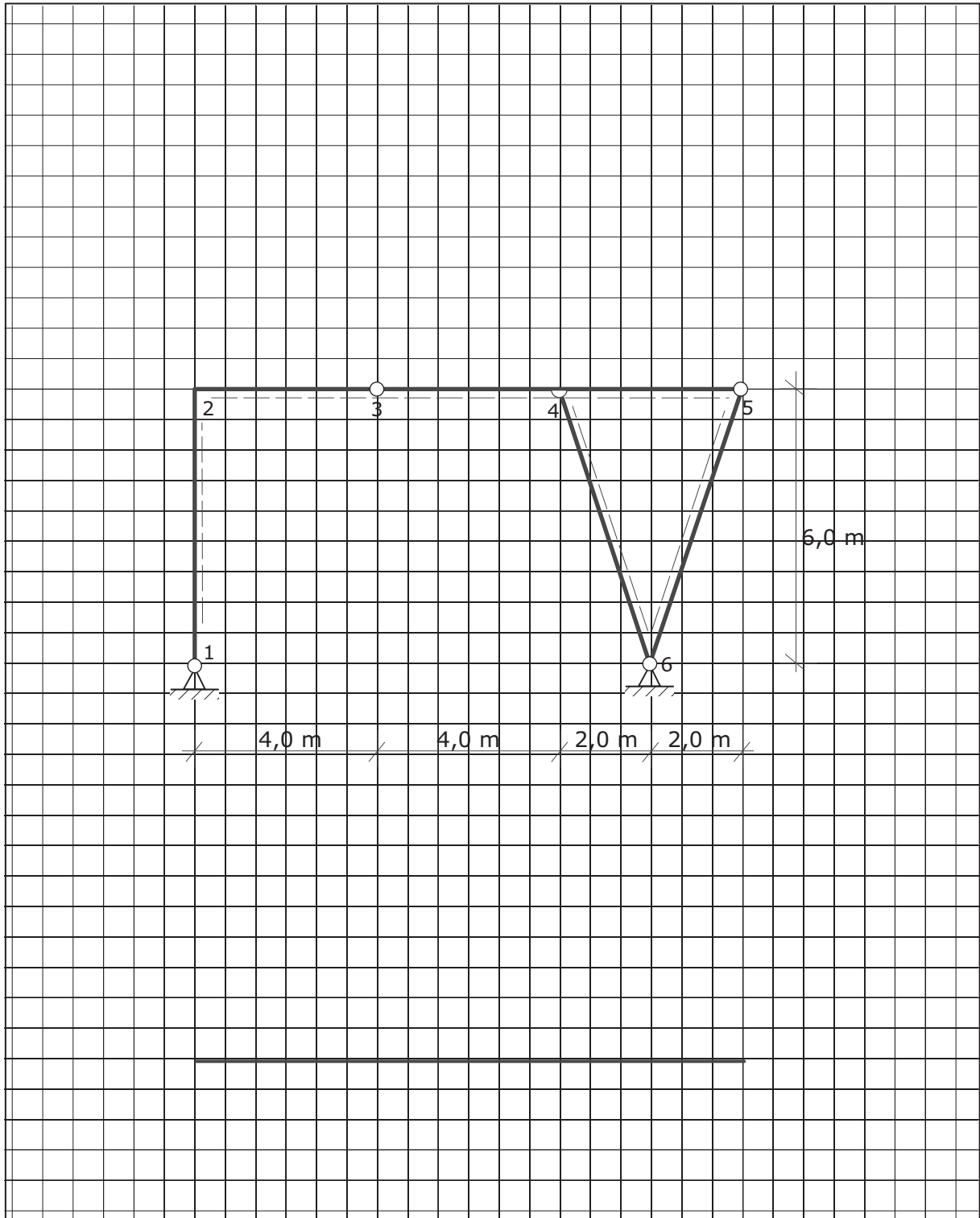
- (2 P.) Bestimmen Sie zunächst die Lasten, die am Fußpunkt des Kranes auf das Hallendach einwirken.
- (13 P.) Ermitteln Sie mit Hilfe der kinematischen Methode zur Bestimmung von Einflusslinien die Positionen des Kranes bei denen das Biegemoment im Knoten 4 zu 0 wird.

Hinweis zur Auswertung:

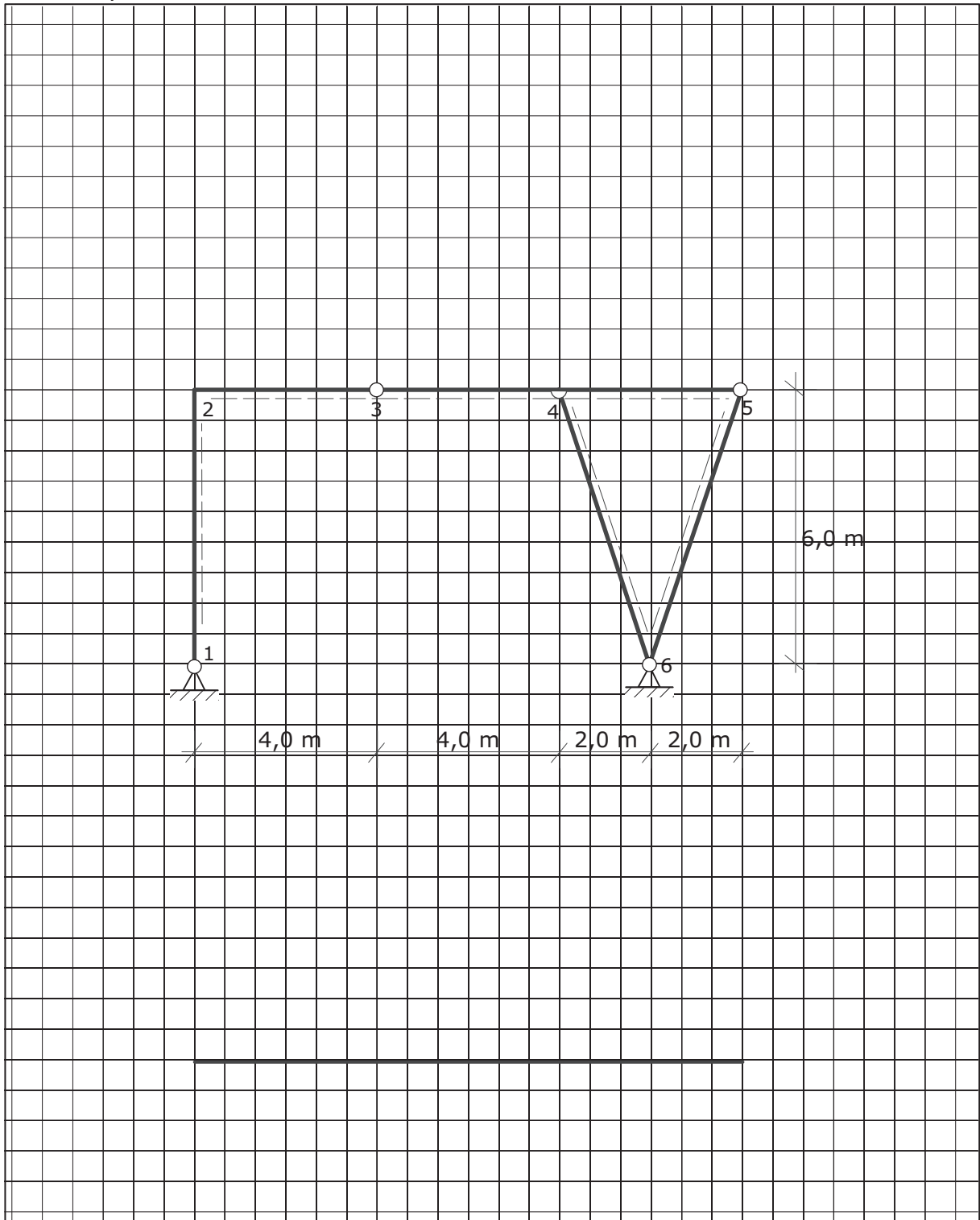
$$\text{virtuelle Arbeit } W = F \cdot \eta \quad \text{bzw.} \quad M \cdot \varphi$$

- (10 P.) Das Auflager im Knoten 1 ist in vertikaler Richtung nur für Druckkräfte ausgelegt. Geben Sie an in welchen Bereichen der Kran nicht positioniert werden darf, wenn keine gesonderte Zugverankerung des Lagers erfolgen soll.

# EL-M<sub>4</sub>

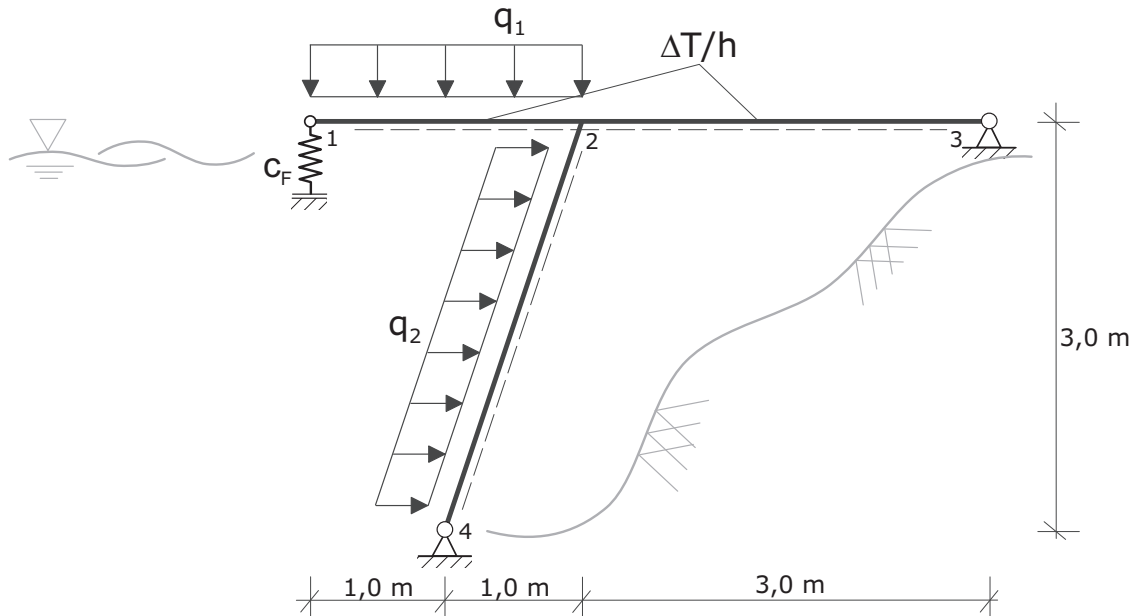


# EL-V<sub>1</sub>



## Aufgabe 6

( 30 Punkte)



$q_1 = 10 \text{ kN/m}$
$q_2 = 20 \text{ kN/m}$
$c_F = 500 \text{ kN/m}$
$EI = 5 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$
$EA = GA_Q = \infty$

Bereich: 1-2-3

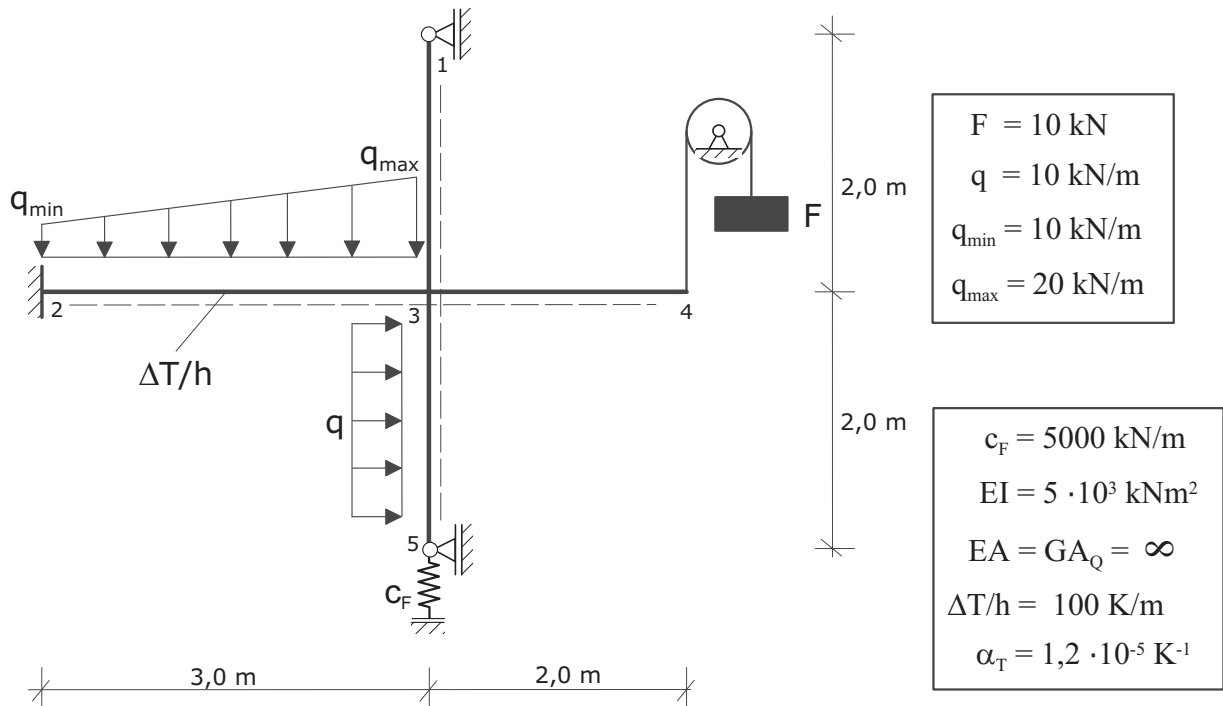
$\Delta T/h = -85 \text{ K/m}$
$\alpha_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

Die Abbildung zeigt einen Steg, der als Ausbau einer kleinen Badebucht ins Meer hinein gebaut wird. Das vordere Ende des Steges wird elastisch auf Schwimmtonnen gelagert (Feder). Die Stütze 2 - 4 wird durch die Meeresströmung horizontal belastet ( $q_2$ ). Neben der Belastung durch Badegäste ( $q_1$ ) sind zusätzlich die Einwirkungen aus der Temperaturdifferenz zwischen Ober- und Unterseite des Steges ( $\Delta T/h$ ) zu berücksichtigen.

- (1 P.) Bestimmen Sie den Grad der statischen Unbestimmtheit des Systems.
- (24 P.) Ermitteln Sie für das gegebene Tragwerk den Momentenverlauf  $M$  mittels des Kraftgrößenverfahrens. Stellen Sie den Schnittgrößenverlauf grafisch dar.  
**Hinweis:** Wählen Sie dabei die Feder als eine der statisch Überzähligen!
- (5 P.) Ermitteln Sie mit dem Prinzip der virtuellen Arbeit die vertikale Verschiebung des Knotens 2.

## Aufgabe 7

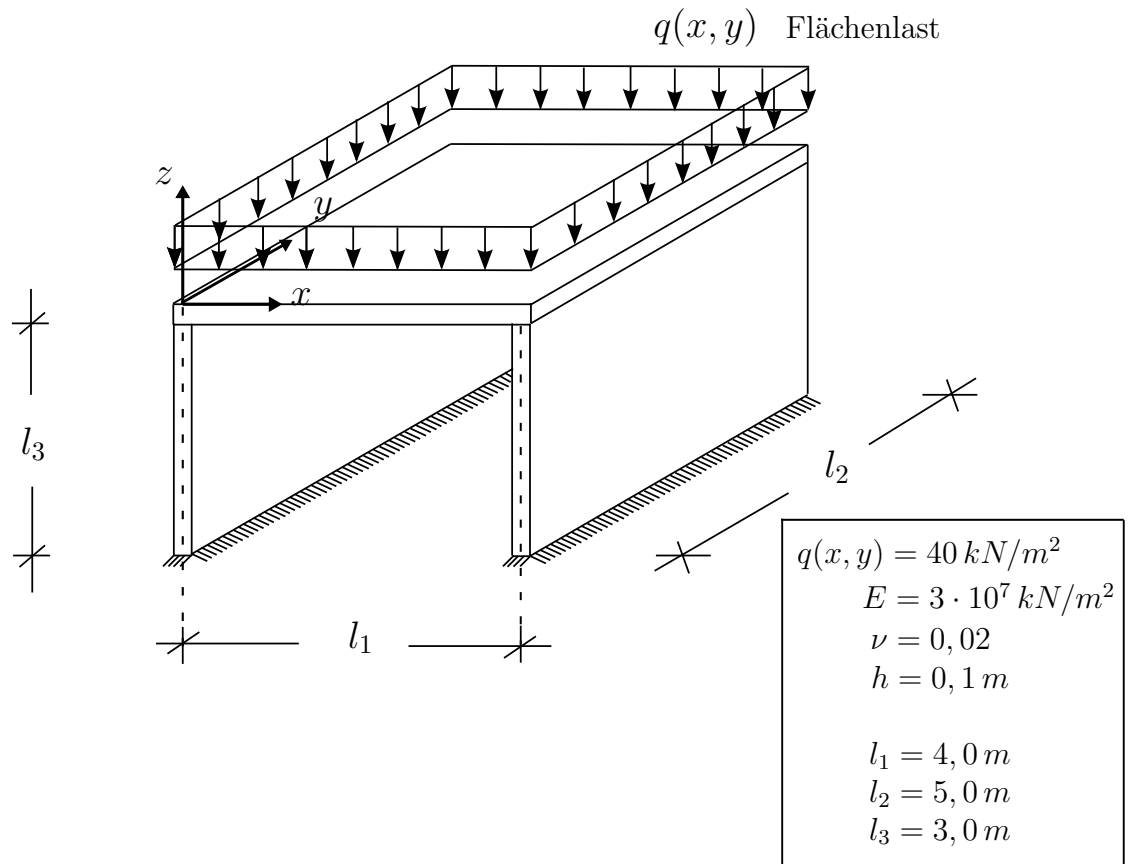
( 20 Punkte)



- a) (17 P.) Ermitteln Sie für die abgebildete Konstruktion den Momentenverlauf  $M$  mittels des Weggrößenverfahrens und stellen Sie ihn grafisch dar.
- b) (3 P.) Ermitteln Sie den Drehwinkel im Knoten 3, wenn die Biegesteifigkeit des Stabes 3-4 bei unveränderter Belastung auf  $EI = 10^4 \text{ kNm}^2$  erhöht wird.

## Aufgabe 8

( 25 Punkte)



Der dargestellte Carport, bestehend aus einer Platte und zwei massiven Wandscheiben ist näherungsweise zu untersuchen. Zur Berechnung der Platte ist das Verfahren nach Ritz anzuwenden. Die Platte ist auf den Wandscheiben gelenkig gelagert, hat eine konstante Höhe  $h$  und ist mit einer konstanten Flächenlast  $q$  belastet.

Die Ansätze für die wirkliche Durchbiegung  $w$  bzw. die virtuelle Durchbiegung  $\bar{w}$  haben folgende Form:

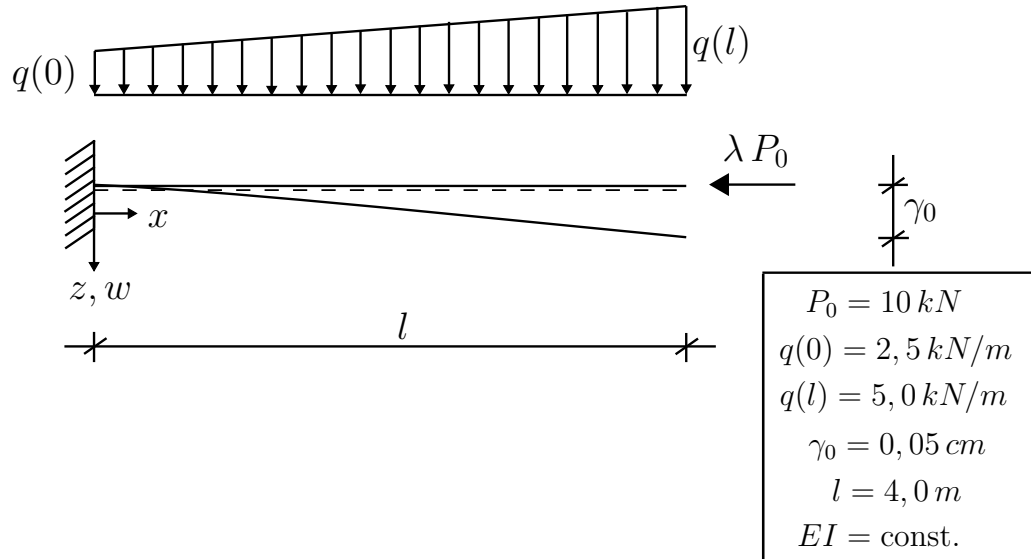
$$w(x, y) = c \cdot \sin\left(\frac{2\pi x}{l_1}\right), \quad \bar{w}(x, y) = \bar{c} \cdot \sin\left(\frac{2\pi x}{l_1}\right).$$

- (3 P.) Geben Sie die geometrischen und statischen Randbedingungen der dargestellten Platte an.
- (10 P.) Ermitteln Sie unter Verwendung des Prinzips der virtuellen Verschiebungen die Konstante  $c$ .
- (4 P.) Berechnen Sie die Extremwerte der Durchbiegung  $w$  sowie der Momente  $m_{xx}$ ,  $m_{yy}$  und  $m_{xy}$ .
- (4 P.) Berechnen Sie die Extremwerte der Querkraft  $q_{xz}$ .
- (4 P.) Geben Sie für die Platte mittels der Balkentheorie die Maximalwerte für Querkraft, Moment und Durchbiegung an und vergleichen Sie diese mit den Ergebnissen aus Aufgabenteil c) und d).



**Aufgabe 9**

( 25 Punkte)



Das dargestellte System soll unter Berücksichtigung der dargestellten Belastung (Querbela-  
stung  $q$  und Stabkraft  $P = -\lambda P_0$ ) und einer aus Eigengewicht resultierenden Vorverformung  
 $\gamma_0$  nach dem Verfahren von Ritz unter Verwendung des Prinzips der virtuellen Verschiebun-  
gen auf Basis der Theorie II. Ordnung berechnet werden.

Für die Vorverformung  $w_0(x)$  wird die 1. Eigenform des Systems angesetzt:

$$w_0(x) = \underbrace{\gamma_0 \left(1 - \cos \frac{\pi}{2l} x\right)}_{\text{1. Eigenform}}$$

- a) (3 P.) Geben Sie das Prinzip der virtuellen Verschiebungen für das dargestellte Problem an. Drücken Sie alle Schnittgrößen und Verzerrungen durch  $w(x)$  bzw. Ableitungen von  $w(x)$  aus.
- b) (5 P.) Wählen Sie auf Basis eines Polynomansatzes eine geeignete zweigliedrige Ansatzfunktion  $h_i(x)$  mit  $i = 1, 2$  für den entsprechenden Eulerfall. Welche Bedingung muss diese Ansatzfunktion erfüllen?
- c) (17 P.) Berechnen Sie mithilfe der in Aufgabenteil b) gewählten Ansatzfunktion die Steifigkeitsmatrix  $\mathbf{K}$ , die geometrische Steifigkeitsmatrix  $\mathbf{G}$  und den Belastungsvektor  $\mathbf{f}$  des Systems.

$$\text{Hinweis: } \int \cos^2(cx) dx = \frac{1}{2} \left( x + \frac{1}{c} \cdot \sin(cx) \cdot \cos(cx) \right)$$