

**Sessionsprüfung Baustatik I+II****Winter 2012**

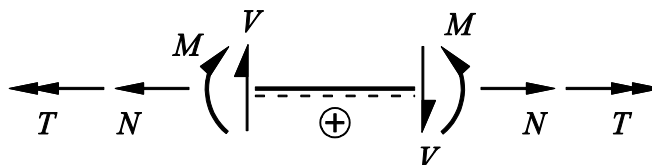
Freitag, 03. Februar 2012, 09.00 – 12.00 Uhr, HIL E4

Name, Vorname : \_\_\_\_\_

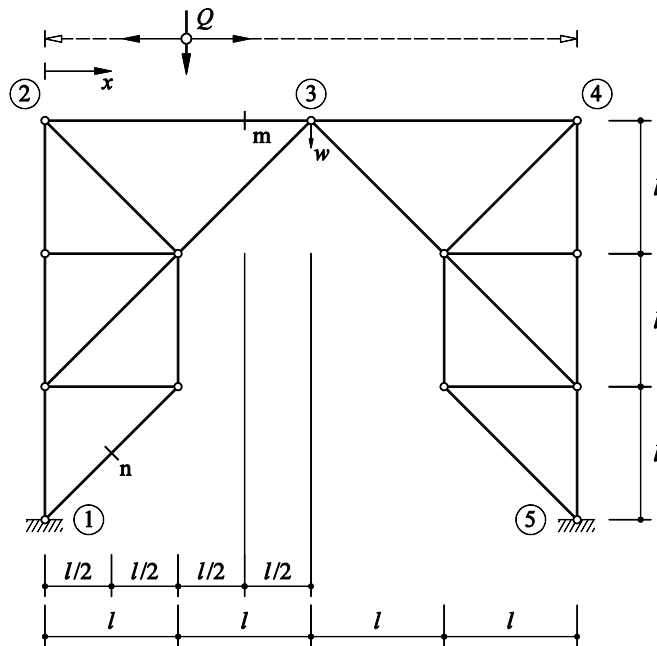
Studenten-Nr. : \_\_\_\_\_

**Bemerkungen**

1. Die Aufgaben dürfen in beliebiger Reihenfolge bearbeitet werden.
2. Für jede Aufgabe ist der entsprechende Papierbogen A3 zu verwenden. Notizen in der Aufgabenstellung werden für die Bewertung nicht berücksichtigt.
3. Alle ausgeteilten Unterlagen (Aufgabenstellung und alle Papierbogen A3) sind nach Prüfungsende mit dem Namen und der Studenten-Nr. versehen abzugeben.
4. Die Eigenlasten der Strukturen müssen nicht berücksichtigt werden.
6. Vorzeichenkonvention:



**Aufgabe 1 (7 Punkte)**

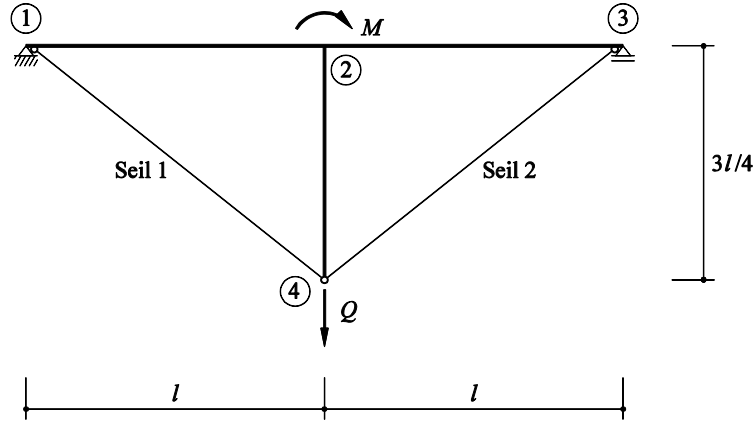


**Bild 1**

Gegeben ist das in Bild 1 dargestellte Tragwerk, welches bei 1 und 5 gelenkig gelagert ist. Das System wird durch die wandernde Last  $Q$  belastet, welche den Lastweg 2-4 beschreibt.

- Bestimmen Sie die betragsmässig grösste Querkraft an der Stelle  $m$  infolge  $Q$  sowie den Wert  $x$  der zugehörigen Laststellung.
- Bestimmen Sie die extreme horizontale Auflagerkraft bei 5 infolge  $Q$  sowie den Wert  $x$  der zugehörigen Laststellung.
- Bestimmen Sie die extreme Normalkraft an der Stelle  $n$  infolge  $Q$  sowie den Wert  $x$  der zugehörigen Laststellung.
- Bestimmen Sie qualitativ die Einflusslinie  $\eta_w$  für die vertikale Verschiebung in 3 infolge  $Q$ .

**Aufgabe 2 (10 Punkte)**



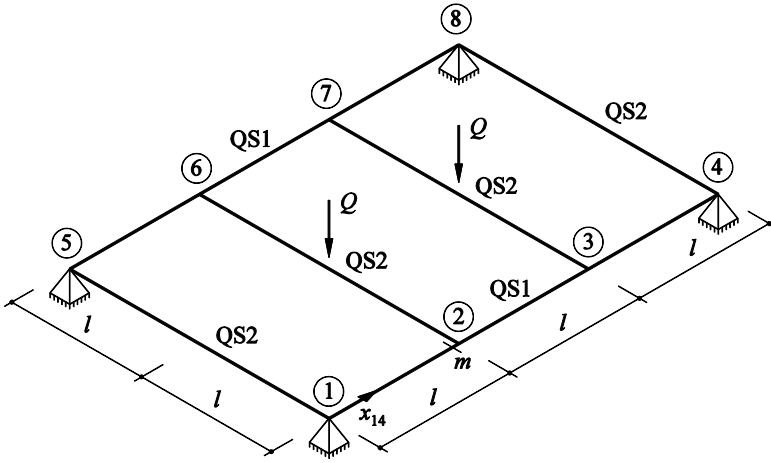
**Bild 2**

Der in Bild 2 dargestellte, mit Seilen unterspannte Träger ist als einfacher Balken gelagert und wird in 2 durch das Moment  $M$  und in 4 durch die Einzellast  $Q$  belastet. Die Biegesteifigkeit der Stäbe 1-3 und 2-4 beträgt  $EI$ , die Seile weisen eine Dehnsteifigkeit von  $EA_s$  auf. Die Normalkraftverformungen der Stäbe 1-3 und 2-4 dürfen vernachlässigt werden ( $EA \rightarrow \infty$ ), ebenso sämtliche Schubverformungen ( $GA_V \rightarrow \infty$ ).

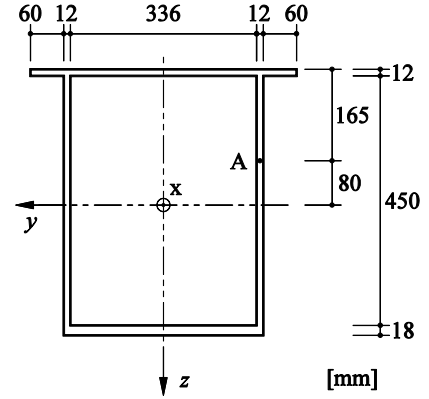
$$EA_s = \frac{125EI}{4l^2}$$

- a) Berechnen Sie die Biegebeanspruchung im Träger 1-3 infolge  $Q$  und stellen Sie diese in einem Schnittgrössendiagramm dar ( $M = 0$ ).
- b) Bei konstantem  $Q$  wird nun  $M$  vom  $M = 0$  bis  $M = 4Ql$  kontinuierlich erhöht. Ermitteln Sie den Verlauf der Normalkraft  $S_2$  in Seil 2 und stellen Sie diesen graphisch dar. Tragen Sie  $M$  [ $Ql$ ] in horizontaler ( $1Ql$  entspricht 20 mm) und  $S_2$  [ $Q$ ] in vertikaler ( $1Q$  entspricht 40 mm) Richtung ab.

**Aufgabe 3 (11 Punkte)**



**Bild 3.1**



**Bild 3.2**

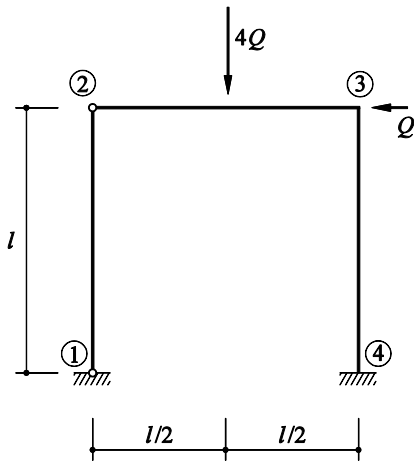
Der in Bild 3.1 dargestellte Trägerrost ist in den Ecken allseitig gelenkig gelagert. Die einzelnen Stäbe sind starr miteinander verbunden. Querschnitt 1 (QS1) der Stäbe 1-4 und 5-8 ist in Bild 3.2 gezeigt. QS2 der übrigen Stäbe weist im Vergleich zu QS1 nur halb so grosse Querschnittswerte auf. Das System wird mit den Einzellasten  $Q$  in der Mitte der Stäbe 2-6 und 3-7 belastet. Verformungen aufgrund von Normal- und Querkräften dürfen vernachlässigt werden ( $EA \rightarrow \infty$ ;  $GA_V \rightarrow \infty$ ).

$l = 4.00 \text{ m}$	$E = 210 \text{ kN/mm}^2$	$I_{y1} = 843 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$I_{y2} = 0.5 \cdot I_{y1}$
$Q = 200 \text{ kN}$	$G = 81.0 \text{ kN/mm}^2$	$K_1 = 832 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$K_2 = 0.5 \cdot K_1$

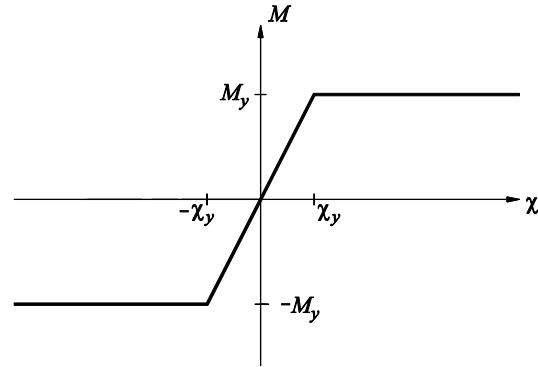
- Bestimmen Sie die Schnittgrößen infolge  $Q$  und stellen Sie diese in Schnittgrössendiagrammen dar.
- Bestimmen Sie die vertikale Verschiebung bei Knoten 2 infolge  $Q$ .
- Berechnen Sie die Normal- und die Schubspannung im Punkt A des Querschnitts an der Stelle m. Die Stelle m befindet sich im Stab 1-2 unmittelbar bei Knoten 2
- Stellen Sie den Spannungszustand im Punkt A an der Stelle m im Mohr'schen Spannungskreis dar (Skalierung der Zeichnung:  $10 \text{ N/mm}^2$  entsprechen 10 mm) und bestimmen Sie die Hauptspannungen sowie deren Richtungen.

Hinweis: Falls a) nicht gelöst wurde, darf für die Teilaufgaben c) und d) mit folgenden Schnittgrößen an der Stelle m gerechnet werden:  $M_y = 350 \text{ kNm}$ ;  $V_z = 80.0 \text{ kN}$ ;  $T_x = -45.0 \text{ kNm}$ .

**Aufgabe 4 (10 Punkte)**



**Bild 4.1**



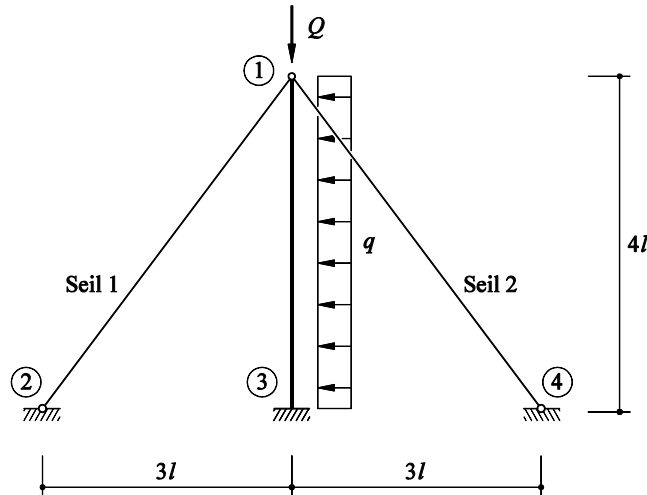
**Bild 4.2**

Gegeben ist der in Bild 4.1 dargestellte Rahmen, welcher bei 1 gelenkig gelagert und bei 4 voll eingespannt ist. Sämtliche Stäbe weisen ein linear elastisches, ideal plastisches Momenten-Krümmungsverhalten mit der Biegesteifigkeit  $EI$  gemäss Bild 4.2 auf. Normalkraft- und Schubverformungen dürfen vernachlässigt werden ( $EA \rightarrow \infty$ ,  $GA_V \rightarrow \infty$ ). Normal- und Querkraftwiderstand  $N_u$  und  $V_u$  sind so gross, dass sie nicht massgebend werden. Stabilitätsprobleme können ausgeschlossen werden.

Das System wird durch die beiden Einzellasten  $4Q$  und  $Q$  belastet und ist initial spannungsfrei.

- Bestimmen Sie die Fliesslast  $Q_y$  des Tragsystems.
- Bestimmen Sie die Traglast  $Q_u$  des Tragsystems und stellen Sie den zugehörigen Momentenverlauf dar.
- Bestimmen Sie den plastischen Rotationswinkel  $\varphi_{pl}$ , welcher im zuerst auftretenden Fliessgelenk beim Erreichen der Traglast  $Q_u$  resultiert.
- Bestimmen Sie die nach einer vollständigen Entlastung von  $Q = Q_u$  nach  $Q = 0$  im Tragwerk verbleibenden Zwängungsmomente und stellen Sie diese in einem Momentendiagramm dar.

**Aufgabe 5 (11 Punkte)**



**Bild 5**

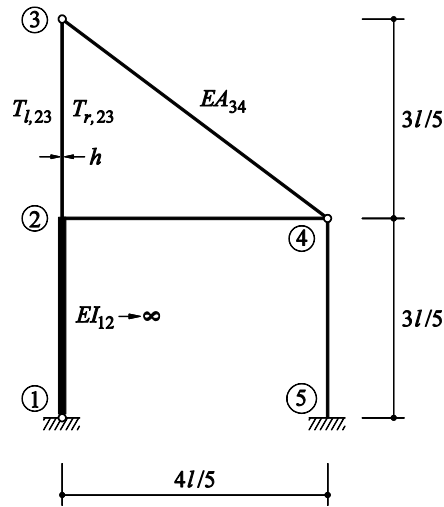
Der in Bild 5 dargestellte Mast ist in 3 eingespannt und wird bei 1 durch zwei Seile gehalten. Die Seile haben die Dehnsteifigkeit  $EA_S$  und sind initial spannungsfrei montiert. Der Mast besitzt die Biegesteifigkeit  $EI$ , die Normalkraft- und Schubverformungen dürfen vernachlässigt werden ( $EA_M \rightarrow \infty$ ,  $GA_{MV} \rightarrow \infty$ ). Belastet wird das System durch die in 1 angreifende Einzellast  $Q$  sowie durch die an Stab 1-3 horizontal angreifende Linienlast  $q$ .

$l = 1.00 \text{ m}$	$Q = 400 \text{ kN}$
$EI = 10.0 \cdot 10^3 \text{ kNm}^2$	$q = 10 \text{ kN/m}$
$EA_S = 4'000 \text{ kN}$	$N_{14}^I = 9.51 \text{ kN}$

- a) Berechnen Sie das Einspannmoment bei 3 sowie die Kraft im Seil 2 infolge  $Q$  und  $q$  nach Theorie II. Ordnung.
- b) Um welche identische Länge müssen die beiden Seile verkürzt werden, damit Seil 1 infolge der Belastung  $Q$  und  $q$  nach Theorie II. Ordnung gerade nicht schlaff wird? Wie gross ist nun die Kraft im Seil 2?

Hinweis: Zur Berücksichtigung von Einflüssen II. Ordnung darf für beide Teilaufgaben von der gegebenen, nach Theorie I. Ordnung ermittelten Seilkraft  $N_{14}^I$  ausgegangen werden. Eine Iteration der Resultate mit nach Theorie II. Ordnung berechneten Stabkräften ist nicht erforderlich.

**Aufgabe 6 (11 Punkte)**



**Bild 6**

Das in Bild 6 dargestellte System ist in 1 gelenkig gelagert und in 5 voll eingespannt. Der Stab 1-2 ist biegestarr ( $EI_{12} \rightarrow \infty$ ), alle anderen Stäbe haben eine konstante Biegesteifigkeit  $EI$ . Der Stab 3-4 hat die Dehnsteifigkeit  $EA_{34}$ . Die Normalkraftverformungen aller anderen Stäbe dürfen vernachlässigt werden ( $EA \rightarrow \infty$ ), ebenso die Schubverformungen sämtlicher Stäbe ( $GA_V \rightarrow \infty$ ).

Im initial spannungsfreien System wird der Stab 2-3 einer Temperaturdifferenz ( $T_{l,23} - T_{r,23}$ ) über die Stabhöhe  $h$  unterworfen.

$$EA_{34} = \frac{25 \cdot EI}{l^2} \quad (T_{l,23} - T_{r,23}) = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h = \frac{l}{50} \quad \alpha_T = 10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Berechnen Sie die Schnittgrößen infolge der Temperaturdifferenz ( $T_{l,23} - T_{r,23}$ ) und stellen Sie diese in Schnittgrössendiagrammen dar.