

**Sessionsprüfung Baustatik I+II****Sommer 2010**

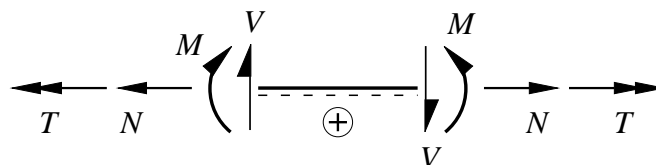
Freitag, 27. August 2010, 09.00 – 12.00 Uhr, HIL G61

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

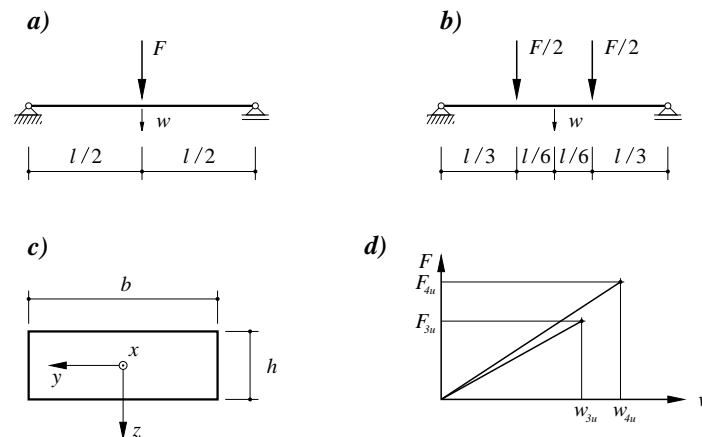
Studenten-Nr. : \_\_\_\_\_

**Bemerkungen**

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



## Aufgabe 1

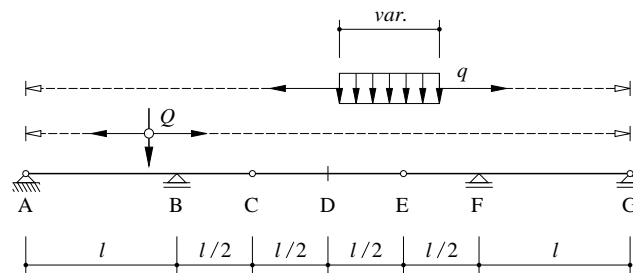


**Bild 1**

Zwei identische, homogene und isotrope, linear elastisch – spröde Balken werden gemäss Bild 1(a) und (b) einem Drei- bzw. Vierpunktbiegeversuch unterworfen. Die Balken mit einer Spannweite von  $l = 1$  m haben einen Rechteckquerschnitt mit  $b = 100$  mm und  $h = 30$  mm, siehe Bild 1(c). Die Belastung  $F$  wird monoton von null bis zur Bruchlast  $F_u$  gesteigert; dabei entstehen die in Bild 1(d) dargestellten Last – Mittendurchbiegungsdiagramme mit  $F_{3u} = 1.8$  kN,  $w_{3u} = 16.71$  mm und  $F_{4u} = 2.7$  kN,  $w_{4u} = 21.34$  mm.

- Bestimmen Sie anhand der Versuchsergebnisse den Elastizitätsmodul  $E$ , den Schubmodul  $G$  sowie die Querdehnzahl  $\nu$  des Werkstoffs der beiden Balken.
- Berechnen Sie die Biegezug- bzw. -druckfestigkeit  $f_b$  des Werkstoffs.
- Welche Maximallast könnte beim Dreipunktbiegeversuch erreicht werden, wenn ein Werkstoff mit (sowohl auf Zug als auch auf Druck) ideal plastischen Eigenschaften mit der in Aufgabenteil b) bestimmten Festigkeit geprüft würde?  
Wenn Aufgabenteil b) nicht gelöst wurde, darf  $f_b = 25$  N/mm<sup>2</sup> angenommen werden.
- Ermitteln Sie die Normal- und Schubspannungsverteilung für den Vierpunktbiegeversuch im Viertelpunkt der Spannweite unter  $F = 2$  kN.

**Aufgabe 2**

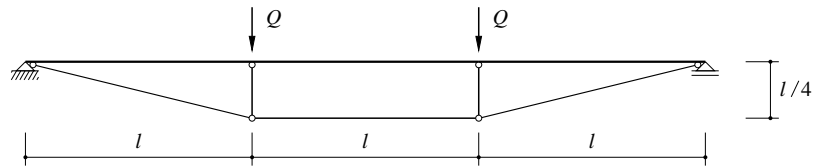


**Bild 2**

Der in Bild 2 dargestellte Gerberträger der Gesamtlänge  $4l$  wird mit einer wandernden Einzellast  $Q = ql$  und mit einer in ungünstigster Position angeordneten, gleichmässig verteilten Linienlast  $q$  belastet.

- Bestimmen Sie das extremale negative Moment beim Zwischenaufleger B infolge  $Q$  und  $q$ .
- Wie gross werden die Querkraft in B (rechts vom Lager) sowie das Moment und die Querkraft (ebenfalls rechts vom Lager) beim Zwischenaufleger F bei der in a) ermittelten Laststellung?  
Falls Aufgabe a) nicht gelöst wurde, ist  $Q$  in C sowie  $q$  über der Strecke AE verteilt anzunehmen.
- Auf welche maximalen Kräfte müssen die Endauflager A und G ausgelegt werden?
- Müssen die Zwischenaufleger B und F gegen abhebende Kräfte gesichert werden, wenn nur die gegebenen, nach unten gerichteten Lasten auf den Träger einwirken?
- Skizzieren Sie qualitativ die Einflusslinie  $\eta_{wD}$  für die Durchbiegung in D und geben Sie quantitativ deren Wert im Punkt D an.

### Aufgabe 3



**Bild 3**

Der in Bild 3 dargestellte unterspannte Träger der Gesamtlänge  $3l$  ist als einfacher Balken gelagert. Die Biegesteifigkeit des Trägers beträgt  $EI_T$ . Verformungen aufgrund von Normalkräften im Träger und den beiden Druckpfosten der Länge  $l/4$  dürfen vernachlässigt werden ( $EA_T = EA_D = \infty$ ). Die Unterspannung weist die Dehnsteifigkeit  $EA_U$  auf und ist initial auf eine Kraft von  $P_0$  vorgespannt (Horizontalkomponente der Unterspannung). Schubverformungen dürfen vernachlässigt werden.

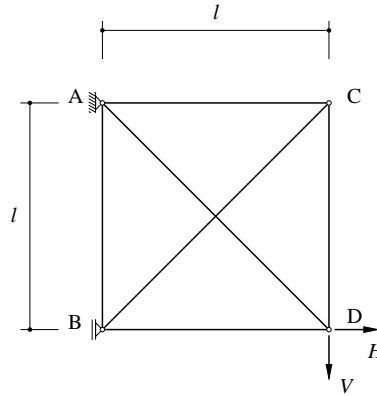
$$EI_T = EI$$

$$EA_T = EA_D = \infty$$

$$EA_U = \frac{EI_T}{2l^2} \cdot (17 \cdot \sqrt{17} + 32)$$

- Bestimmen Sie die Momentenbeanspruchung im Träger infolge der beiden symmetrisch angreifenden Lasten  $Q$  bei initial kraftschlüssiger, aber schlaffer Unterspannung ( $P_0 = 0$ ).
- Wie gross muss  $P_0$  gewählt werden, damit die Drittelpunkte des Trägers unter der symmetrischen Belastung keine Durchbiegungen erfahren?
- Bestimmen Sie die Momentenbeanspruchung im Träger, wenn die Unterspannung gemäss Aufgabenteil b) vorgespannt ist und nur noch die linkerhand angeordnete Einzellast  $Q$  auf den Träger einwirkt. Falls Sie Aufgabenteil b) nicht gelöst haben, können Sie mit  $P_0 = Q$  rechnen.  
Hinweis: Nehmen Sie eine Beladungsumordnung mit symmetrisch und antimetrisch angeordneten Belastungen vor.

**Aufgabe 4**

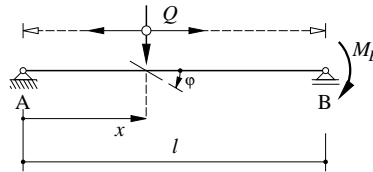


**Bild 4**

Das in Bild 4 dargestellte Fachwerk ist in den Knotenpunkten A und B gelagert. Im Punkt D greifen die Horizontalkraft  $H$  sowie die Vertikalkraft  $V$  an, welche jeweils in positiver als auch in negativer Richtung wirken können. Die Diagonalstäbe AD und BC sind in ihrem Kreuzungspunkt nicht verbunden. Sämtliche Fachwerkstäbe besitzen denselben Querschnitt mit Fläche  $A$ . Der Werkstoff verhält sich starr – ideal plastisch mit Fließgrenze  $f_y$ . Das Fachwerk sei initial eigenspannungsfrei.

- a) Ermitteln Sie die Traglast des Fachwerks für die horizontal angreifende Kraft  $H$ .
- b) Ermitteln Sie die Traglast des Fachwerks für die vertikal angreifende Kraft  $V$ .
- c) Ermitteln Sie die Traglast für gleichzeitig wirkende Kräfte  $H$  und  $V$ .
- d) Stellen Sie das normierte Interaktionsdiagramm  $(H/(Af_y) - V/(Af_y))$  dar. Skalieren Sie die Werte  $H/(Af_y) = 1$  und  $V/(Af_y) = 1$  auf jeweils 16 mm.

## Aufgabe 5



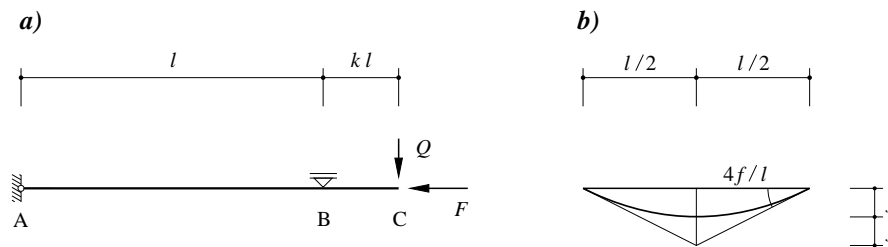
**Bild 5**

Der in Bild 5 dargestellte einfache Balken der Länge  $l$  mit konstanter Biegesteifigkeit  $EI$  wird von einer Transportbahn befahren (Wanderlast  $Q$ ). Es sollen sensitive Güter von B nach A transportiert werden, welche während dem Transport exakt horizontal ausgerichtet sein müssen. Dazu ist beim Auflager B eine spezielle Vorrichtung vorgesehen, über die ein Biegemoment  $M_B$  aufgebracht werden kann.

Verformungen infolge von Normal- und Querkräften dürfen vernachlässigt werden.

- Die Transportbahn bewegt sich in  $x$ -Richtung von A nach B. Da auf dem Hinweg keine sensitiven Güter transportiert werden, bleibt die Vorrichtung in B deaktiviert ( $M_B = 0$ ). Bestimmen Sie den Verlauf der Verdrehung  $\varphi(x)$  und stellen Sie diesen in einem Diagramm dar. Benutzen Sie für die Länge  $l$  im Diagramm 100 mm und skalieren Sie den Maximalwert der Verdrehung  $\varphi$  auf 40 mm.
- Auf der Rückfahrt von B nach A darf keine Verdrehung auftreten ( $\varphi(x) = 0$ ), da sonst das Transportgut beschädigt würde. Bestimmen Sie das aufzubringende Moment  $M_B$  und stellen Sie dieses in einem Diagramm ( $M_B - x$ ) dar. Benutzen Sie für die Länge  $l$  wiederum 100 mm und skalieren Sie den Extremwert des aufzubringenden Moments im Bereich  $0 < x < l/2$  auf 40 mm.

**Aufgabe 6**



**Bild 6**

Das in Bild 6(a) dargestellte Druckglied der Gesamtlänge  $l(1+k)$  ist in A gelenkig gelagert und in B aufgehängt. Die Biegesteifigkeit des Druckglieds beträgt über die ganze Länge  $EI$ . Verformungen infolge von Normal- und Querkräften dürfen vernachlässigt werden.

- a) Ermitteln Sie eine Näherung für die Knicklast  $F_k$  in Abhängigkeit von  $k$  ( $Q = 0$ ) und stellen Sie den Verlauf in einem Diagramm ( $F_k - k$ ) dar.  
Hinweis: Vereinfachend darf die Biegelinie im auskragenden Bereich linear und zwischen den Lagerpunkten parabolisch angenommen werden. Zur Konstruktion der Parabel können die geometrischen Zusammenhänge in Bild 6(b) zu Hilfe gezogen werden.
- b) Wie stark weicht die Näherung für die Knicklast im Grenzfall  $k = 0$  von der exakten Lösung nach Euler ab? Wie müsste in weiteren Schritten vorgegangen werden, um eine bessere Näherung zu erreichen?
- c) Wie gross wird  $F_k$  für eine unendliche Biegesteifigkeit im Bereich zwischen A und B und einer konstanten (endlichen) Biegesteifigkeit  $EI$  in der Auskrantung BC?
- d) Bestimmen Sie die Durchbiegung bei C sowie die Normalspannungsverteilung bei B für  $l = 10$  m,  $k = 0.5$ ,  $Q = 110$  kN,  $F = 10$  MN und einen kreisförmigen Hohlquerschnitt aus Stahl ( $E_S = 205$  kN/mm<sup>2</sup>) mit Aussendurchmesser  $D = 508$  mm und Wandstärke  $t = 60$  mm.  
Für die Bestimmung der Spannungsverteilung darf die Normalkraft nach Theorie 1. Ordnung bestimmt werden.  
Falls Sie Aufgabenteil a) nicht gelöst haben, kann für die Knicklast  $F_k = 12.5$  MN verwendet werden.