

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau

Institut für Mechanik

Prof. Dr.-Ing. A. Menzel

Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

# Übungsaufgaben zur Klausurvorbereitung SS24 - Fragebogen

Die Aufgaben sind an eine Altklausur angelehnt, können aber stellenweise in Inhalt und Form abweichen.

## **Hinweis zur Bearbeitung:**

Bei der Beantwortung der Fragen ist zu beachten, dass **ausschließlich** das Ankreuzen der dafür vorgesehenen Kästchen auf dem **Antwortbogen** als Antwort gewertet wird. Es ist immer nur **eine** Antwortmöglichkeit richtig. Markierungen von Formeln, Wörtern, Bildern, usw. auf dem Fragebogen werden nicht berücksichtigt, sondern nur die zugehörigen Kästchen auf dem Antwortbogen. Beachten Sie auch das gezeigte Beispiel zur Markierung und zur Korrektur auf dem Antwortbogen.

**Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!**

### Aufgabe 1 - Statik

Wie viele der folgenden Aussagen über die (Prinzipien der) Statik sind korrekt? **(3,0 Punkte)**

- Die Prinzipien der Statik gelten für statisch unbestimmte und nicht kinematische Systeme.
- Die Prinzipien der Statik gelten für kinematische Systeme.
- Allein mithilfe des Freischnitt- und Wechselwirkungsprinzips sowie der Gleichgewichtsbedingungen können Verformungen von beliebigen Systemen berechnet werden.
- Das Freischnitt- und Wechselwirkungsprinzip sowie die Gleichgewichtsbedingungen reichen bei statisch bestimmten Systemen aus, um Reaktionskräfte eindeutig zu berechnen.
- In der Statik können nur masselose Systeme betrachtet werden
- In der Statik wird die Beschleunigung von Systemen vernachlässigt/ nicht berücksichtigt.

a) keine   b) 1   c) 2   d) 3   e) 4   f) 5   g) 6

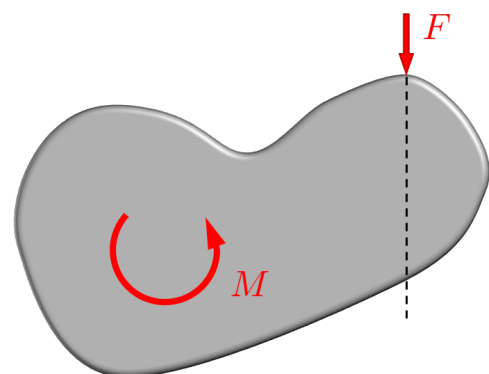
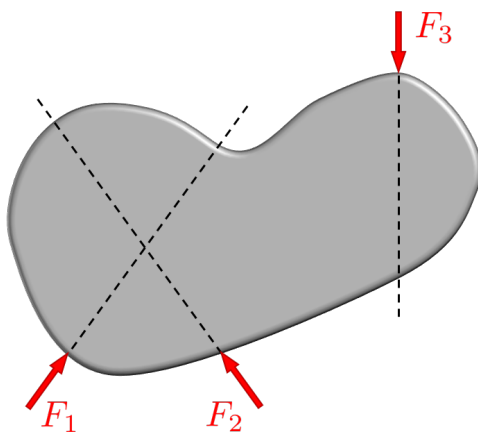
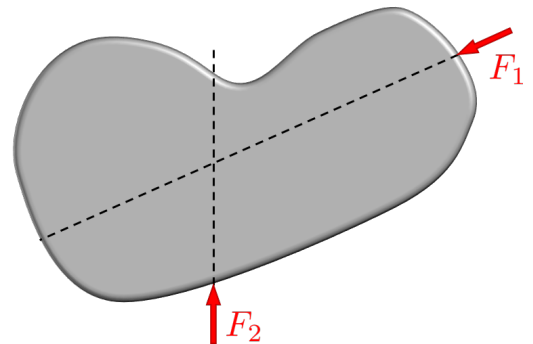
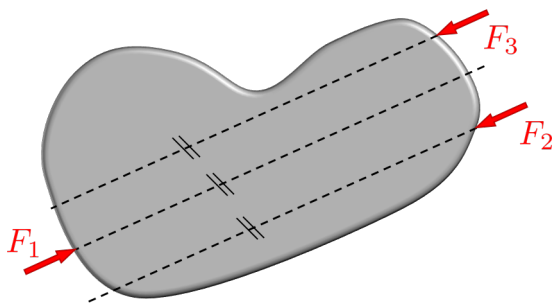
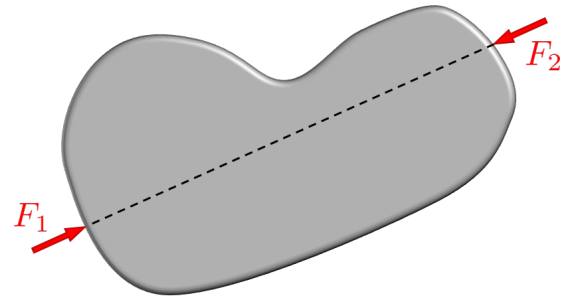
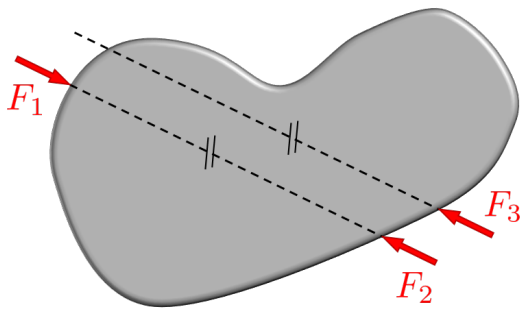
### Aufgabe 2 - Kräfte

Welche der folgenden Aussagen über Kräfte ist allgemein korrekt? **(1,0 Punkte)**

- a) Kräfte lassen sich nicht direkt messen.
- b) Die Wirkungen von Kräften lassen sich nicht in der Realität beobachten.
- c) Bei Berechnungen, denen nur Starrkörper zugrunde liegen, dürfen Kräfte nicht entlang ihrer Wirkungslinie verschoben werden.
- d) Eine Kraft ist alleine durch die Wirkungsrichtung des Vektors eindeutig bestimmt.
- e) Eine resultierende Kraft bewirkt eine Rotation des betrachteten Körpers um die  $z$ -Achse.
- f) Bei realen Problemstellungen im Ingenieurwesen kann allgemein das Eigengewicht des Systems stets vernachlässigt werden.

**Aufgabe 3** - Gleichgewichtszustand

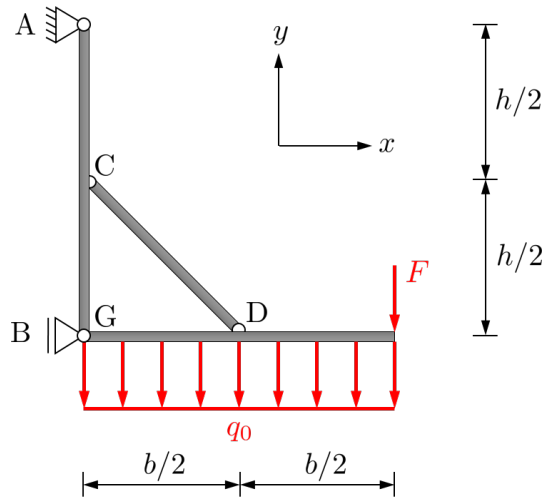
Wie viele der nachfolgend dargestellten Starrkörper-Systeme können sich für die jeweils vorgegebenen Kräfte und Momente (Beträge größer als Null) **keinesfalls** in einem Gleichgewichtszustand befinden? **(3,0 Punkte)**



- a) keins   b) 1   c) 2   d) 3   e) 4   f) 5   g) 6

**Aufgabe 4** - Freikörperbilder

Gegeben sei das rechts dargestellte mechanische System.



**4.1**

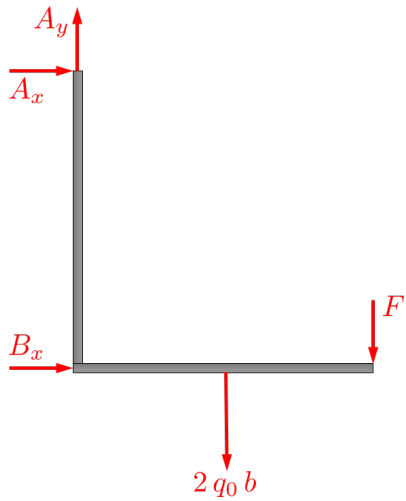
Welche der folgenden Abbildungen (auf den nächsten beiden Seiten) repräsentiert das korrekte Freikörperbild inklusive aller statisch äquivalenten Resultierenden des hier dargestellten Systems? Das Eigengewicht der Struktur ist zu vernachlässigen. Das Freikörperbild soll die eindeutige Berechnung **aller** Reaktionskräfte (Auflagerreaktionen, Gelenk- und Stabkräfte) ermöglichen. **(3,0 Punkte)**

**4.2**

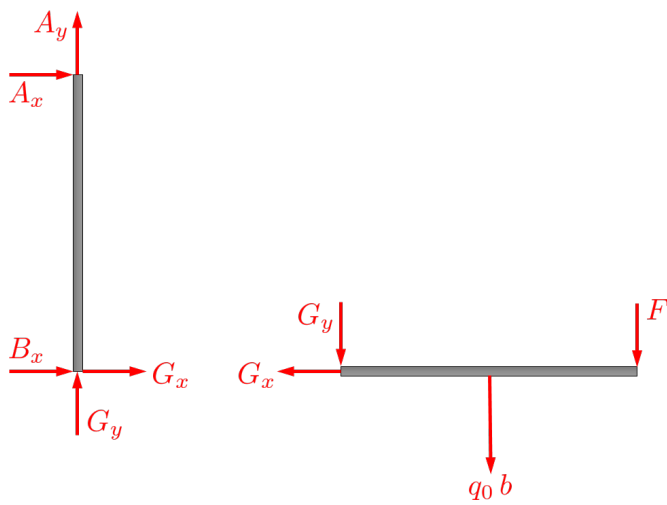
Welche der folgenden Aussagen ist korrekt? **(1,0 Punkte)**

- a) Die Auflagerreaktionen in A und B könnten auch ohne Freischneiden des Gelenks in G und des Stabs zwischen C und D eindeutig berechnet werden.
- b) Das System ist kinematisch.
- c) Das System weist mehr unbekannte Reaktionskräfte als unabhängige Gleichgewichtsbedingungen auf.
- d) Der Wert des Elastizitätsmoduls des Materials hat einen Einfluss auf die Größe der Auflagerreaktionen.
- e) Das Tragwerkselement zwischen den Punkten C und D wird bei der gegebenen äußeren Belastung auf Druck beansprucht.

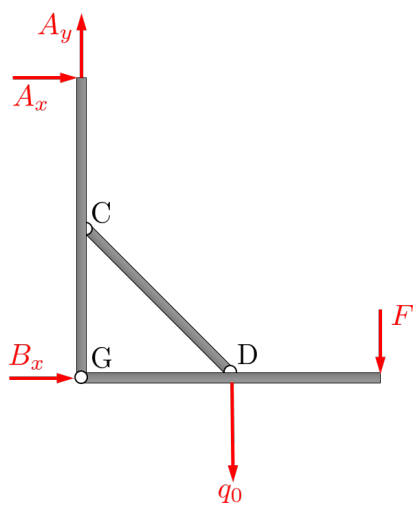
a)



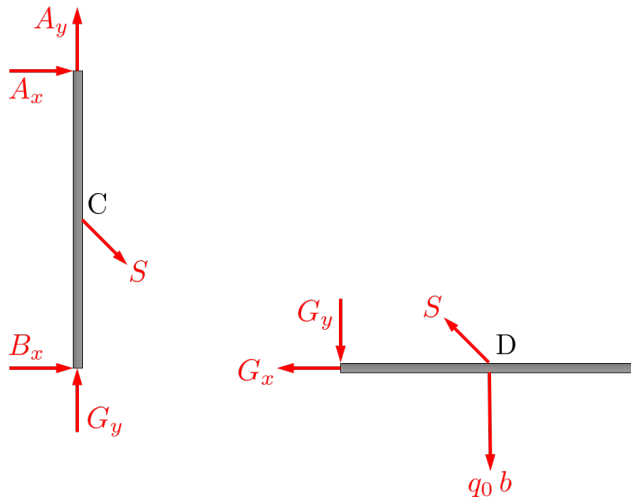
b)



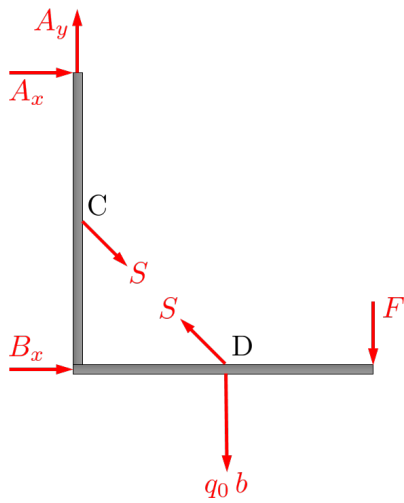
c)



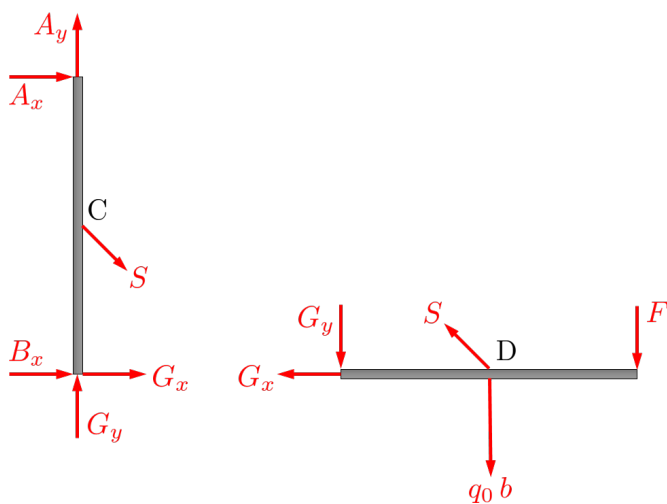
d)



e)

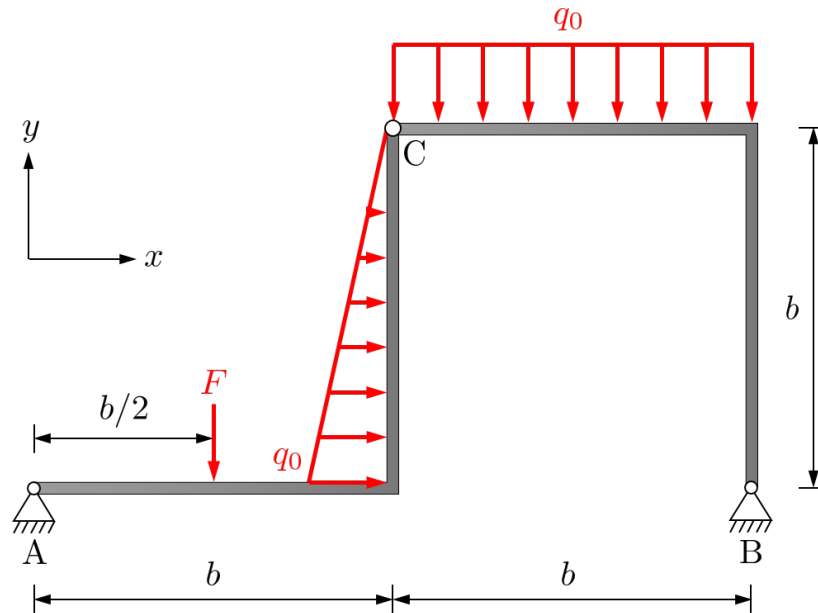


f)



**Aufgabe 5** - Auflagerreaktionen

Das nachfolgend vorgegebene System wird wie dargestellt belastet und ist in den Punkten A und B gelagert. Kräfte gelten als positiv in Richtung der eingezeichneten Koordinatenachsen.



**5.1**

Gehen Sie zunächst davon aus, dass das System am Gelenk in C getrennt und hier das entstehende „linke“ Teilsystem betrachtet wird (von A bis C). Die Reaktionskräfte in A und C sollen dabei positiv im Sinne des vorgegebenen Koordinatensystems sein. Welches ist der korrekte Ansatz für das Momentengleichgewicht mit C als Bezugspunkt? **(2,0 Punkte)**

- a)  $\frac{1}{3} q_0 b^2 - F b + A_x b \doteq 0$
- b)  $-\frac{1}{2} q_0 b^2 + F b - A_y b \doteq 0$
- c)  $\frac{1}{3} q_0 b^2 + F \frac{b}{2} + A_x b - A_y b \doteq 0$
- d)  $\frac{1}{6} q_0 b^2 + F \frac{b}{2} + A_x b - A_y b \doteq 0$
- e)  $\frac{1}{2} q_0 b^2 + F \frac{b}{2} + A_x b - A_y b \doteq 0$
- f)  $\frac{1}{6} q_0 b^2 + F b - A_y b \doteq 0$

### 5.2

Wie lautet die korrekte Lösung für die Auflagerreaktion  $B_x$  in Abhängigkeit der gegebenen Größen  $F$ ,  $q_0$  und  $b$ ? **(5,0 Punkte)**

a)  $-\frac{5}{12} q_0 b - \frac{1}{4} F$

b)  $-\frac{1}{3} q_0 b - \frac{1}{4} F$

c)  $-\frac{1}{3} q_0 b$

d)  $-\frac{2}{3} q_0 b - \frac{1}{2} F$

e)  $-\frac{1}{6} q_0 b - \frac{1}{4} F$

f)  $\frac{2}{3} q_0 b - \frac{1}{4} F$

g)  $-\frac{1}{3} q_0 b + \frac{1}{4} F$

h)  $-\frac{1}{6} q_0 b$

i)  $\frac{2}{3} q_0 b$

### 5.3

Wie viele lokale  $x_i, z_i$ -Koordinatensysteme müssen gemäß der in unserer Veranstaltung verwendeten Methodik mindestens definiert werden um die Schnittgrößenfunktionen des Gesamtsystems komplett zu berechnen? **(1,0 Punkte)**

a) 1

b) 2

c) 3

d) 4

e) 5

f) 6

### 5.4

Wie viele Bereiche müssen gemäß der in unserer Veranstaltung verwendeten Methodik mindestens definiert werden um die Schnittgrößenfunktionen des Gesamtsystems komplett zu berechnen? **(1,0 Punkte)**

a) 1

b) 2

c) 3

d) 4

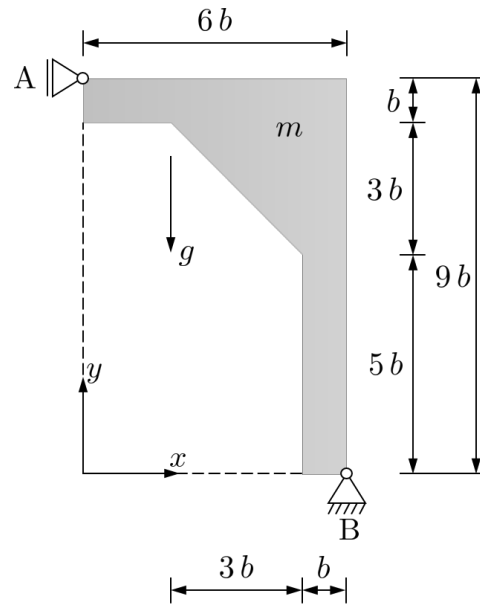
e) 5

f) 6



**Aufgabe 6** - Eigengewicht

Wie lautet die korrekte Lösung für die Auflagerreaktion  $A_x$  des hier vorgegebenen Systems? Das System befindet sich im Schwerfeld (Erdbeschleunigung  $g$ ) und besteht aus einem Körper der Masse  $m$  mit gleichmäßiger Masseverteilung. Die Kräfte gelten als positiv in Richtung der Koordinatenachsen. **(4,0 Punkte)**



a)  $\frac{7}{39} m g$

b)  $\frac{71}{333} m g$

c)  $\frac{11}{69} m g$

d)  $\frac{62}{333} m g$

e)  $\frac{16}{37} m g$

f)  $\frac{160}{333} m g$

g)  $\frac{25}{69} m g$

h)  $\frac{25}{39} m g$

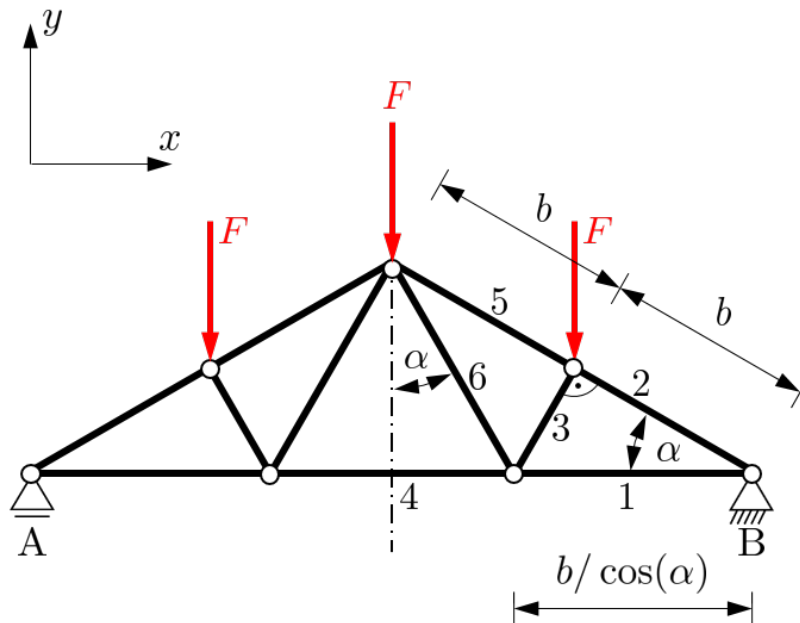
i)  $\frac{11}{37} m g$

**Aufgabe 7** - Fachwerke

Das dargestellte Fachwerk wird wie abgebildet belastet. Die Geometrie des Fachwerks ist bezüglich der eingezeichneten Mittelachse symmetrisch und es gilt  $\alpha = 30^\circ$ . Die Auflagerreaktionen wurden gemäß des vorgegebenen Koordinatensystems bereits zu

$$A_y = B_y = \frac{3}{2} F \quad , \quad B_x = 0$$

berechnet. Es gilt die Konvention, dass Zugbeanspruchungen durch positive Stabkräfte gekennzeichnet sind.



**Hinweis:**  $\sin(30^\circ) = \frac{1}{2}$ ,  $\cos(30^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2}$

**7.1**

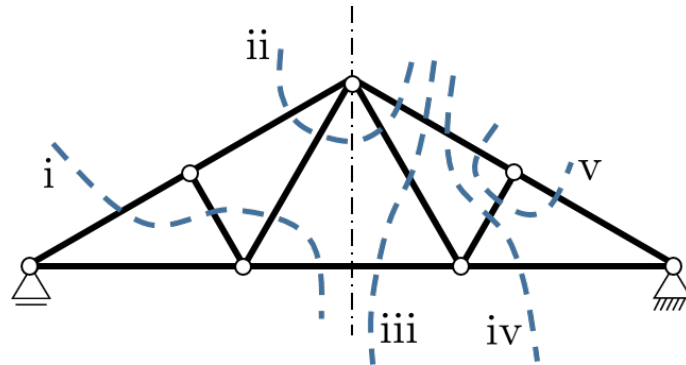
Wie lauten die korrekten Lösungen für die Stabkräfte  $S_1$  und  $S_2$ ?

**(2,0 Punkte)**

- |   |   |  |
|---|---|--|
| a) $S_1 = -\frac{3}{2} F, S_2 = -\frac{2\sqrt{2}}{2} F$ | b) $S_1 = \frac{3\sqrt{3}}{2} F, S_2 = -3 F$      | c) $S_1 = -3 F, S_2 = \sqrt{3} F$                      |
| d) $S_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} F, S_2 = -\sqrt{3} F$      | e) $S_1 = 3 F, S_2 = -F$                          | f) $S_1 = -\frac{\sqrt{3}}{2} F, S_2 = -3 F$           |
| g) $S_1 = \frac{3}{2} F, S_2 = \sqrt{3} F$              | h) $S_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} F, S_2 = \sqrt{3} F$ | i) $S_1 = \frac{3}{2} F, S_2 = -\frac{2\sqrt{2}}{2} F$ |

7.2

Im nachfolgenden Bild sind fünf mit römischen Zahlen bezifferte Schnitte angedeutet. Wie viele dieser Schnitte repräsentieren sinnvolle Ritterschnitte, mit denen direkt 3 Stabkräfte eindeutig berechnet werden können? **(1,0 Punkte)**



- |           |          |         |
|-----------|----------|---------|
| a) keiner | b) einer | c) zwei |
| d) drei   | e) vier  | f) fünf |

7.3

Wie lautet die korrekte Lösung für die Stabkraft  $S_6$ ? **(1,0 Punkte)**

- |                     |                     |                           |
|---------------------|---------------------|---------------------------|
| a) $-\frac{3}{2} F$ | b) $-3\sqrt{3} F$   | c) $2 F$                  |
| d) $\sqrt{2} F$     | e) $-\frac{5}{2} F$ | f) $\frac{\sqrt{3}}{2} F$ |
| g) $-3\sqrt{2} F$   | h) $\sqrt{3} F$     | i) $-3 F$                 |

7.4

Wie lautet die korrekte Lösung für die Stabkraft  $S_5$ ? **(1,5 Punkte)**

- |                     |                     |                           |
|---------------------|---------------------|---------------------------|
| a) $-\frac{3}{2} F$ | b) $-3\sqrt{3} F$   | c) $2 F$                  |
| d) $\sqrt{2} F$     | e) $-\frac{5}{2} F$ | f) $\frac{\sqrt{3}}{2} F$ |
| g) $-3\sqrt{2} F$   | h) $\sqrt{3} F$     | i) $-3 F$                 |

7.5

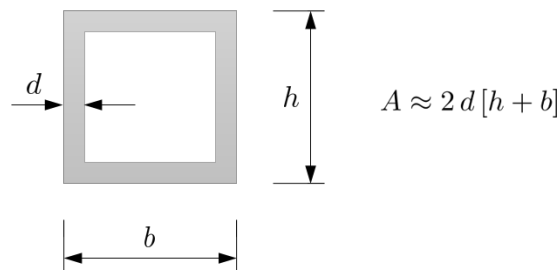
Wie lautet die korrekte Lösung für die Stabkraft  $S_4$ ? **(1,5 Punkte)**

- |                     |                     |                           |
|---------------------|---------------------|---------------------------|
| a) $-\frac{3}{2} F$ | b) $-3\sqrt{3} F$   | c) $2 F$                  |
| d) $\sqrt{2} F$     | e) $-\frac{5}{2} F$ | f) $\frac{\sqrt{3}}{2} F$ |
| g) $-3\sqrt{2} F$   | h) $\sqrt{3} F$     | i) $-3 F$                 |

7.6

Bei diesem Fachwerk ergibt sich für eine nicht näher spezifizierte Kraft  $F$  eine maximale Stabkraft von  $S_{\max} = 2.600 \text{ kN}$  sowie eine minimale Stabkraft von  $S_{\min} = -3.000 \text{ kN}$ . Sowohl für Zug- als auch Druckstäbe soll das unten dargestellte quadratische Hohlprofil mit den Abmessungen  $h = b = 150 \text{ mm}$  verwendet werden. Nutzen Sie zur Berechnung des Flächeninhaltes die angegebene vereinfachte Formel. Die maximal zulässige Spannung des verwendeten Materials beträgt sowohl im Zug- als auch Druckbereich  $|\sigma_{\text{zul}}| = 467 \text{ MPa}$ .

**Hinweis:**  $1 \text{ MPa} = 1 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$



Welche der folgenden möglichen Wandstärken  $d$  würden Sie gemäß der in unserer Veranstaltung festgelegten Kriterien für das Profil wählen? **(3,5 Punkte)**

- |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| a) $d = 1 \text{ mm}$  | b) $d = 2 \text{ mm}$  | c) $d = 3 \text{ mm}$  |
| d) $d = 4 \text{ mm}$  | e) $d = 5 \text{ mm}$  | f) $d = 6 \text{ mm}$  |
| g) $d = 7 \text{ mm}$  | h) $d = 8 \text{ mm}$  | i) $d = 9 \text{ mm}$  |
| j) $d = 10 \text{ mm}$ | k) $d = 11 \text{ mm}$ | l) $d = 12 \text{ mm}$ |

7.7

Bei einer Routineuntersuchung hat sich gezeigt, dass Stab 2 eine Längenänderung von  $\Delta l = -20 \text{ mm}$  aufweist. Es ist zu befürchten, dass dieser Stab wesentliche Schäden aufweist und der tatsächliche Elastizitätsmodul  $E$  nicht dem Normwert des verwendeten Materials entspricht. Die ursprüngliche Länge dieses Stabs betrug  $b = 5.000 \text{ mm}$ . Es ist hier von einer Stabkraft von  $S_2 = -6.000 \text{ kN}$  auszugehen und es wurde ein Profil mit einer Querschnittsfläche von  $A = 12.800 \text{ mm}^2$  gewählt. Berechnen Sie den tatsächlichen Wert des Elastizitätsmoduls, der hier vorliegt. **(2,5 Punkte)**

- |                                   |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| a) $210.000 \text{ N/mm}^2$       | b) $\approx 1,9 \text{ N/mm}^2$   | c) $150 \text{ N/mm}^2$             |
| d) $\approx 216,7 \text{ N/mm}^2$ | e) $2.343.750 \text{ N/mm}^2$     | f) $117.187,5 \text{ N/mm}^2$       |
| g) $1.875 \text{ N/mm}^2$         | h) $150.000 \text{ N/mm}^2$       | i) $\approx 2.343,8 \text{ N/mm}^2$ |
| j) $\approx 533,3 \text{ N/mm}^2$ | k) $\approx 117,2 \text{ N/mm}^2$ | l) $210 \text{ N/mm}^2$             |

7.8

Welchen Grenzwert  $S_2^{\max}$  dürfte die Stabkraft nicht überschreiten, damit eine Dehnung von  $\varepsilon^{\max} = 0,002$  nicht überschritten wird? Für den Elastizitätsmodul soll nun  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$  und für die Profil-Querschnittsfläche weiterhin  $A = 12.800 \text{ mm}^2$  angesetzt werden. **(2,0 Punkte)**

a)  $\approx 32,8 \text{ MN}$

b)  $5.376 \text{ kN}$

c)  $\approx 8.203,1 \text{ N}$

d)  $12.824 \text{ kN}$

e)  $\approx 8.203,1 \text{ MN}$

f)  $\approx 32,8 \text{ N}$

g)  $5.376 \text{ MN}$

h)  $\approx 32,8 \text{ kN}$

i)  $12.824 \text{ N}$

j)  $\approx 8.203,1 \text{ kN}$

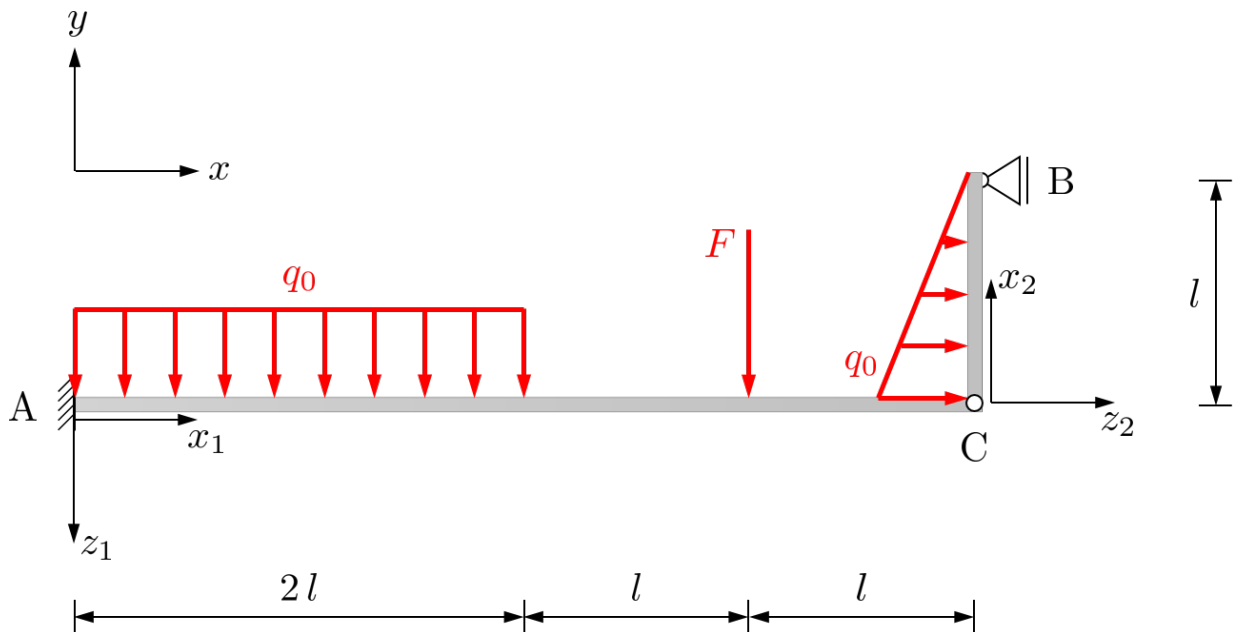
k)  $12.824 \text{ MN}$

l)  $5.376 \text{ N}$

**Aufgabe 8** - Balkentragwerke

Für das hier dargestellte System wurden die Auflagerreaktionen gemäß des vorgegebenen globalen  $x,y$ -Koordinatensystems wie folgt berechnet:

$$A_x = -\frac{1}{3} q_0 l, \quad A_y = F + 2 q_0 l, \quad M_A = 3 F l + 2 q_0 l^2, \quad B_x = -\frac{1}{6} q_0 l$$



**8.1**

Wie lautet die korrekte Funktion des Biegemomentes  $M(x_1)$  im Bereich  $0 \leq x_1 \leq 2l$ ? (3,0 Punkte)

- a)  $F x_1 + 2 q_0 l x_1 - \frac{q_0}{2} x_1^2$
- b)  $q_0 x_1^2 + F x_1 - 2 q_0 l x_1 + 3 F l + q_0 l^2 = q_0 [l - x_1]^2 + F [3l + x_1]$
- c)  $\frac{q_0}{2} [2l - x_1]^2 + F x_1 + 2 q_0 l x_1 - 3 F l - 2 q_0 l^2 = \frac{q_0}{2} x_1^2 + F [x_1 - 3l]$
- d)  $-\frac{q_0}{2} x_1^2 + F x_1 + 2 q_0 l x_1 - 3 F l - 2 q_0 l^2 = -\frac{q_0}{2} [x_1 - 2l]^2 + F [x_1 - 3l]$
- e)  $-\frac{q_0}{2} [2l - x_1]^2 + 3 F l + 2 q_0 l^2 = 3 F l + \frac{q_0}{2} [4l - x_1] x_1$
- f)  $-\frac{q_0}{2} x_1^2$

**8.2**

Wie lautet die korrekte Funktion des Biegemomentes  $M(x_2)$  im Bereich  $0 \leq x_2 \leq l$ ? (**3,0 Punkte**)

a)  $-\frac{q_0}{6} \frac{x_2^3}{l} + \frac{q_0 l}{6} x_2 = \frac{q_0 x_2}{l} \left[ \frac{l^2}{6} - \frac{x_2^2}{18} \right]$

b)  $-\frac{q_0}{2} x_2^2 + \frac{q_0 l}{6} x_2 = \frac{q_0}{6} [l - 3x_2] x_2$

c)  $-\frac{q_0}{6} \left[ 1 - \frac{x_2}{l} \right] [l - x_2]^2 + \frac{q_0 l}{6} [l - x_2] = \frac{q_0 x_2}{6l} [x_2^2 - 3x_2 l + 2l^2]$

d)  $\frac{q_0}{3} \frac{x_2^3}{l} + \frac{q_0 l}{6} x_2 = \frac{q_0 x_2}{6l} [l^2 + 2x_2^2]$

e)  $-\frac{q_0}{2} [l - x_2]^2 + \frac{q_0 l}{6} [l - x_2] = -\frac{q_0}{6} [2l - 3x_2] [l - x_2]$

f)  $-\frac{q_0}{3} \left[ 1 - \frac{x_2}{l} \right] [l - x_2]^2 - \frac{q_0 l}{6} [l - x_2] = -\frac{q_0}{6l} [l - x_2] [3l^2 - 4x_2 l + 2x_2^2]$

**8.3**

An welcher Stelle  $x_2^{\max}$  befindet sich im Bereich  $0 \leq x_2 \leq l$  das betragsmäßig größte Biegemoment? (**3,0 Punkte**)

- |                              |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| a) 0                         | b) $l + \frac{\sqrt{2}l}{2}$ | c) $l - \frac{\sqrt{5}l}{8}$ |
| d) $l - \frac{\sqrt{2}l}{2}$ | e) $l - \frac{\sqrt{3}l}{3}$ | f) $l$                       |
| g) $\frac{l}{6}$             | h) $l + \frac{\sqrt{5}l}{8}$ | i) $l + \frac{\sqrt{3}l}{3}$ |

**8.4**

Wie lautet die korrekte Funktion der Querkraft  $Q(x_2)$  im Bereich  $0 \leq x_2 \leq l$ ? **(2,0 Punkte)**

a)  $\frac{q_0}{2} [l - x_2] - \frac{q_0 l}{6} = \frac{q_0}{6} [2l - 3x_2]$

b)  $\frac{q_0}{2} \left[1 - \frac{x_2}{l}\right] [l - x_2] - \frac{q_0 l}{6} = \frac{q_0}{6l} [2l^2 - 6x_2 l + 3x_2^2]$

c)  $\frac{q_0 x_2^2}{l} - \frac{q_0 l}{6} = \frac{q_0}{6l} [6x_2^2 - l^2]$

d)  $\frac{q_0}{2} x_2 - \frac{q_0 l}{6} = -\frac{q_0}{6} [l - 3x_2]$

e)  $-q_0 [l - x_2]^2 - \frac{q_0 l}{6}$

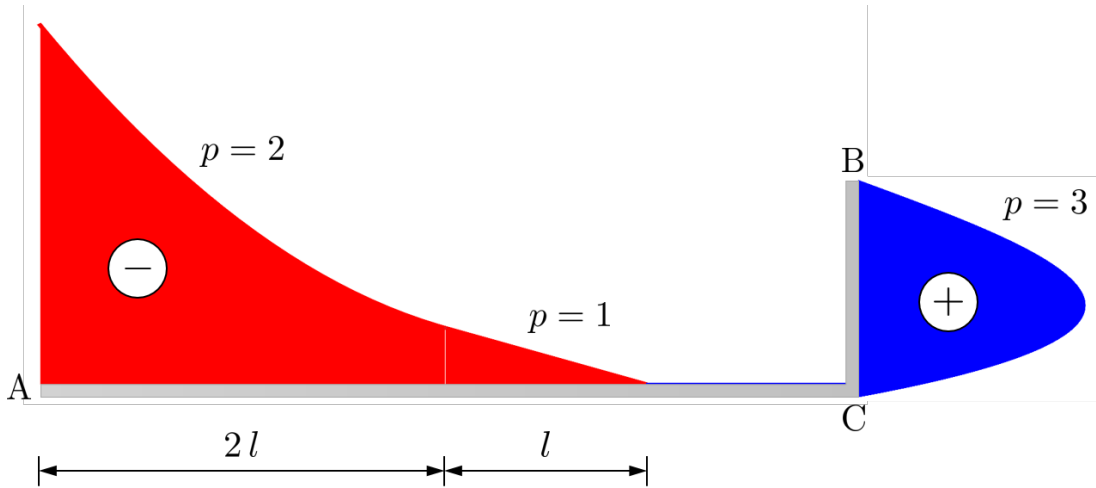
f)  $-q_0 \left[1 - \frac{x_2}{l}\right] [l - x_2] + \frac{q_0 l}{6} = -\frac{q_0}{6l} [5l^2 - 12x_2 l + 6x_2^2]$

**8.5**

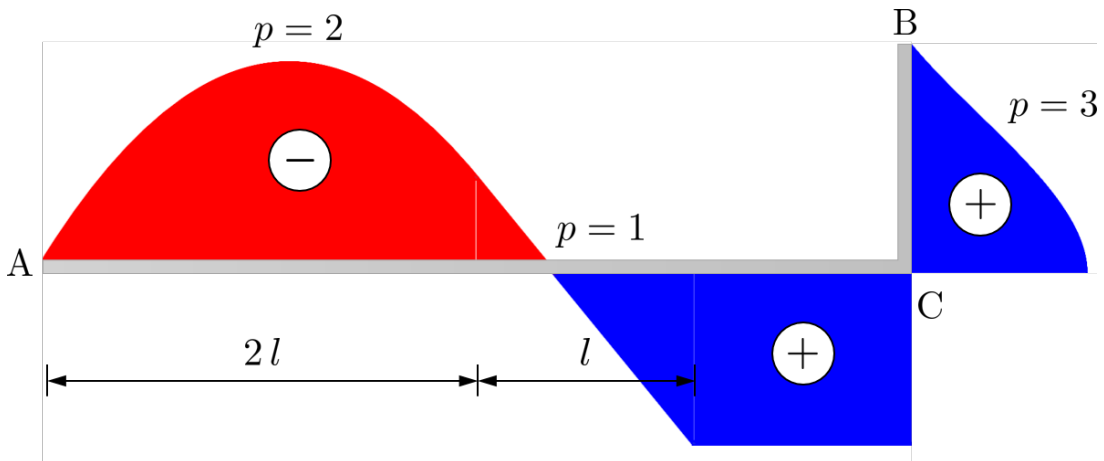
Auf den nachfolgenden Seiten finden Sie verschiedene Ergebnisse für den Biegemomentenverlauf  $M$  in diesem System. Welcher davon ist korrekt? Der Polynomgrad  $p$  und das Vorzeichen von  $M$  sind jeweils angegeben. **(4,0 Punkte)**



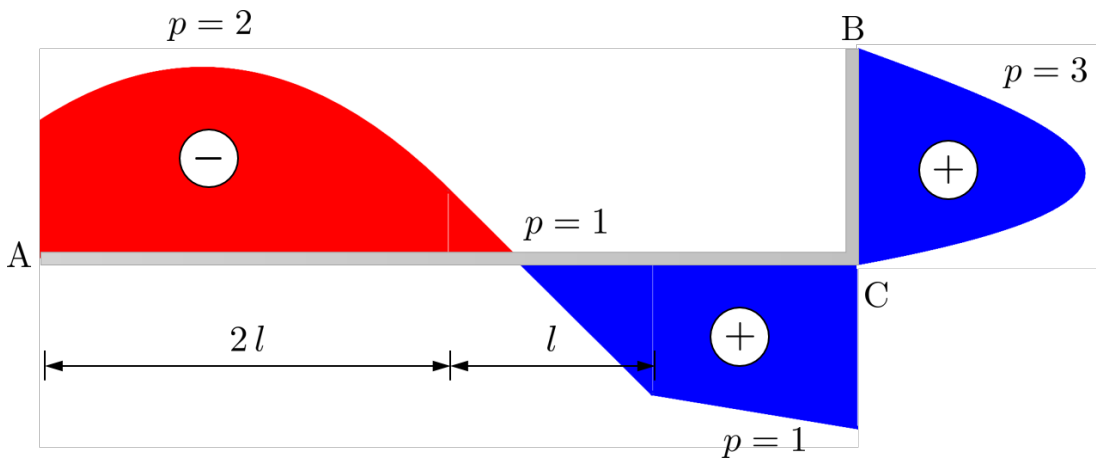
a)



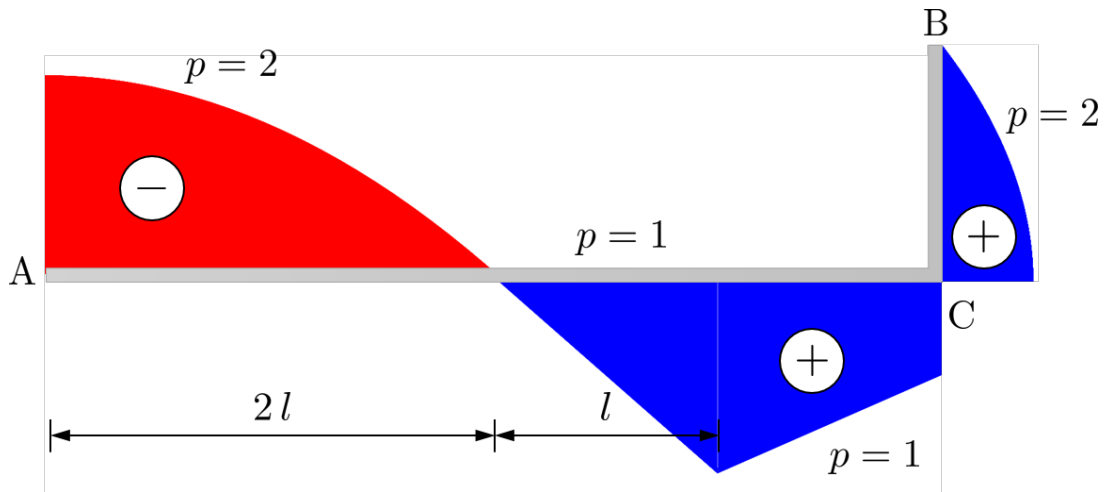
b)



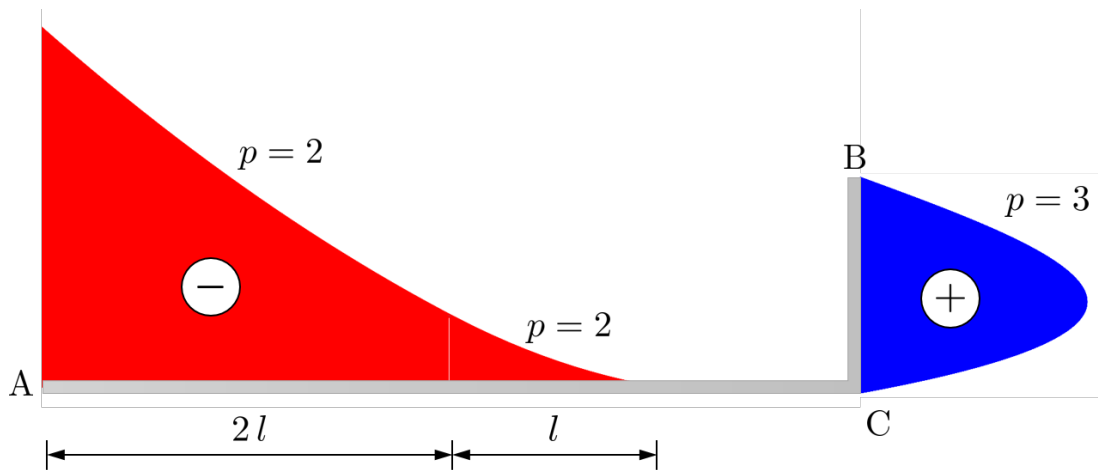
c)



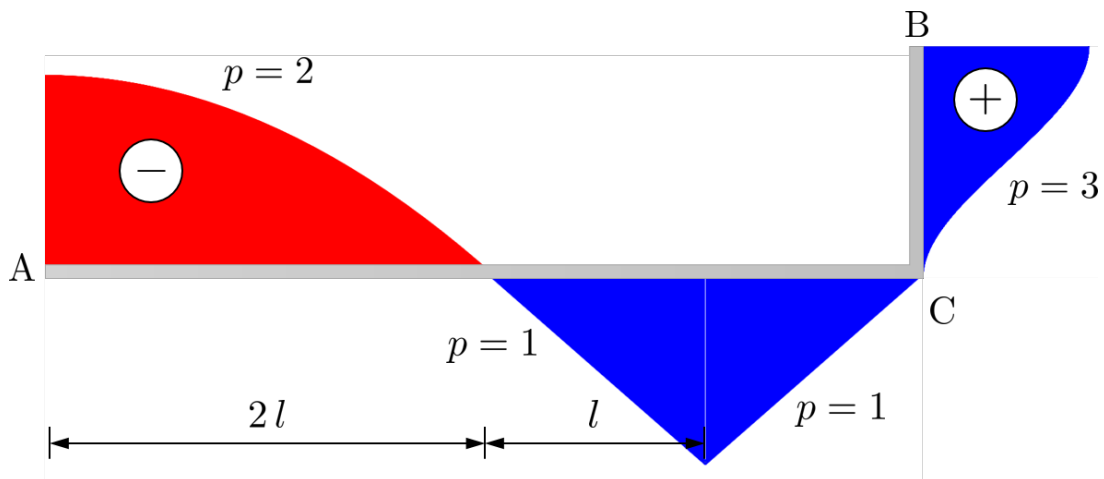
d)



e)



f)



**8.6**

Für eine andere Belastung wurde ein betragsmäßig maximales Biegemoment von  $M^{\max} = -38.000$  Nm ermittelt. Das zu verwendende Material weist sowohl im Zug- als auch Druckbereich eine maximal zulässige Spannung von  $|\sigma_{\text{zul}}| = 255$  MPa auf. Für welches Profil (alle symmetrisch bezüglich der  $y$ -Achse) würden Sie sich entscheiden, wenn sowohl die Tragfähigkeit als auch die Wirtschaftlichkeit maßgebend wären? Als Grundlage sollen alleine die vorgegebenen Biegemomente dienen, die Normalkräfte im System sollen vernachlässigt werden. **(4,0 Punkte)**

**Hinweis:**  $1 \text{ MPa} = 1 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Lösung	Profil	Höhe $h$	Flächenträgheitsmoment $I_y$	Kosten pro Meter
a)	IPE 180	180 mm	13.170.000 mm <sup>4</sup>	36 EUR
b)	HE 100 A	96 mm	3.492.000 mm <sup>4</sup>	27 EUR
c)	HE 100 B	100 mm	4.495.000 mm <sup>4</sup>	33 EUR
d)	HE 100 C	110 mm	7.587.000 mm <sup>4</sup>	50 EUR
e)	HE 100 M	120 mm	11.430.000 mm <sup>4</sup>	80 EUR
f)	HE 100 AA	91 mm	2.365.000 mm <sup>4</sup>	20 EUR

**Aufgabe 9** - Biegelinie

Im Folgenden sei erneut das bei Aufgabe 8 dargestellte System betrachtet.

**9.1**

Für eine andere Belastung ist die Biegemomentenfunktion für den gesamten horizontalen und links eingespannten Träger nun durch

$$M(x_1) = -\frac{q_0}{2} x_1^2 + 4 q_0 l x_1 - 8 q_0 l^2$$

vorgegeben, wobei  $q_0$  den Wert einer auf diesen Träger wirkenden Streckenlast darstellt. Welche der genannten Optionen stellt eine korrekte Funktion der Biegelinie  $w(x_1)$  in diesem Abschnitt noch in Abhängigkeit der Integrationskonstanten  $\mathcal{C}_i$  dar? **(2,0 Punkte)**

a)  $\frac{q_0}{6 E I_y} x_1^3 - \frac{2 q_0 l}{E I_y} x_1^2 + \frac{8 q_0 l^2}{E I_y} x_1 + \mathcal{C}_1$

b)  $\frac{6 q_0}{E I_y} x_1^4 - \frac{12 q_0 l}{E I_y} x_1^3 + \frac{16 q_0 l^2}{E I_y} x_1^2 + \mathcal{C}_1 x_1 + \mathcal{C}_2$

c)  $\frac{q_0}{12 E I_y} x_1^4 - \frac{q_0 l}{6 E I_y} x_1^3 + \frac{2 q_0 l^2}{E I_y} x_1^2 + \mathcal{C}_1 x_1 + \mathcal{C}_2$

d)  $-\frac{q_0}{2} + \mathcal{C}_1 x_1 + \mathcal{C}_2$

e)  $\frac{3 q_0}{E I_y} x_1^4 - \frac{8 q_0 l}{E I_y} x_1^3 + \frac{8 q_0 l^2}{E I_y} x_1^2 + \mathcal{C}_1 x_1 + \mathcal{C}_2$

f)  $\frac{q_0}{24 E I_y} x_1^4 - \frac{2 q_0 l}{3 E I_y} x_1^3 + \frac{4 q_0 l^2}{E I_y} x_1^2 + \mathcal{C}_1 x_1 + \mathcal{C}_2$

**9.2**

Wie lauten die Randbedingungen für diese Biegelinie, die unabhängig von der Belastung und nur bezüglich des betrachteten Trägers aufgestellt werden können? **(1,0 Punkte)**

a)  $w(2l) = 0, w'(0) = 0$

b)  $w(0) = 0, w'(l) = 0$

c)  $w(0) = 0, w'(0) = 0$

d)  $w(3l/4) = 0, w'(0) = 0$

e)  $w(0) = 0, w'(2l) = 0$

f)  $w(0) = 0, w'(3l/4) = 0$

**9.3**

Die maximale Durchbiegung des betrachteten horizontalen Trägers wurde zu

$$w_{\max} = \frac{27 q_0 l^4}{8 E I_y}$$

bestimmt. Wählen Sie aus den nachfolgend aufgelisteten Profilen eines aus, mit dem sowohl das Kriterium Wirtschaftlichkeit optimal erfüllt wird als auch die Forderung, dass die maximale Durchbiegung des betrachteten Trägers den Grenzwert von 6 mm nicht überschreitet. Es sollen darüber hinaus keine Kriterien aus der vorherigen Aufgabe angewandt werden. Als Zahlenwerte sind  $q_0 = 4 \text{ N/mm}$ ,  $l = 1.000 \text{ mm}$  sowie  $E = 210.000 \text{ MPa}$  zu verwenden. **(3,0 Punkte)**

**Hinweis:**  $1 \text{ MPa} = 1 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Lösung	Profil	Höhe $h$	Flächenträgheitsmoment $I_y$	Kosten pro Meter
a)	IPE 180	180 mm	13.170.000 mm <sup>4</sup>	36 EUR
b)	HE 100 A	96 mm	3.492.000 mm <sup>4</sup>	27 EUR
c)	HE 100 B	100 mm	4.495.000 mm <sup>4</sup>	33 EUR
d)	HE 100 C	110 mm	7.587.000 mm <sup>4</sup>	50 EUR
e)	HE 100 M	120 mm	11.430.000 mm <sup>4</sup>	80 EUR
f)	HE 100 AA	91 mm	2.365.000 mm <sup>4</sup>	20 EUR