

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau

Institut für Mechanik

Prof. Dr.-Ing. A. Menzel

Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Übungsaufgaben zur Klausurvorbereitung WS23/24 - 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

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

- a) In der Statik werden nur masselose Systeme betrachtet.
- b) In der Statik werden nur unbewegte Systeme betrachtet.
- c) In der Statik werden nur Systeme aus elastischen Körpern betrachtet.
- d) In der Statik werden nur Systeme ohne Reibung betrachtet.
- e) In der Statik werden nur zentrale Kräftesysteme betrachtet.
- f) In der Statik werden nur statisch unbestimmte Systeme betrachtet.

Aufgabe 2 - Kräfte

Welche der folgenden Aussagen über Kräfte ist korrekt? (2,0 Punkte)

- a) Kräfte lassen sich durch geeignete Experimente direkt messen.
- b) Wirkungen von Kräften können in keinem Fall gemessen werden.
- c) Bei Berechnungen in der Statik dürfen Kräfte nicht entlang ihrer Wirkungslinie verschoben werden.
- d) Eine Kraft ist alleine durch den Betrag eines Vektors eindeutig bestimmt.
- e) Eine resultierende Kraft bewirkt eine Beschleunigung des betrachteten Körpers in Richtung der Kraft.
- f) Im Schwerfeld der Erde wirkt auf jeden Körper die betragsmäßig gleiche Kraft.

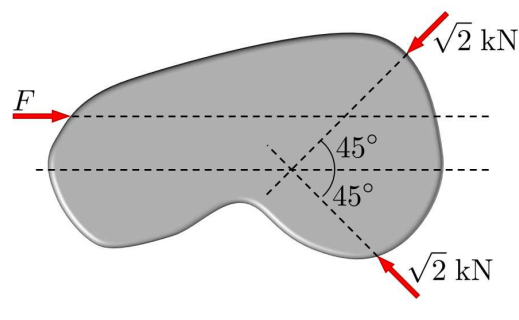
Aufgabe 3 - Statisches Gleichgewicht

Welche Aussage zu Kräfte- und Momentengleichgewichten ist **nicht** korrekt? (2,0 Punkte)

- a) Ein Allgemeines Kräftesystem lässt sich zu einer resultierenden Kraft und einem resultierenden Moment zusammenfassen.
- b) Die Summe der Kräfte muss für jeden Fall und für jedes beliebige System welches sich im statischen Gleichgewicht befindet gleich Null sein.
- c) Das Momentengleichgewicht lässt sich bezüglich eines beliebigen Bezugspunktes aufstellen.
- d) Bei der Berücksichtigung eines Momentes im Momentengleichgewicht ist die exakte Position, an welcher das Moment wirkt, relevant.
- e) Der Hebelarm einer Kraft ist die kürzeste Verbindung zwischen Wirkungslinie der Kraft und Bezugspunkt.
- f) Ist das Momentengleichgewicht nicht erfüllt, resultiert dies in einer Drehung des Körpers.

Aufgabe 4 - Gleichgewichtszustand 2

Der hier dargestellte Starrkörper wird durch drei Einzelkräfte belastet. Welche nachfolgende Aussage ist bezüglich des Gleichgewichtszustandes des Systems korrekt? (2,0 Punkte)

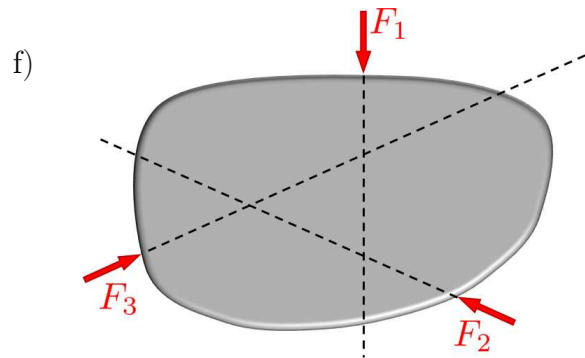
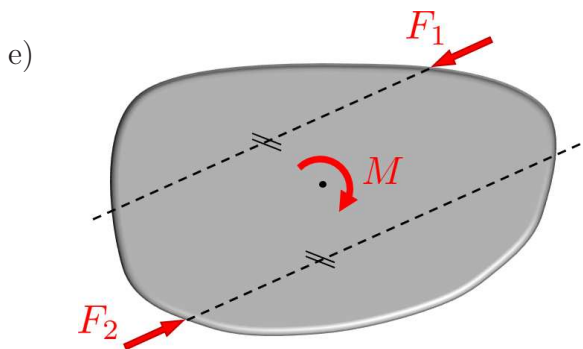
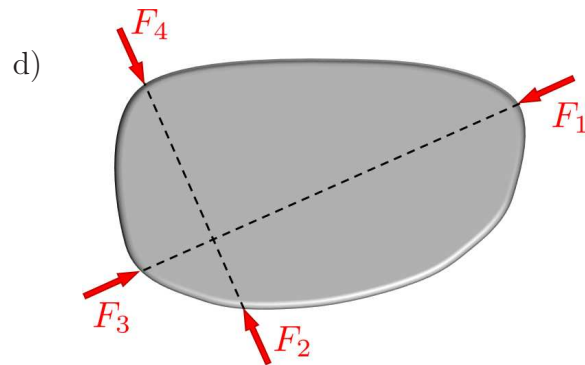
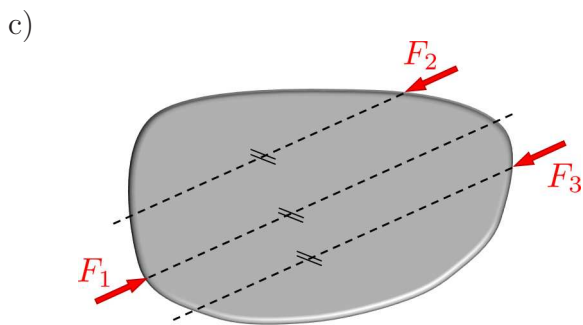
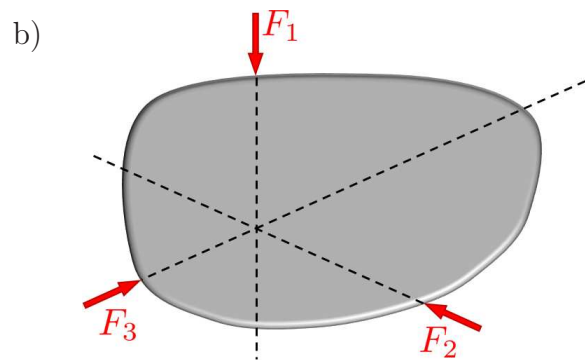
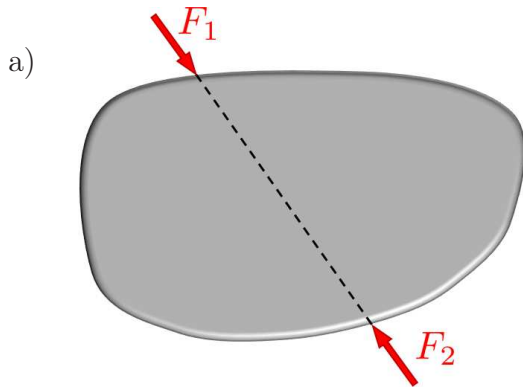


- a) Das System kann unabhängig vom genauen Wert für F nicht im statischen Gleichgewicht sein, da stets ein resultierendes Moment ungleich Null vorliegt.
- b) Das System kann unabhängig vom genauen Wert für F nicht im statischen Gleichgewicht sein, da stets eine resultierende Kraft ungleich Null vorliegt.
- c) Das System kann unabhängig vom genauen Wert für F nicht im statischen Gleichgewicht sein, da stets sowohl eine resultierende Kraft als auch ein resultierendes Moment ungleich Null vorliegt.
- d) Gleichgewicht ist unabhängig vom genauen Wert für F immer erfüllt.
- e) Für $F = 2$ kN liegt Gleichgewicht vor.
- f) Für $F = 0$ kN liegt Gleichgewicht vor.

Aufgabe 5 - Gleichgewichtszustand 2

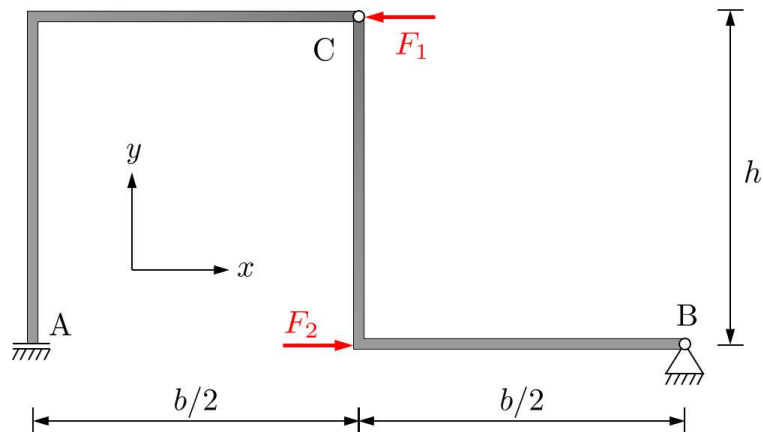
Welches der nachfolgend dargestellten Starrkörper-Systeme kann sich für beliebig große Beträge der Kräfte und Momente größer Null unter keinen Umständen in einem Gleichgewichtszustand befinden?

(2,0 Punkte)



Aufgabe 6 - Mechanisches System

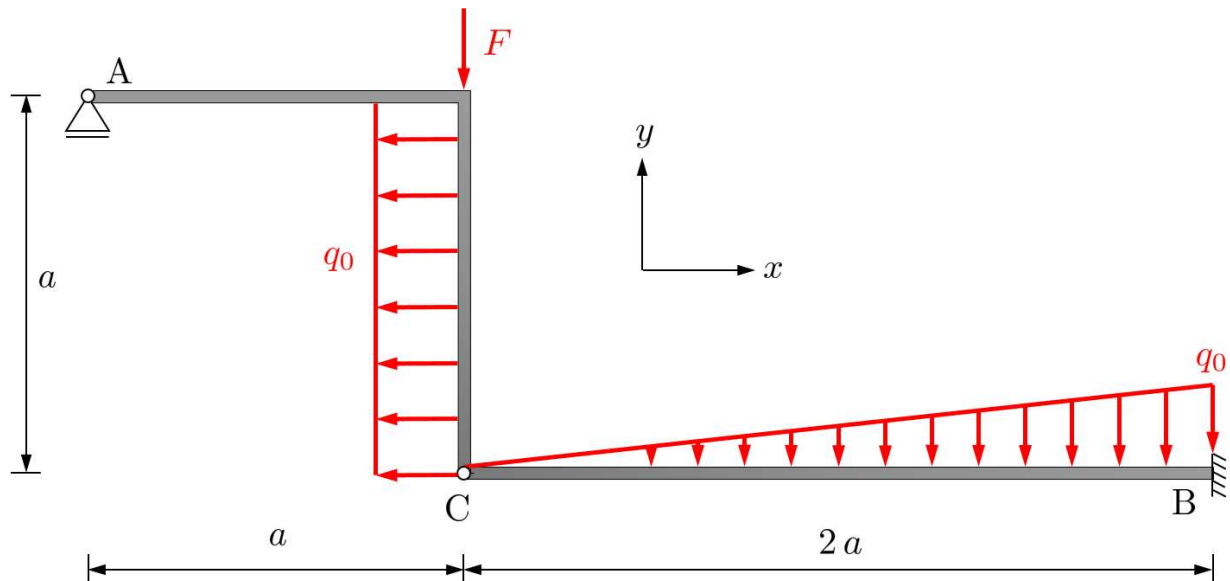
Welche der folgenden Aussagen über das hier dargestellte System ist **nicht** korrekt? (2,0 Punkte)



- Zur Lösung der Problemstellung ist es gemäß der behandelten Methoden zielführend, 2 Teilsysteme zu betrachten, die sich durch Freischnitten am Gelenk C ergeben.
- Die Gleichgewichtsbedingungen sind für dieses System uneingeschränkt gültig und anwendbar.
- Insgesamt lassen sich für dieses System 6 linear unabhängige Gleichgewichtsbedingungen herleiten.
- Die Anzahl der (unbekannten) Reaktionskräfte und -momente sowie Gelenkkräfte in den Punkten A, B und C beträgt 7.
- Die Reaktionskräfte des Systems können mithilfe der Gleichgewichtsbedingungen eindeutig berechnet werden.
- In Punkt A kann ein Moment von der Struktur auf das Lager übertragen werden.

Aufgabe 7 - 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.



7.1

Wie lautet die korrekte Lösung für die Auflagerreaktion A_y ? (2,0 Punkte)

- | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| a) $A_y = -q_0 a$ | b) $A_y = \frac{2}{3} q_0 a$ | c) $A_y = -\frac{1}{2} q_0 a$ |
| d) $A_y = -\frac{1}{6} q_0 a^2$ | e) $A_y = -\frac{1}{2} q_0$ | f) $A_y = \frac{1}{2} q_0 a$ |

7.2

Wie lautet die korrekte Lösung für die Auflagerreaktion B_x ? (2,0 Punkte)

- | | | |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| a) $B_x = -q_0 a$ | b) $B_x = q_0 a$ | c) $B_x = -\frac{1}{2} q_0 a$ |
| d) $B_x = -\frac{1}{3} q_0 a$ | e) $B_x = \frac{1}{3} q_0 a$ | f) $B_x = \frac{1}{2} q_0 a$ |

7.3

Wie lautet die korrekte Lösung für die Auflagerreaktion B_y ? (2,0 Punkte)

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| a) $B_y = F - \frac{1}{2} q_0 a$ | b) $B_y = -F - \frac{1}{2} q_0 a$ | c) $B_y = -F + q_0 a$ |
| d) $B_y = F + \frac{1}{2} q_0 a$ | e) $B_y = 2F + \frac{1}{2} q_0 a$ | f) $B_y = F + q_0 a$ |

7.4

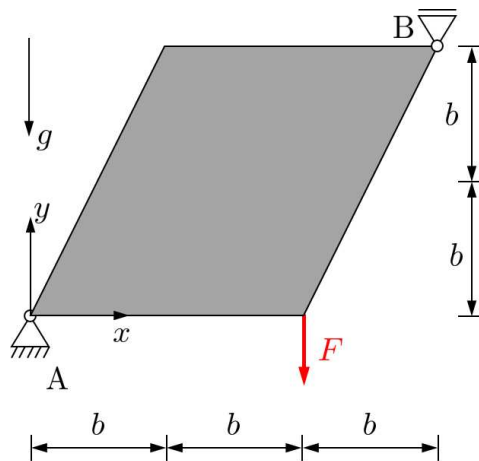
Wie lautet die korrekte Lösung für die Auflagerreaktion M_B ?

(2,0 Punkte)

- a) $M_B = 2 F a - \frac{1}{2} q_0 a^2$ b) $M_B = -2 F a + \frac{1}{3} q_0 a^2$ c) $M_B = F a + q_0 a^2$
 d) $M_B = -F a - \frac{1}{6} q_0 a^2$ e) $M_B = F a + \frac{1}{3} q_0 a^2$

Aufgabe 8 - Eigengewicht

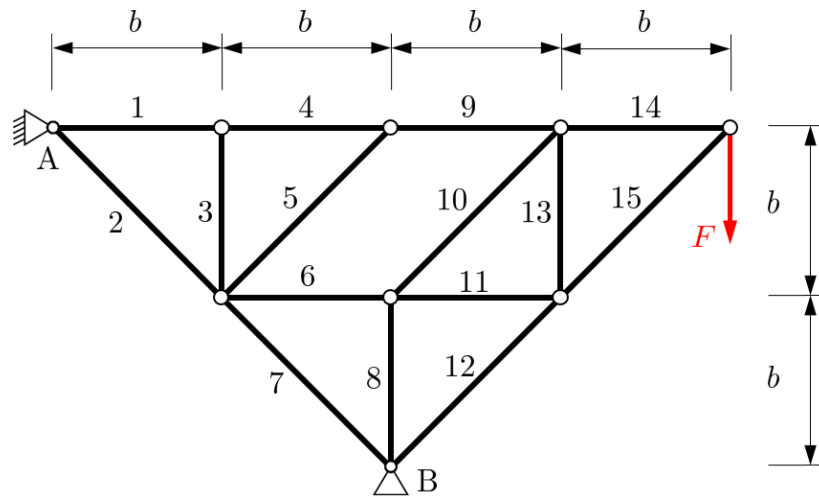
Wie lautet die korrekte Lösung für die Auflagerreaktion B_y des hier vorgegebenen Systems? Das System befindet sich im Schwerfeld (Erdbeschleunigung g) und besteht aus einem Körper der Masse m mit gleichmäßiger Masseverteilung. Die Kräfte gelten als positiv in Richtung der Koordinatenachsen. (4,0 Punkte)



- a) $B_y = \frac{2}{3} F + \frac{1}{2} m g$
 b) $B_y = \frac{1}{3} F + m g$
 c) $B_y = m g$
 d) $B_y = \frac{2}{3} F + m g$
 e) $B_y = -\frac{2}{3} F + \frac{1}{2} m g$
 f) $B_y = -\frac{2}{3} F - m g$

Aufgabe 9 - Fachwerke 1

Das dargestellte Fachwerk wird wie abgebildet belastet. Es gilt die Konvention, dass Zugbeanspruchungen durch positive Stabkräfte gekennzeichnet sind.



9.1

Wie lauten die korrekten Lösungen für die Stabkräfte S_{14} und S_{15} ?

(2,0 Punkte)

- | | | |
|---|---|---------------------------------------|
| a) $S_{14} = \sqrt{2} F, S_{15} = F$ | b) $S_{14} = F, S_{15} = \sqrt{2} F$ | c) $S_{14} = F, S_{15} = -\sqrt{2} F$ |
| d) $S_{14} = 2 F, S_{15} = \sqrt{2} F$ | e) $S_{14} = 2 F, S_{15} = -F$ | f) $S_{14} = F, S_{15} = F$ |
| g) $S_{14} = \sqrt{2} F, S_{15} = \sqrt{2} F$ | h) $S_{14} = \sqrt{2} F, S_{15} = -2 F$ | i) $S_{14} = F, S_{15} = 0$ |

9.2

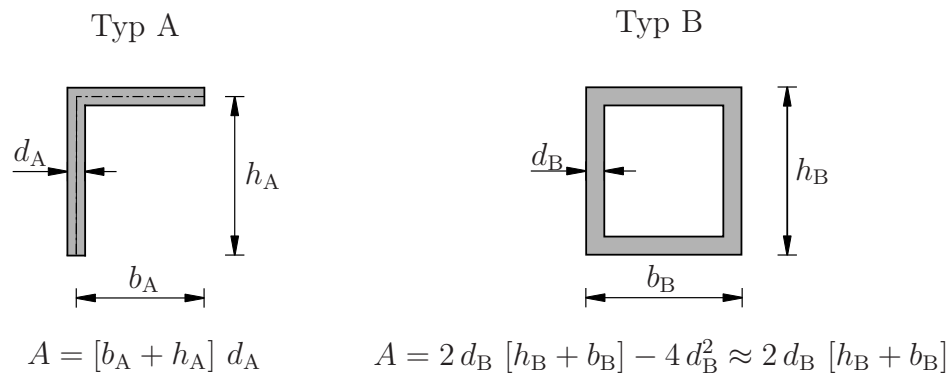
Wie lauten die korrekten Lösungen für die Stabkräfte S_2, S_3 und S_4 ?

(3,0 Punkte)

- | | |
|---|--|
| a) $S_2 = \sqrt{2} F, S_3 = F, S_4 = F$ | b) $S_2 = -\sqrt{2} F, S_3 = 0, S_4 = F$ |
| c) $S_2 = 2 F, S_3 = -\sqrt{2} F, S_4 = \sqrt{2} F$ | d) $S_2 = -F, S_3 = 0, S_4 = \sqrt{2} F$ |
| e) $S_2 = -\sqrt{2} F, S_3 = 0, S_4 = 2 F$ | f) $S_2 = -\sqrt{2} F, S_3 = F, S_4 = F$ |

Aufgabe 10 - Fachwerke 2

Für ein nicht näher spezifiziertes Fachwerk wurden die maximale positive Stabkraft $S_{\max} = 900 \text{ kN}$ sowie die minimale negative Stabkraft $S_{\min} = -1.500 \text{ kN}$ berechnet. Für Zugstäbe sollen Profile des Typs A mit der Breite $b_A = 50 \text{ mm}$ und Höhe $h_A = 100 \text{ mm}$ verwendet werden, siehe nachfolgende Abbildung für Druckstäbe die Profile des Typs B mit der Breite $b_B = 70 \text{ mm}$ und der Höhe $h_B = 150 \text{ mm}$. Der Flächeninhalt des jeweiligen Profilquerschnitts A ist angegeben. Die maximal zulässige Spannung des verwendeten Materials beträgt sowohl im Zug- als auch im Druckbereich $|\sigma_{\text{zul}}| = 800 \text{ MPa}$.



10.1

Welche der folgenden möglichen Wandstärken d_A würden Sie gemäß der in unserer Veranstaltung festgelegten Kriterien für die Profile des Typs A wählen? **(3,0 Punkte)**

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) $d_A = 2 \text{ mm}$ | b) $d_A = 4 \text{ mm}$ | c) $d_A = 6 \text{ mm}$ |
| d) $d_A = 8 \text{ mm}$ | e) $d_A = 10 \text{ mm}$ | f) $d_A = 12 \text{ mm}$ |
| g) $d_A = 14 \text{ mm}$ | h) $d_A = 16 \text{ mm}$ | i) $d_A = 18 \text{ mm}$ |
| j) $d_A = 20 \text{ mm}$ | k) $d_A = 22 \text{ mm}$ | l) $d_A = 24 \text{ mm}$ |

10.2

Welche der folgenden möglichen Wandstärken d_B würden Sie gemäß der in unserer Veranstaltung festgelegten Kriterien für die Profile des Typs B wählen? **(4,0 Punkte)**

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) $d_B = 2 \text{ mm}$ | b) $d_B = 4 \text{ mm}$ | c) $d_B = 6 \text{ mm}$ |
| d) $d_B = 8 \text{ mm}$ | e) $d_B = 10 \text{ mm}$ | f) $d_B = 12 \text{ mm}$ |
| g) $d_B = 14 \text{ mm}$ | h) $d_B = 16 \text{ mm}$ | i) $d_B = 18 \text{ mm}$ |
| j) $d_B = 20 \text{ mm}$ | k) $d_B = 22 \text{ mm}$ | l) $d_B = 24 \text{ mm}$ |

Aufgabe 11 - Fachwerke 3

11.1

Für ein anderes, nicht-näher spezifiziertes Fachwerk wurde eine Stabkraft S bestimmt. Welchen Grenzwert E_{\min} muss der Elastizitätsmodul des Materials des Stabes aufweisen, damit seine Längenänderung den Wert $\Delta l = 0,005 \text{ m}$ nicht überschreitet? Die Werte der Systemparameter lauten: $S = 200.000 \text{ N}$, $l_0 = 10 \text{ m}$, $A = 0,0025 \text{ m}^2$, wobei A den Flächeninhalt der Profil-Querschnitte darstellt. **(4,0 Punkte)**

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

a) $E_{\min} = 200.000 \text{ MPa}$

b) $E_{\min} = 200.000.000 \text{ MPa}$

c) $E_{\min} = 20.000 \text{ MPa}$

d) $E_{\min} = 16.000 \text{ MPa}$

e) $E_{\min} = 160.000 \text{ MPa}$

f) $E_{\min} = 160.000.000 \text{ MPa}$

g) $E_{\min} = 40.000 \text{ MPa}$

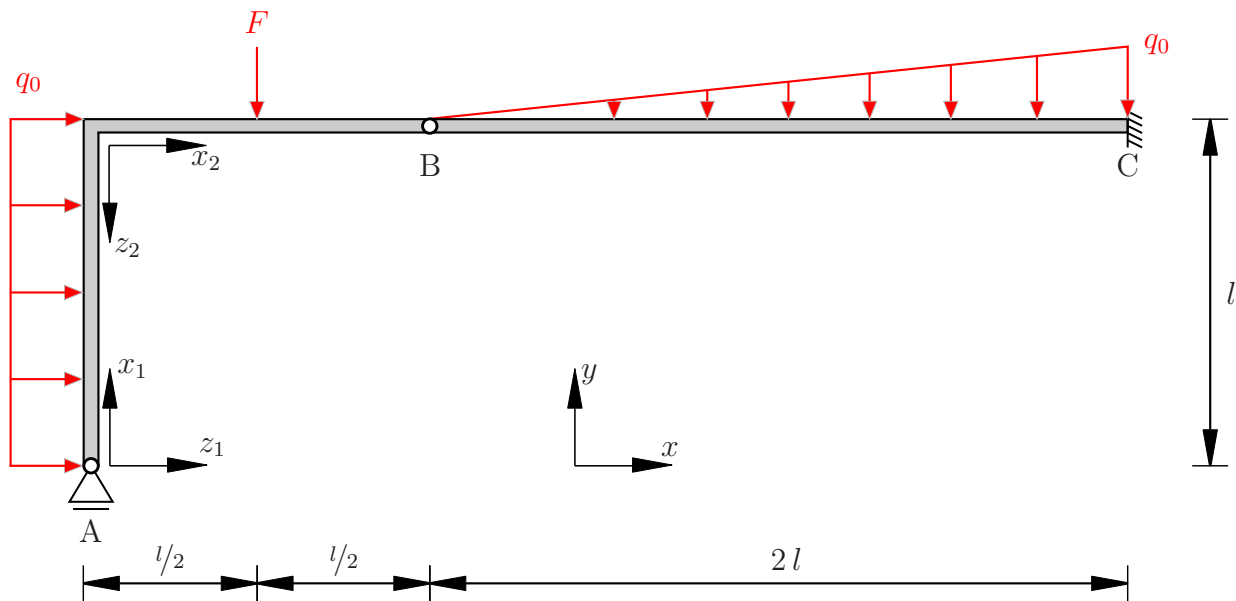
h) $E_{\min} = 400.000 \text{ MPa}$

i) $E_{\min} = 400.000.000 \text{ MPa}$

Aufgabe 12 - Balkentragwerke 1

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

$$A_y = \frac{1}{2} F + \frac{l}{2} q_0, \quad C_x = -q_0 l, \quad C_y = \frac{1}{2} F + \frac{l}{2} q_0, \quad M_C = \frac{1}{3} q_0 l^2 - F l$$



12.1

In wie viele Bereiche muss das System zur eindeutigen Berechnung der Schnittgrößenfunktionen mindestens unterteilt werden? **(1,0 Punkte)**

- | | | |
|------|------|------|
| a) 1 | b) 2 | c) 3 |
| d) 4 | e) 5 | f) 6 |
| g) 7 | h) 8 | i) 9 |

12.2

Wie lautet die korrekte Funktion der Belastung $q(x_2)$ im Bereich $l \leq x_2 \leq 3l$? **(1,0 Punkte)**

- | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------------------|
| a) $q(x_2) = \frac{1}{2} q_0 [x_2 - l]$ | b) $q(x_2) = q_0 \frac{x_2 - l}{l}$ | c) $q(x_2) = q_0 \frac{x_2 - l}{2l}$ |
| d) $q(x_2) = \frac{1}{2} q_0 x_2$ | e) $q(x_2) = q_0 l$ | f) $q(x_2) = q_0 \frac{x_2}{l}$ |

12.3

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

a) $M(x_1) = \frac{1}{2} q_0 x_1$

b) $M(x_1) = q_0 x_1^2$

c) $M(x_1) = -q_0 x_1^2$

d) $M(x_1) = \frac{1}{2} q_0 x_1^2$

e) $M(x_1) = -\frac{1}{2} q_0 x_1$

f) $M(x_1) = -\frac{1}{2} q_0 x_1^2$

12.4

Wie lautet die korrekte Funktion des Biegemomentes $M(x_2)$ im Bereich $l \leq x_2 \leq 3l$? (**4,0 Punkte**)

a) $M(x_2) = -\frac{q_0}{12l} [x_2 - l]^3 - \frac{1}{2} [F - q_0 l] [x_2 - l]$

b) $M(x_2) = \frac{q_0}{6l} [x_2 - l]^3 - \frac{1}{2} [F - q_0 l] [x_2 - l]$

c) $M(x_2) = \frac{q_0}{12l} [x_2 - l]^2 + \frac{1}{2} [F - q_0 l] [x_2 - l]$

d) $M(x_2) = -\frac{q_0 l}{6} [x_2 - l]^2 - \frac{1}{2} [F - q_0 l] [x_2 - l]$

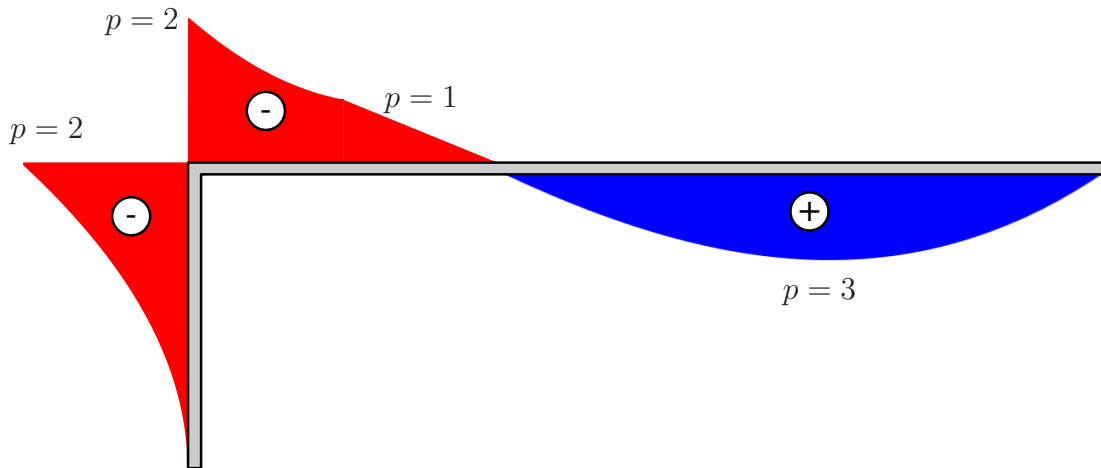
e) $M(x_2) = \frac{q_0}{12l} [x_2 - l]^3 - \frac{1}{2} [F - q_0 l] [x_2 - l]$

f) $M(x_2) = -\frac{q_0 l}{6} [x_2 - l]^3 + \frac{1}{2} [F - q_0 l] [x_2 - l]$

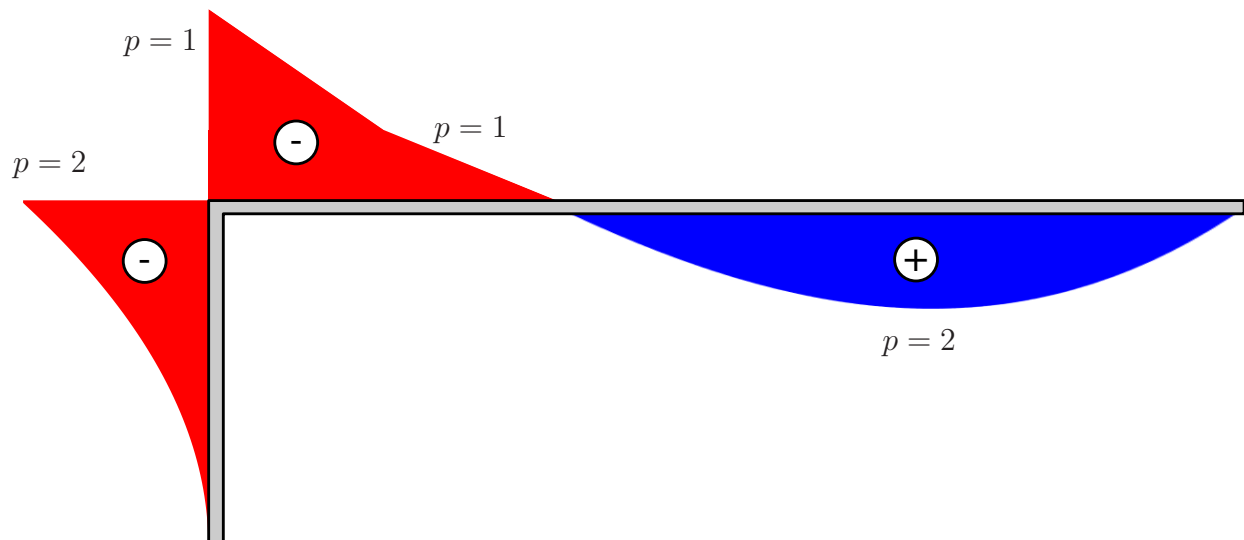
12.5

Welche der folgenden Auswahlmöglichkeiten (auf dieser und der nächsten Seite) repräsentiert den korrekten Verlauf der Biegemomente M für das gesamte Tragwerk? Der Polynomgrad p der Funktion und das Vorzeichen sind jeweils angegeben. (5,0 Punkte)

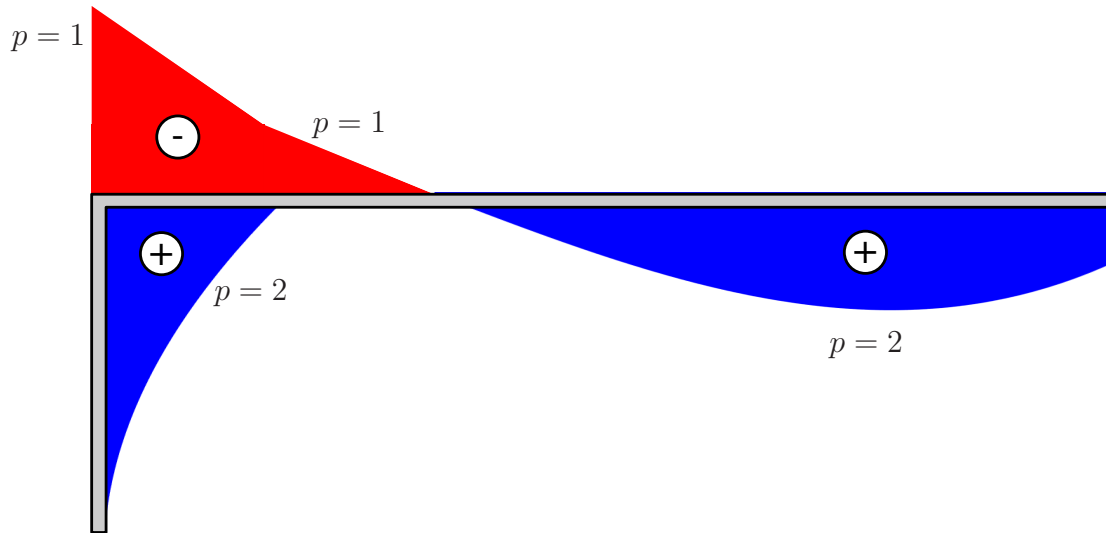
a)



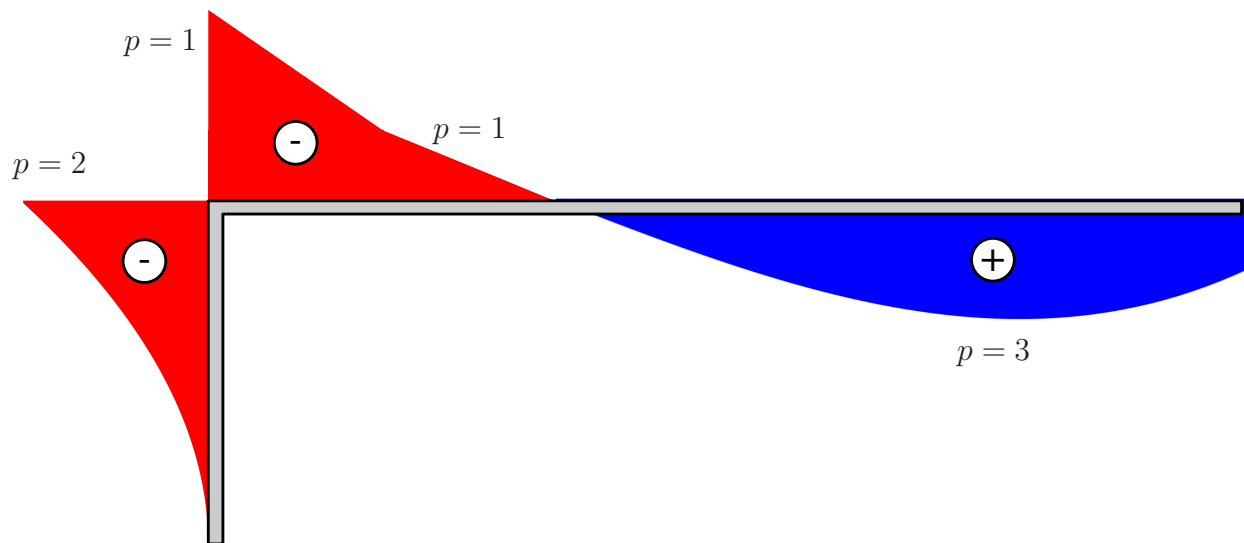
b)



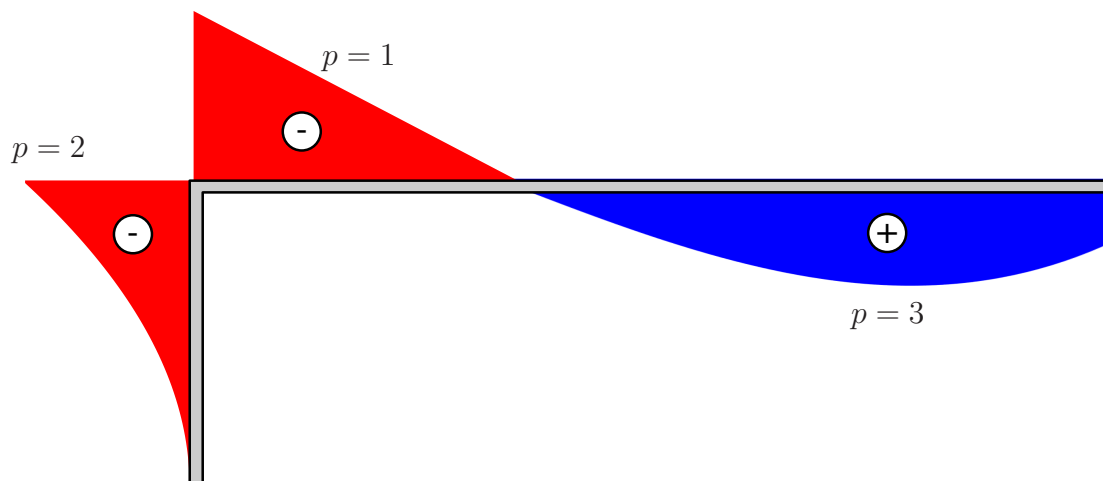
c)



d)



e)

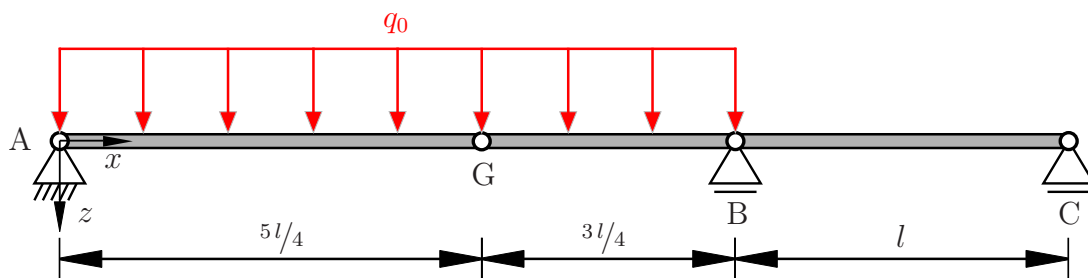


Aufgabe 13 - Balkentragwerke 2

Für das hier dargestellte System wurde die Funktion des Biegemomenten-Verlaufs gemäß des vorgegebenen x, z -Koordinatensystems wie folgt berechnet:

$$\text{für } 0 \leq x \leq 2l : M(x) = -\frac{1}{2} q_0 x^2 + \frac{5}{8} q_0 l x$$

$$\text{für } 2l \leq x \leq 3l : M(x) = \frac{3}{4} q_0 l x - \frac{9}{4} q_0 l^2$$



13.1

Wie lautet die korrekte Funktion $Q(x)$ der Querkraft im Bereich $0 \leq x \leq 2l$? **(1,0 Punkte)**

a) $Q(x) = -\frac{1}{4} q_0 x + \frac{5}{8} q_0 l$

b) $Q(x) = -q_0 x + \frac{5}{4} q_0 l x$

c) $Q(x) = -\frac{1}{2} q_0 x + \frac{5}{4} q_0 l$

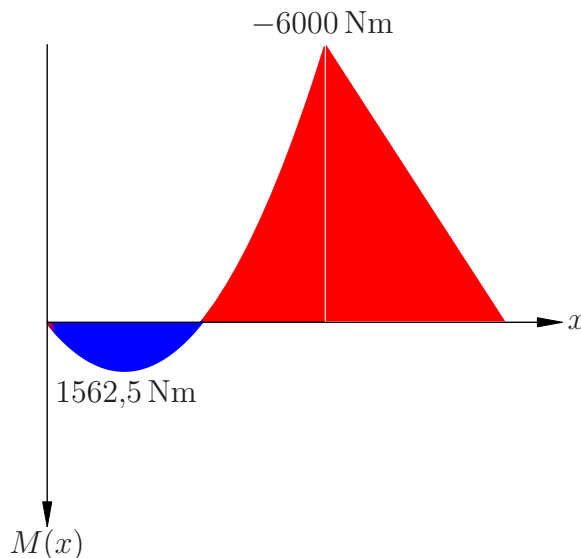
d) $Q(x) = -q_0 x + \frac{5}{8} q_0 l$

e) $Q(x) = q_0 x - \frac{5}{8} q_0 l$

f) $Q(x) = -\frac{1}{2} q_0 x^2 + \frac{5}{8} q_0 l x$

13.2

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf des Biegemoments des oben vorgegebenen Systems für $q_0 = 2.000 \text{ N/m}$ und $l = 2 \text{ m}$ mit Angabe der Extremwerte.



Das zu verwendende Material weist sowohl im Zug- als auch Druckbereich eine maximal zulässige Spannung von $|\sigma_{zul}| = 255 \text{ MPa}$ auf. Für welches Profil (alle symmetrisch bezüglich der y -Achse) würden Sie sich entscheiden, wenn nur die optimale Ausnutzung der Tragreserven maßgebend wäre? Als Grundlage sollen alleine die vorgegebenen Biegemomente dienen. **(5,0 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 200	200 mm	19.430.000 mm ⁴	36 EUR
b)	HE 100 A	96 mm	3.492.000 mm ⁴	27 EUR
c)	HE 100 B	100 mm	4.495.000 mm ⁴	33 EUR
d)	HE 100 C	110 mm	7.587.000 mm ⁴	50 EUR
e)	HE 100 M	120 mm	11.430.000 mm ⁴	80 EUR
f)	HE 100 AA	91 mm	2.365.000 mm ⁴	20 EUR

13.3

Für dieselben Vorgaben aus **Aufgabe 13.2**: Für welches der oben vorgegebenen Profile würden Sie sich entscheiden, wenn zusätzlich die angegebenen Kosten berücksichtigt werden? **(2,0 Punkte)**

- a) IPE 200
- b) HE 100 A
- c) HE 100 B
- d) HE 100 C
- e) HE 100 M
- f) HE 100 AA

13.4

Im Folgenden sei nur der Bereich $0 \leq x \leq 5l/4$ betrachtet, also der Balkenabschnitt zwischen dem Auflager in A und dem Gelenk in G. Wie lautet die korrekte Funktion der Biegelinie in diesem Abschnitt noch in Abhängigkeit der Integrationskonstanten \mathcal{C}_1 und \mathcal{C}_2 ? **(3,0 Punkte)**

a) $w(x) = \frac{q_0}{24 E I_y} \left(2x^4 - \frac{5}{2} l x^3 \right) + \mathcal{C}_1 x + \mathcal{C}_2$

b) $w(x) = \frac{q_0}{24 E I_y} \left(x^4 - \frac{5}{2} l x^3 \right) + \mathcal{C}_1 x + \mathcal{C}_2$

c) $w(x) = \frac{q_0}{24 E I_y} \left(-x^4 - \frac{5}{2} l x^3 \right) + \mathcal{C}_1 x + \mathcal{C}_2$

d) $w(x) = \frac{q_0}{24 E I_y} \left(x^4 + \frac{5}{2} l x^3 \right) + \mathcal{C}_1 x + \mathcal{C}_2$

e) $w(x) = \frac{q_0}{24 E I_y} (x^4 - 5 l x^3) + \mathcal{C}_1 x + \mathcal{C}_2$

f) $w(x) = \frac{q_0}{24 E I_y} \left(x^4 - \frac{5}{4} l x^3 \right) + \mathcal{C}_1 x + \mathcal{C}_2$

13.5

Welche beiden Randbedingungen können für den Bereich $0 \leq x \leq 2l$ angegeben werden? **(1,0 Punkte)**

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

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

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

d) $w(0) = 0, w(2l) = 0$

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

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

13.6

Für ein anderes und hier nicht dargestelltes System, welches nur aus einem Bereich $0 \leq x \leq l$ besteht, ergibt sich die Funktion des Biegemomentes zu

$$M(x) = -\frac{q_0}{6} \left(\frac{x^3}{l} \right).$$

Die Randbedingungen für die Durchbiegung des Balkens lauten $w(l) = 0$ und $w'(l) = 0$. Wie lautet die korrekte Funktion der Biegelinie? **(5,0 Punkte)**

a) $w(x) = \frac{q_0}{E I_y} \left(-\frac{1}{120} \frac{x^5}{l} - \frac{1}{24} l^3 x + \frac{1}{30} l^4 \right)$

b) $w(x) = \frac{q_0}{E I_y} \left(\frac{1}{120} \frac{x^5}{l} + \frac{1}{24} l^3 x + \frac{1}{30} l^4 \right)$

c) $w(x) = \frac{q_0}{E I_y} \left(\frac{1}{120} \frac{x^5}{l} - \frac{1}{24} l^3 x + \frac{1}{30} l^4 \right)$

d) $w(x) = \frac{q_0}{E I_y} \left(-\frac{1}{120} \frac{x^5}{l} + \frac{1}{24} l^3 x - \frac{1}{30} l^4 \right)$

e) $w(x) = \frac{q_0}{E I_y} \left(\frac{1}{120} \frac{x^5}{l} - \frac{1}{24} l^3 x - \frac{1}{30} l^4 \right)$