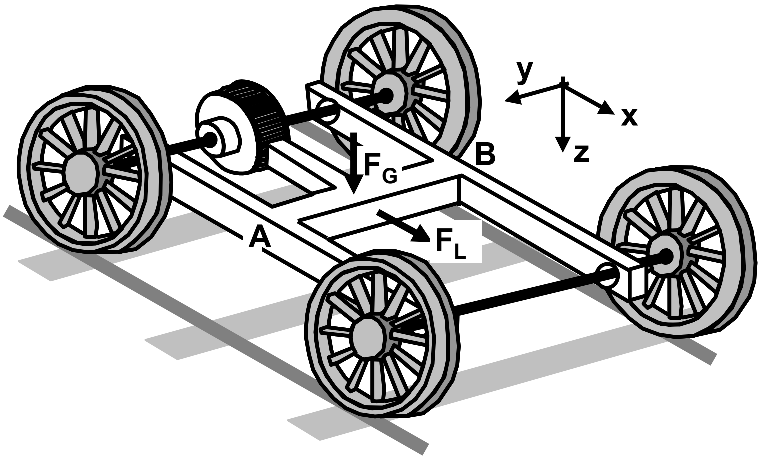
HTWG Konstanz 10.2.2022
Fakultät Maschinenbau

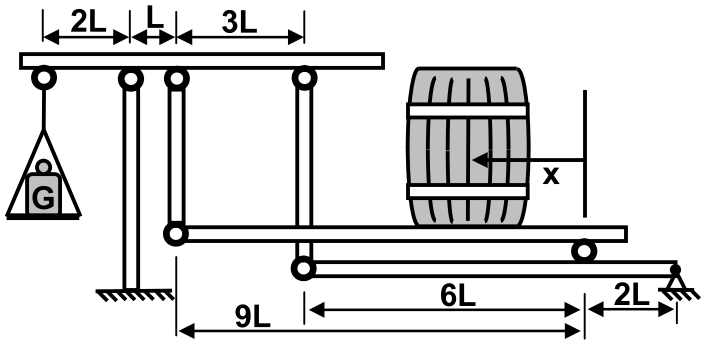
Klausur Technische Mechanik 2

Name/Mat-Nr.: Punkte: Note:

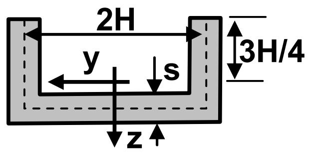
1.) (3+5.5+2.5 Punkte) Der zur xz-Ebene symmetrische Unterbau einer Lokomotive mit der Gewichtskraft $F_G = 10G$ besteht aus 6 Segmenten der Länge 2L. Die linke mit einem Elektromotor angetriebene Vorderachse ist aus vier Abschnitten der Länge L zusammengesetzt. Die Räder haben den Radius L.



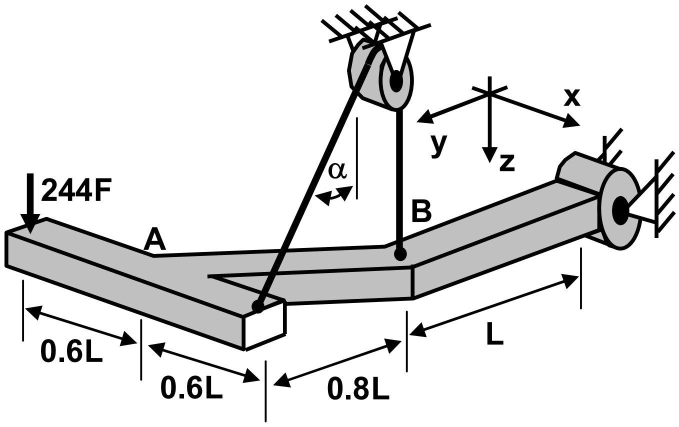
a.) Pro angehängtem Wagen (Anzahl n) resultiert eine Anhängelast G. Dadurch gilt $F_L = nG$. Wie viele Wagen können maximal angehängt werden (Haftreibungskoeffizient $\mu = 1$)? Wie viele Wagen können bewegt werden, wenn die Fahrtrichtung gedreht wird?
b.) Der dünnwandige Balken AB hat die Breite H, die Höhe 2H und die Wandstärke s. Wie groß ist bei erster Belastung die maximale Vergleichsspannung ($LG/(H^2s) = 28N/mm^2$)?
c.) Zeichnen Sie den Mohrschen Spannungskreis am Ort der maximalen Vergleichsspannung. Wie groß sind die erste Hauptspannung und die maximale Schubspannung?



2.) (8+2 Punkte) a.) Die Waage ist im Gleichgewicht. Es gilt $x = 2L$. Bestimmen Sie die Gewichtskraft des Fasses, die inneren Momente und die maximalen Zug- und Druckspannungen im oberen Querbalken, der den dargestellten dünnwandigen Querschnitt besitzt ($LG/(H^2s) = 5N/mm^2$).



b.) Die Gewichtskraft des Fasses wird zu 4G verändert. Zeigen Sie, dass man bei beliebigem x das linke Gegengewicht 2G benötigt.

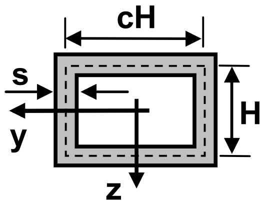


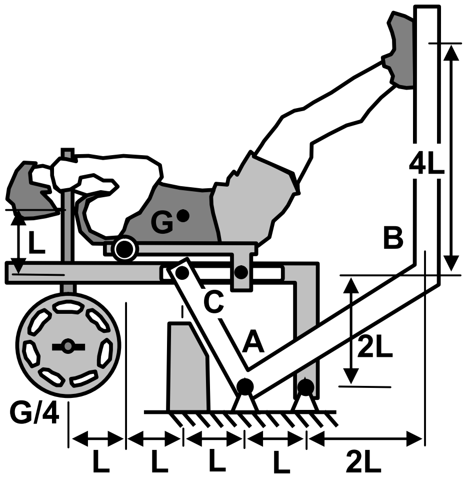
3.) (8+2 Punkte) a.) Bestimmen Sie im Teilbalken AB die inneren Momente ($\tan\alpha = 3/4$).

Klausur Technische Mechanik 2

Name/Mat-Nr.: Punkte: Note:

b.) Der Balken AB hat den dargestellten Querschnitt. Wie ist c zu wählen, dass am Punkt B die Normal- und Schubspannungen infolge der Momente den gleichen Betrag besitzen?





4.) (4.5+4.5+3 Punkte) Die Gewichtskräfte G des Mannes und G/4 der Scheibe sind zu berücksichtigen. An der Schulter und am Fuß werden nur waagrechte Kräfte übertragen. Die **Hand ist kräftefrei**. In der waagrechten Führung C wirken nur senkrechte Kräfte.

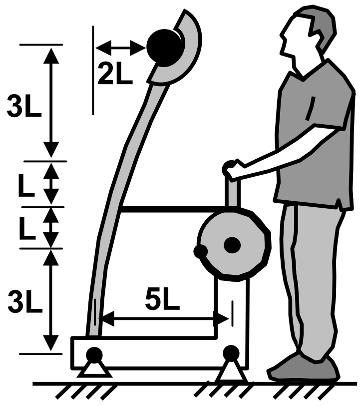
a.) Zerlegen Sie das Bauteil geeignet in drei Teilbauteile und zeigen Sie, dass die waagrechte Fußkraft den Betrag G/2 besitzt.

b.) Bestimmen Sie das innere Biegemoment im Balken AB. Der dünnwandige Balken hat einen Rechteckigen Querschnitt mit der Breite a, der Höhe b und dem Umfang 4H. Wie sind a und b zu wählen, dass der Betrag der maximalen Normalspannung minimal wird?

c.) Es sei a = b/2. Um wie viel Prozent ist die maximale Schubspannung größer als die mittlere?

5.) (7 Punkte) Der graue Balken mit der Länge 8L verläuft ohne Belastung senkrecht. Er hat die Biegesteifigkeit $EI_y = 160FL^2$. Der Mann übt nur eine waagrechte Kraft aus.

a.) Der waagrechte weiße Balken hat einen kreisrunden **dünnwandigen** Querschnitt mit dem mittleren Radius R_m und der Wandstärke s. Wie lautet L/R_m, wenn die maximale Zugspannung $45F/(\pi R_m s)$ beträgt?



HTWG Konstanz 10.2.2022
Fakultät Maschinenbau

Klausur Technische Mechanik 2

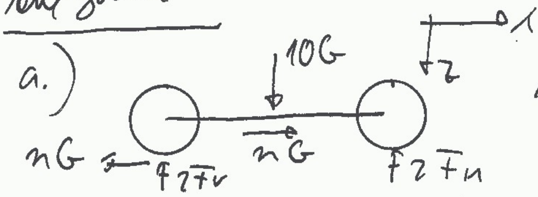
Name/Mat-Nr.: Punkte: Note:

Klausur Technische Mechanik 2 WS21/22

1/3

Aufgabe 1

a.)

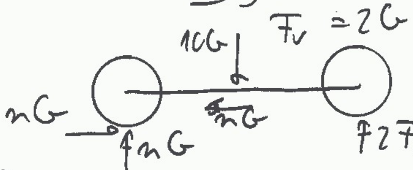


$nG = \mu 2 F_v \Rightarrow F_v = \frac{n}{2} G$

$\Sigma M|_H = 0: -4lF_v - l\,nG + 2l \cdot 10G = -4l\,nG - l\,nG + 20lG = 0$

$\Rightarrow n = 4 \Rightarrow$ 4 WAGEN

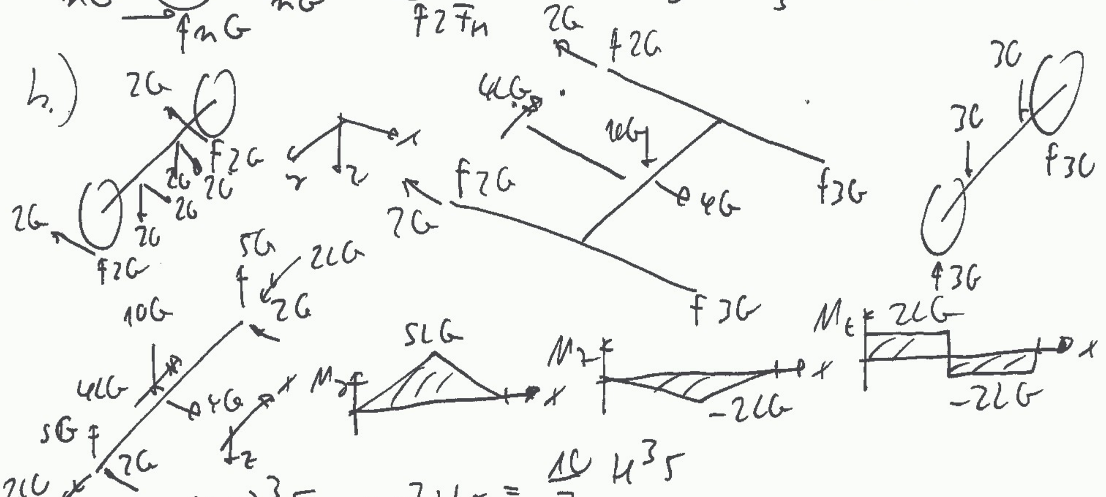
$F_v = 2G$



$\Sigma M|_H = 0: -4l\,nG + l\,nG + 2l \cdot 10G = 0$

$\Rightarrow n = \frac{20}{3} \Rightarrow$ 6 WAGEN

b.)



$I_y = 2\frac{(2H)^3 s}{12} + 2H^2 H s = \frac{10}{3} H^3 s$

$I_z = 2\frac{H^3 s}{12} + 2\left(\frac{H}{2}\right)^2 2Hs = \frac{7}{6} H^3 s$

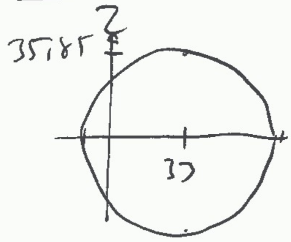
$\sigma_{max} = -\frac{-2lG}{7/6\, H^3 s}\frac{H}{2} + \frac{5lG}{10/3\, H^3 s} H = \left(\frac{6}{7} + \frac{3}{2}\right)\frac{lG}{H^2 s} = \frac{33}{14}\frac{lG}{H^2 s}$

$\tau_{max} = \frac{2lG}{2\,2H^2 s} = \frac{1}{2}\frac{lG}{H^2 s}$

$\Rightarrow \sigma_v = \sqrt{\left(\frac{33}{14}\right)^2 + 3\left(\frac{1}{2}\right)^2}\frac{lG}{H^2 s} = 70{,}31 \frac{N}{mm^2}$

c.) $\sigma_m = \frac{\frac{33}{14}\frac{lG}{H^2 s} + 0}{2} = 33 \frac{N}{mm^2}$

$\sigma_R = \sqrt{\left(\frac{\frac{33}{14}\frac{lG}{H^2 s} - 0}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\frac{lG}{H^2 s}\right)^2} = 35{,}85 \frac{N}{mm^2}$



$\sigma_1 = \sigma_m + \sigma_R = 68{,}85 \; N/mm^2$

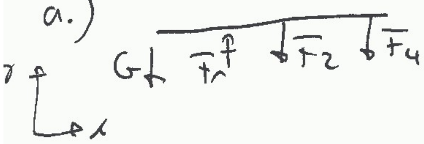
$\tau_{MAX} = \sigma_R = 35{,}85 \; N/mm^2$

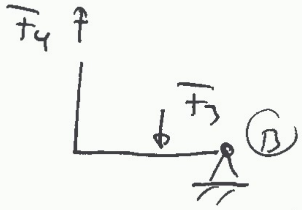
Klausur Technische Mechanik 2

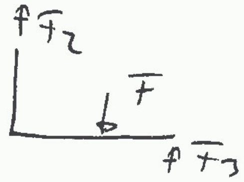
Name/Mat-Nr.: Punkte: Note:

Aufgabe 2

a.)







$\Sigma M|_3 = 0: \; 2lF - 9lF_2 = 0 \quad \Rightarrow F_2 = \frac{2}{9} F$

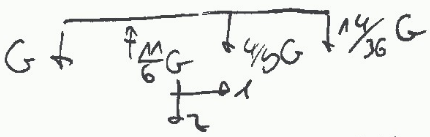
$\Sigma F_y = 0: \; F_2 - F + F_3 = 0 \quad \Rightarrow F_3 = \frac{7}{9} F$

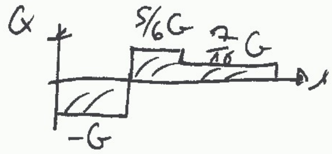
$\Sigma M|_B = 0: \; 2lF_3 - 8lF_4 = 0 \quad \Rightarrow F_4 = \frac{1}{4} F_3 = \frac{7}{36} F$

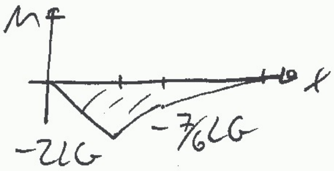
$\Sigma M|_1 = 0: \; 2lG - lF_2 - 4lF_4 = 2lG - l\frac{2}{9}F - 4l\frac{7}{36}F = 0$

$\Rightarrow F = 2G$

$\Sigma F_y = 0: \; -G + F_1 - F_2 - F_4 = 0 \quad \Rightarrow F_1 = \frac{11}{6} G$







$$z_s = \frac{2\,\frac{c}{2}\,cs + c\,2hs}{2cs + 2hs} = \frac{c^2 + 2hc}{2(c+h)} = \frac{3}{4} h$$

$\Rightarrow c^2 + 2hc = \frac{3}{4} h \cdot 2(c+h) = \frac{3}{2} ch + \frac{3}{2} h^2$

$\Rightarrow c_{1,2} = \dfrac{-\frac{1}{2}h \pm \sqrt{\frac{1}{4}h^2 + 4 \cdot \frac{3}{2} h^2}}{2} = \dfrac{-\frac{1}{2} \pm 2{,}5}{2} h$

$\Rightarrow c = h$

$I_y = 2\frac{h^3 s}{12} + 2\left(-\frac{h}{4}\right)^2 hs + \left(\frac{h}{4}\right)^2 2hs = \frac{5}{12} h^3 s$

$\sigma_{zug} = \dfrac{-2lG}{\frac{5}{12} h^3 s}\left(-\frac{3}{4}h\right) = 3{,}6 \dfrac{lG}{h^2 s} = 18 \frac{N}{mm^2}$

$\sigma_{druck} = \dfrac{-2lG}{\frac{5}{12} h^3 s}\left(\frac{h}{4}\right) = -1{,}2 \dfrac{lG}{h^2 s} = -6 \frac{N}{mm^2}$

b.) $\Sigma M|_3 = 0: \; x\,4G - 9lF_2 = 0 \quad \Rightarrow F_2 = \frac{4}{9}\frac{x}{l} G$

$\Sigma F_y = 0: \; F_2 - 4G + F_3 = 0 \quad \Rightarrow F_3 = \left(4 - \frac{4}{9}\frac{x}{l}\right) G$

$\Sigma M|_B = 0: \; 2lF_3 - 8lF_4 = 0 \quad \Rightarrow F_4 = \frac{1}{4} F_3 = \left(1 - \frac{1}{9}\frac{x}{l}\right) G$

$\Sigma M|_1 = 0: \; 2l\,2G - lF_2 - 4lF_4$

$= 4lG - l\left(\frac{4}{9}\frac{x}{l}\right)G - 4l\left(1 - \frac{1}{9}\frac{x}{l}\right)G = 0 \quad \checkmark$

HTWG Konstanz 10.2.2022
Fakultät Maschinenbau

Klausur Technische Mechanik 2

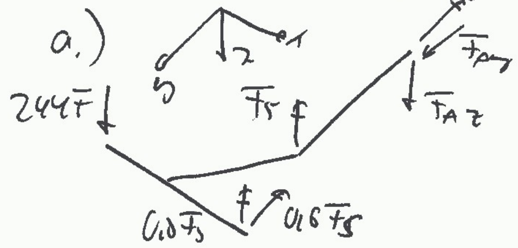
Name/Mat-Nr.: Punkte: Note:

Klausur Technische Mechanik 2 WS 21/22

Aufgabe 3

2/3

a.)



$\Sigma M_x|_A = 0:$

$1{,}8L \cdot 244F - 1{,}8L \cdot 0{,}8F_S - L F_S = 0$

$\Rightarrow F_S = 180F$

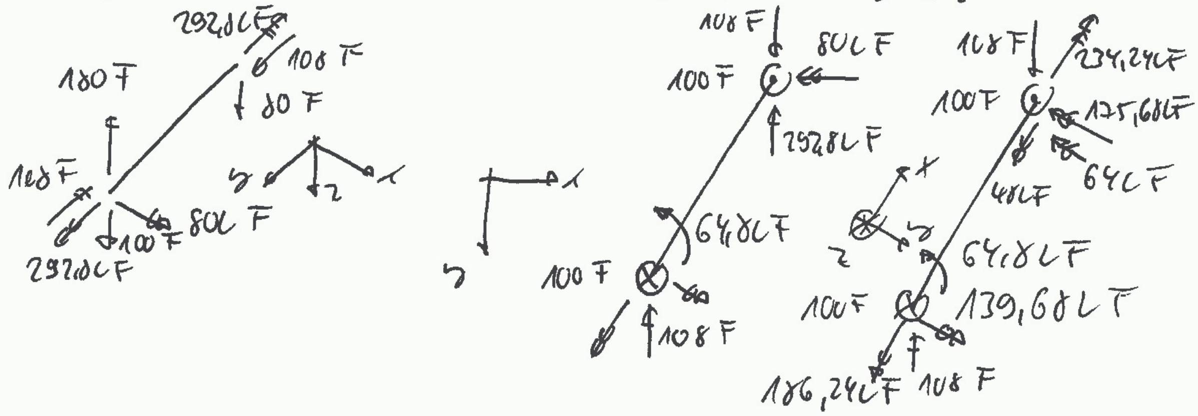
$\Sigma M_y|_A = 0:$

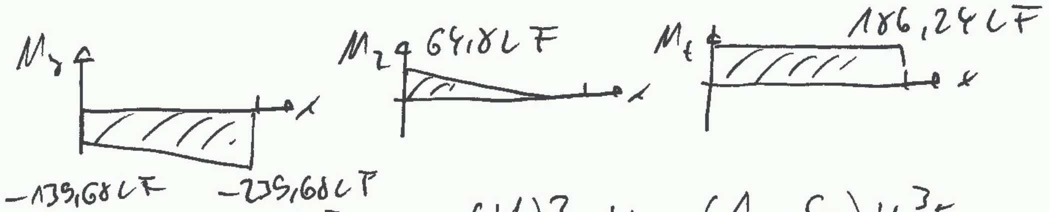
$-M_{Ay} + 1{,}2L \cdot 244F = 0$

$\Rightarrow M_{Ay} = 292{,}8\,LF$

$\Sigma F_y = 0: \quad F_{Ay} - 0{,}6F_S = 0 \Rightarrow F_{Ay} = 108F$

$\Sigma F_z = 0: \quad 244F - 0{,}8F_S - F_S + F_{Az} = 0 \Rightarrow F_{Az} = 80F$





b.) $I_y = 2\frac{h^3 s}{12} + 2\left(\frac{h}{2}\right)^2 c h = \left(\frac{1}{6} + \frac{c}{2}\right) h^3 s$

$W_t = 2 h c h s = 2 c h^2 s$

$|\sigma| = |\tau| \Rightarrow \frac{|-239{,}68 LF|}{(1/6 + c/2) h^3 s} \frac{h}{2} = \frac{186{,}24 LF}{2 c h^2 s}$

$\Rightarrow 239{,}68\, c = 186{,}24 \left(\frac{1}{6} + \frac{c}{2}\right)$

$\Rightarrow c = 0{,}2118$

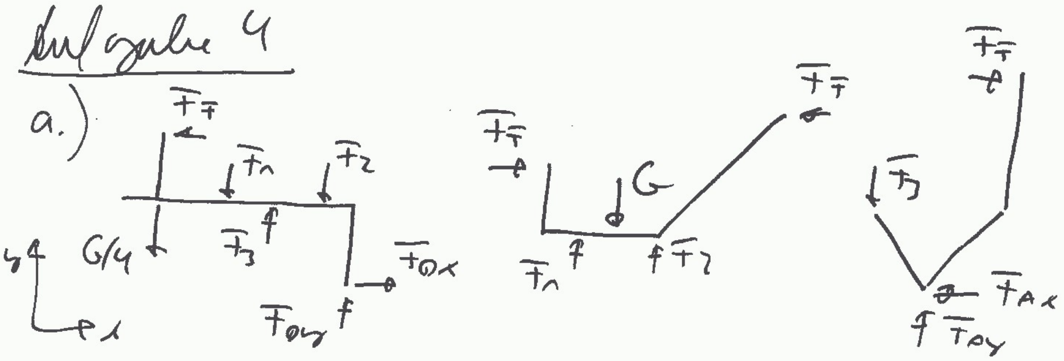
HTWG Konstanz 10.2.2022
Fakultät Maschinenbau

Klausur Technische Mechanik 2

Name/Mat-Nr.: Punkte: Note:

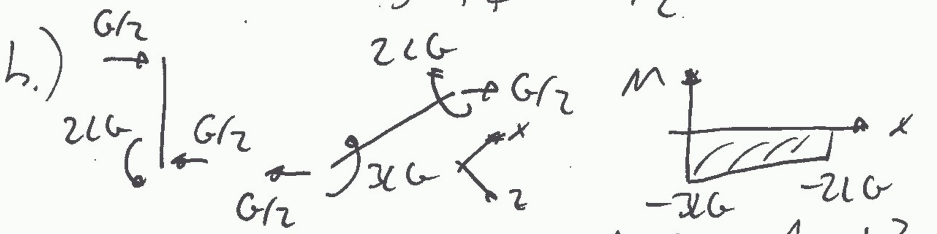
Aufgabe 4

a.)



$$\Sigma M|_1 = 0: \; -l F_F - l G + 2l F_2 + 4l F_F = 0$$
$$\Rightarrow F_2 = \tfrac{1}{2}(G - 3F_F)$$
$$\Sigma F_y = 0: \; F_1 + F_2 - G = 0 \quad \Rightarrow F_1 = \tfrac{1}{2}(G + 3F_F)$$
$$\Sigma M|_A = 0: \; l F_3 - 6l F_F = 0 \quad \Rightarrow F_3 = 6F_F$$
$$\Sigma M|_0 = 0: \; 3l F_F + 4l \tfrac{G}{4} + 3l F_1 - 2l F_3 + l F_2$$
$$= 3lF_F + lG + \tfrac{3}{2}l(G + 3F_F) - 12 l F_F + \tfrac{1}{2}l(G - 3F_F) = 0$$
$$\Rightarrow F_F = G/2$$

b.)



$$I_y = 2\frac{s b^3}{12} + 2\left(\frac{b}{2}\right)^2 a s = \frac{1}{6} b^3 s + \frac{1}{2} a b^2 s$$
$$\sigma_{max} = \frac{M}{1/6\, b^3 s + 1/2\, a b^2 s}\,\frac{b}{2} = \frac{M}{1/3\, b^2 s + a b s} = \frac{M}{c\,s}$$
$$a = 2h - b \Rightarrow c = \frac{1}{3} b^2 + (2h - b)b = 2hb - \frac{2}{3} b^2$$
$$\frac{\partial c}{\partial b} = 2h - 4/3\, b = 0 \quad \Rightarrow b = 3/2\, h, \; a = 1/2\, h$$

c)
$$\left.\begin{array}{l} a + b = 2h \\ b = 2a \end{array}\right\} \Rightarrow a = 2/3\, h, \quad b = 4/3\, h$$
$$I_y = \frac{1}{6}\left(\frac{4}{3}h\right)^3 s + \frac{1}{2}\,\frac{2}{3}h\left(\frac{4}{3}h\right)^2 s = \frac{80}{81} h^3 s$$
$$S_y = -\left(-\frac{2}{3}h\right)\frac{1}{3} h s - \left(-\frac{1}{3}h\right)\frac{2}{3} h s = \frac{4}{9} h^2 s$$

HTWG Konstanz 10.2.2022
Fakultät Maschinenbau

Klausur Technische Mechanik 2

Name/Mat-Nr.: Punkte: Note:

Klausur Technische Mechanik 2 WS 21/22

$$\tau_{max} = \frac{Q}{\frac{80}{81}H^3 s\, s}\,\frac{4}{5}H^2 s = \frac{9}{20}\,\frac{Q}{Hs}$$

3/3

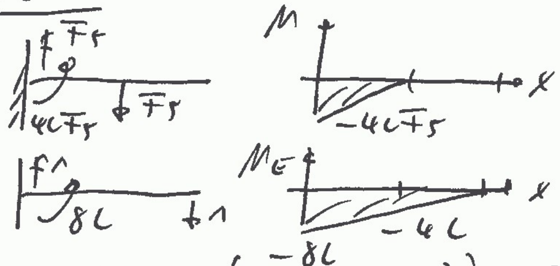
$$\tau_{mittel} = \frac{Q}{4Hs} = \frac{1}{4}\,\frac{Q}{Hs}$$

$$\Rightarrow \left.\begin{array}{l} 1/4 \mathrel{\hat{=}} 100\,\% \\ 9/20 \mathrel{\hat{=}} x \end{array}\right\} \Rightarrow x = 180\,\% \Rightarrow$$

τ_{max} ist um 80% größer als τ_{mittel}

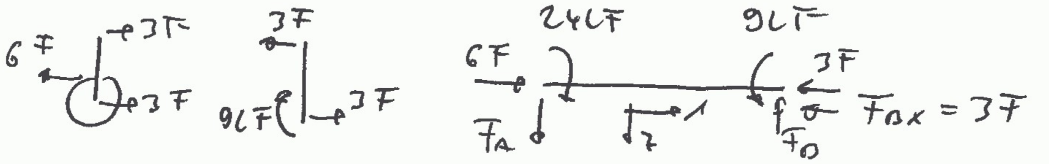
Aufgabe 5

a.)



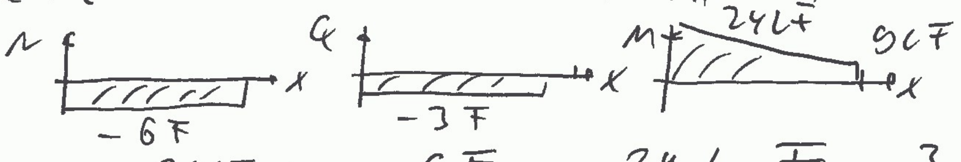
$$u = \frac{1}{EI_0}\,\frac{-4lF_s\cdot 4l\,(-4l+2(-8l))}{6} = \frac{320}{6}\,\frac{F_s l^3}{160\,F l^2} = 2l$$

$$\Rightarrow F_s = 6F$$



$$\Sigma M|_A = 0: \; -24lF + 9lF + 5lF_B = 0 \quad \Rightarrow F_B = 3F$$

$$\Sigma F_z = 0: \; F_A - F_B = 0 \quad \Rightarrow F_A = 3F$$



$$\tau_{max} = \frac{24lF}{\pi D_m^3 s}\,D_m - \frac{6F}{2\pi D_m s} = \frac{24}{\pi}\,\frac{l}{D_m}\,\frac{F}{D_m s} - \frac{3}{\pi}\,\frac{F}{D_m s}$$

$$= \frac{45}{\pi}\,\frac{F}{D_m s}$$

$$\Rightarrow 24\,l/D_m - 3 = 45 \quad \Rightarrow l/D_m = 2$$