Prüfungsklausur Technische Mechanik I

Familienname, Vorname	
Matrikel-Nummer	Fachrichtung

1. Die Prüfung umfasst 7 Aufgaben auf 6 Blättern.
2. Nur vorgelegte Fragen beantworten, keine Zwischenrechnungen eintragen.
3. Alle Ergebnisse sind grundsätzlich in den **gegebenen** Größen auszudrücken.
4. Die Blätter der Prüfung dürfen nicht getrennt werden.
5. Zugelassene Hilfsmittel: Fachliteratur, eigene Aufzeichnungen, Taschenrechner. Mobiltelefone müssen ausgeschaltet sein!
6. Bearbeitungszeit: 90 min
7. Unterschreiben Sie die Prüfung bitte **erst** beim Eintragen Ihres Namens in die Sitzliste.

.....
(Unterschrift)

Gesamtpunktzahl:	72
zum Bestehen erforderlich:	36

Punkte	Note	

Aufgabe 1 (9 Punkte)

Im Flugzeug wird ein Servierwagen (Gewicht $\vec{G}$) mit der horizontalen Kraft $\vec{F}$) (Betrag zunächst unbekannt) über eine Kante geschoben. Betrachtet wird eine Situation, bei der das Vorderrad bereits vom horizontalen Boden abgehoben ist und sich nur gegen die Kante stützt. Beide Räder sind masselos und reibungsfrei gelagert.

a) Konstruieren Sie den Schnittpunkt A der Wirkungslinien von $\vec{G}$ und $\vec{F}$.

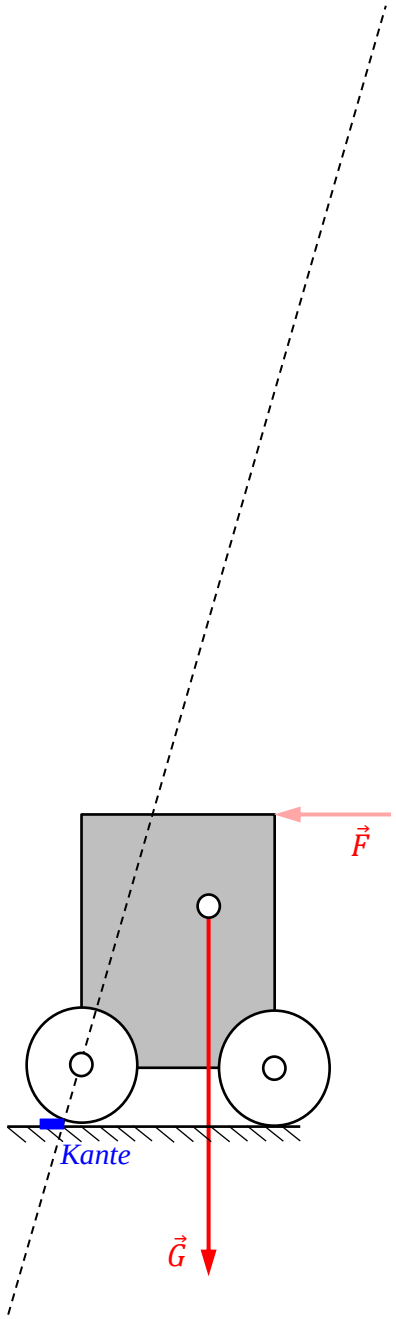
b) Konstruieren Sie den Schnittpunkt B der Wirkungslinien der beiden Radaufstandskräfte.

c) Welche Eigenschaften müssen die Resultierende $\vec{R}_1$ aus $\vec{G}$ und $\vec{F}$ einerseits und die Resultierende $\vec{R}_2$ aus den beiden Radaufstandskräften andererseits haben, damit der Servierwagen im Gleichgewicht ist?

- ☐ *jeweils Nullkräfte*
- ☐ *gleich groß*
- ☐ *entgegengesetzt gleich groß*
- ☐ *liegen auf gemeinsamer Wirkungslinie*
- ☐ *müssen gemeinsamen Angriffspunkt haben*

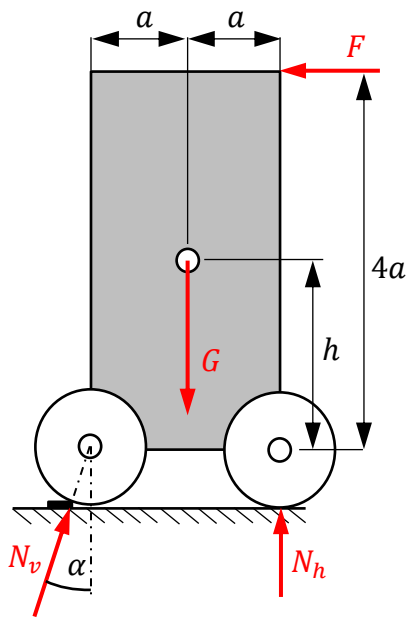
d) Konstruieren Sie die Resultierende $\vec{R}_1$ und daraus die korrekte Länge der Schubkraft $\vec{F}$.

e) Konstruieren Sie die Resultierende $\vec{R}_2$ und daraus die beiden Radaufstandskräfte.



Aufgabe 2 (12 Punkte)

Aufgabe 1 soll nun rechnerisch gelöst werden.



a) Formulieren Sie die Gleichgewichtsbedingungen für den Servierwagen.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

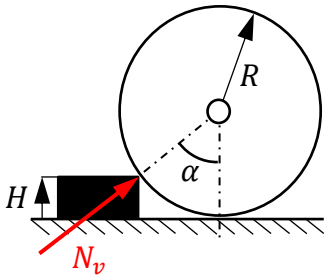
_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

b) Fassen Sie die Gleichgewichtsbedingungen in einem Gleichungssystem $\boldsymbol{Ax} = \boldsymbol{b}$ zusammen.

$$\begin{bmatrix} \quad & \quad & \quad \\ \quad & \quad & \quad \\ \quad & \quad & \quad \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F \\ N_v \\ N_h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \quad \\ \quad \\ \quad \end{bmatrix}$$

c) Das Rad hat den Radius R. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Schwellenhöhe H und dem Angriffswinkel α der vorderen Kontaktkraft im Augenblick des Abhebens des Vorderrads?



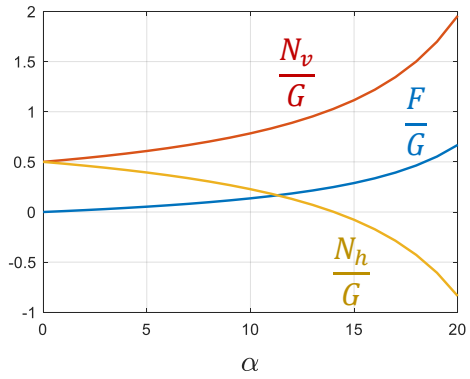
☐ $\alpha = \mathrm{asin}(1 - H/R)$

☐ $\alpha = \mathrm{acos}(1 - H/R)$

☐ $\alpha = \mathrm{atan}(1 - H/R)$

☐ $\alpha = \mathrm{acot}(1 - H/R)$

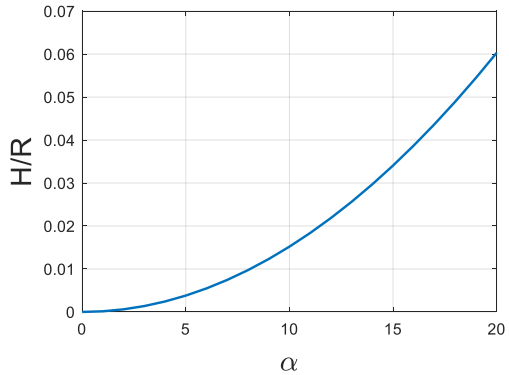
d) Nebenstehende Diagramme zeigen die Lösung der Teilaufgaben b) und c). Welche Überfahrwinkel und Schwellenhöhen sind maximal möglich?



$\alpha \leq$ _ _ _ _ _ _

$\frac{H}{R} \leq$ _ _ _ _ _ _

e) Was passiert beim Überfahren höherer Schwellen?



_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

f) Während des Überfahrens der Schwelle verringert sich α. Wie verändert sich dadurch die Schubkraft F?

☐ *F bleibt konstant*

☐ *F wird kleiner*

☐ *F wird größer*

g) Welchen Einfluss hat die Schwerpunkthöhe h auf das Ergebnis?

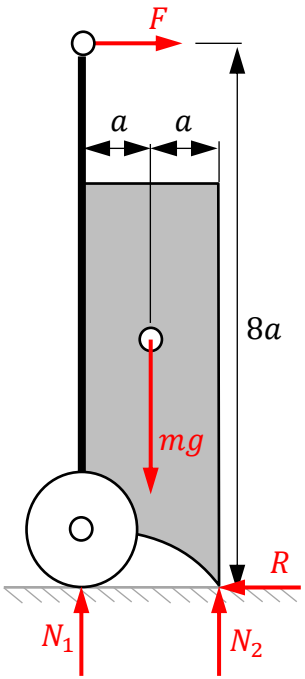
☐ *Servierwagen kippt leichter für hohen Schwerpunkt*

☐ *Servierwagen kippt leichter für niedrigen Schwerpunkt*

☐ *Schwerpunkthöhe ohne Einfluss auf statische Kippstabilität*

Aufgabe 3 (14 Punkte)

Ein Passagier steht in einer Warteschlange am Checkin eines Flughafens und will seinen Koffer (Masse m, Breite $2a$, Griffhöhe $8a$) schrittweise vor sich her schieben. Aus Bequemlichkeit lässt er seinen Koffer am Boden stehen und übt lediglich eine horizontale Kraft auf den Griff entweder in Radrichtung ($F < 0$) oder entgegen der Radrichtung ($F > 0$) aus. Das Rad ist masselos und reibungsfrei gelagert, die Kufe reibungsbehaftet (Gleitreibungskoeffizient μ).



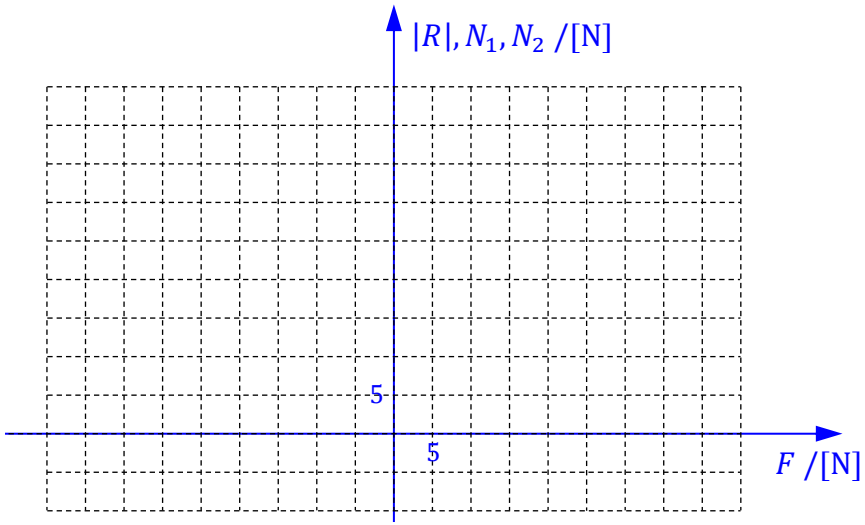
a) Welche Kontaktkräfte ergeben sich aus den Gleichgewichtsbedingungen?

- ☐ $R = -F$
- ☐ $R = F$
- ☐ $R = F + mg$
- ☐ $N_1 = \frac{mg}{2} + F$
- ☐ $N_1 = \frac{mg}{2} - 4F$
- ☐ $N_1 = \frac{mg}{2} + 4F$
- ☐ $N_2 = \frac{mg}{2} + F$
- ☐ $N_2 = \frac{mg}{2} - 4F$
- ☐ $N_2 = \frac{mg}{2} + 4F$

b) Im Folgenden ist das Koffergewicht $mg = 80$ N. Zeichnen Sie in das Diagramm (rechts oben) den Betrag $|R|$ der Gleitreibungskraft sowohl für positive als auch negative Handkräfte F ein.

c) Ergänzen Sie dieses Diagramm um $N_1(F)$.

d) Ergänzen Sie dieses Diagramm um $N_2(F)$.



e) Was passiert für $\mu = 1$ beim Steigern der Kraft nach rechts ($F > 0$) und bei welcher Handkraft passiert dies?

- ☐ *Koffer kippt nach links* ☐ *Koffer kippt nach rechts*
- ☐ *Koffer rutscht nach links* ☐ *Koffer rutscht nach rechts*

für $F >$ _____ N

f) Was passiert für $\mu = 1$ beim Steigern der Kraft nach links ($F < 0$) und bei welcher Handkraft passiert dies?

- ☐ *Koffer kippt nach links* ☐ *Koffer kippt nach rechts*
- ☐ *Koffer rutscht nach links* ☐ *Koffer rutscht nach rechts*

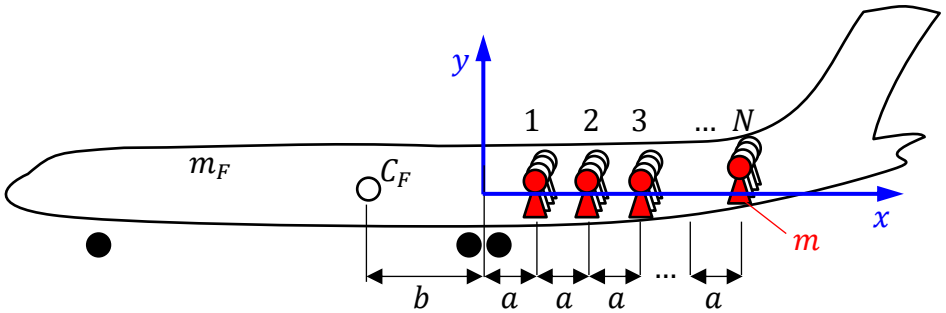
für $|F| >$ _____ N

g) Welche Kraftrichtung ist damit für den gewünschten Effekt (rutschen ohne zu kippen) geeigneter?

☐ *nach links* ☐ *nach rechts*

Aufgabe 4 (11 Punkte)

Der Schwerpunkt C_F eines leeren Flugzeugs (Masse m_F) liegt im Abstand b vor dem Hauptfahrwerk. Die zusteigenden Passagiere (jeweils Masse m) sitzen jeweils zu viert in einer Reihe und belegen die Reihen 1 bis N (jeweils Abstand a). Die Reihe 1 beginnt ebenfalls im Abstand a hinter dem Hauptfahrwerk.



a) Geben Sie von jeder Passagier-Reihe die Masse m_i der vier Passagiere und deren Schwerpunktskoordinate x_i an.

Reihe i	*Masse m_i*	*Koordinate x_i*	$m_i x_i$
1			
2			
⋮			
N			
$\sum_i$			

b) Wie groß ist die Gesamtmasse aller Passagiere?

$m_P =$

_ _ _ _ _ _ _ _

c) Wo liegt der Gesamtschwerpunkt aller Passagiere?

☐ $x_P = N/2$ ☐ $x_P = -a(N-1)/2$ ☐ $x_P = a(N+1)/2$

d) Wie berechnet sich der Gesamtschwerpunkt aus Flugzeug mit Passagieren?

☐ $x_{ges} = \dfrac{m_P x_P + m_F b}{m_P + m_F}$

☐ $x_{ges} = \dfrac{m_P x_P + m_F b}{m_P - m_F}$

☐ $x_{ges} = \dfrac{m_P x_P - m_F b}{m_P + m_F}$

e) Wo liegt der Gesamtschwerpunkt des Flugzeugs inkl. Passagiere?

$x_{ges} =$

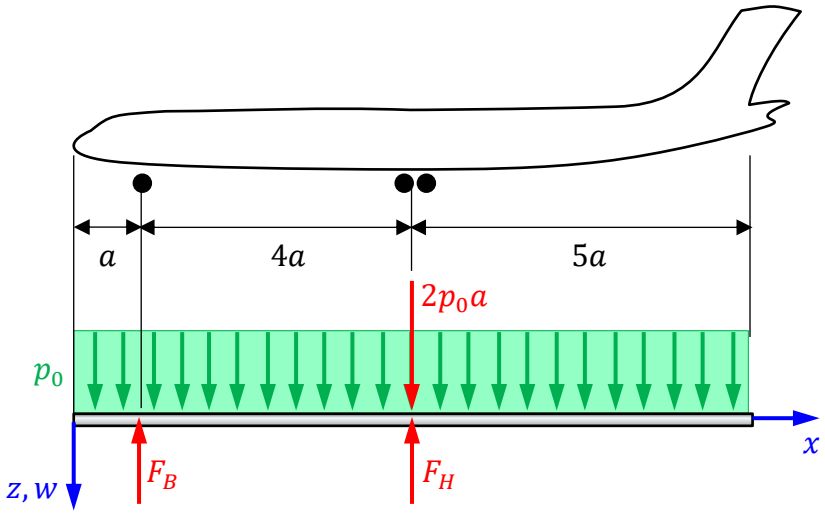
_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

f) Wie viele Reihen dürfen für $m = 80$ kg, $m_F = 40000$ kg, $a = b = 1$ m belegt werden, bevor das Flugzeug kippt?

☐ $N = 15$ ☐ $N = 20$ ☐ $N = 23$

Aufgabe 5 (14 Punkte)

Der schlanke Flugzeugrumpf kann näherungsweise als Biegebalken (Länge $10a$) betrachtet werden, der vom Bugrad und Hauptfahrwerk punktuell gestützt wird. Das Rumpfgewicht wird als konstante Linienlast p_0 modelliert, das Flügelgewicht als Einzelkraft $2p_0a$.



a) Wie groß ist die äquivalente Einzelkraft F_0 der Linienlast und an welcher Stelle x_0 greift sie an?

$F_0 =$ _____ , $x_0 =$ _____

b) Wie groß sind die Stützkräfte des Fahrwerks?

$F_B =$ _____ , $F_H =$ _____

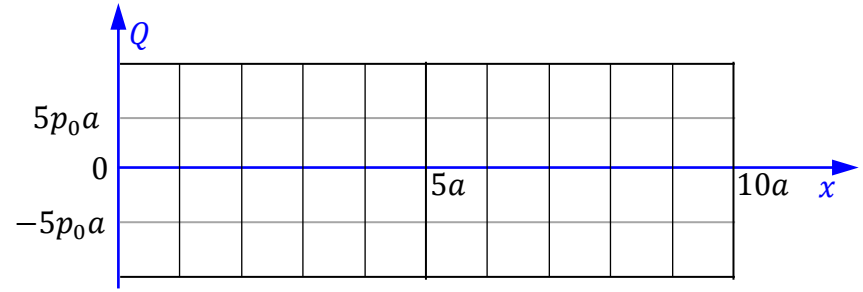
c) Beschreiben Sie damit Linienlast, Querkraft- und Momentenverlauf für $0 \leq x < 10a$ mithilfe der Föppl-Symbolik.

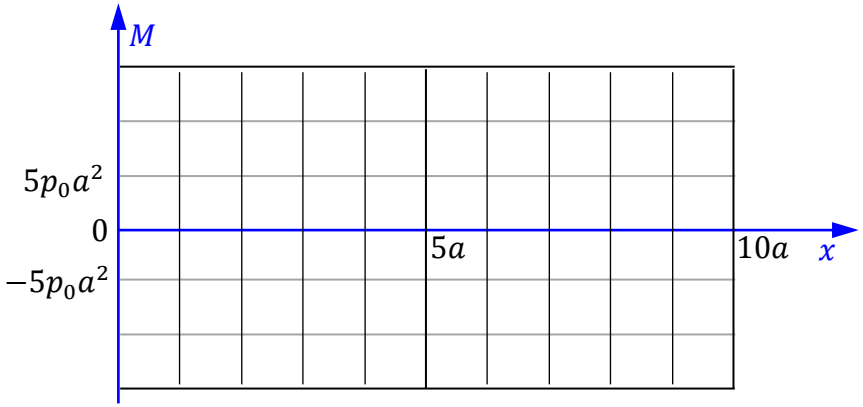
$p(x) =$ _____

$Q(x) =$ _____

$M(x) =$ _____

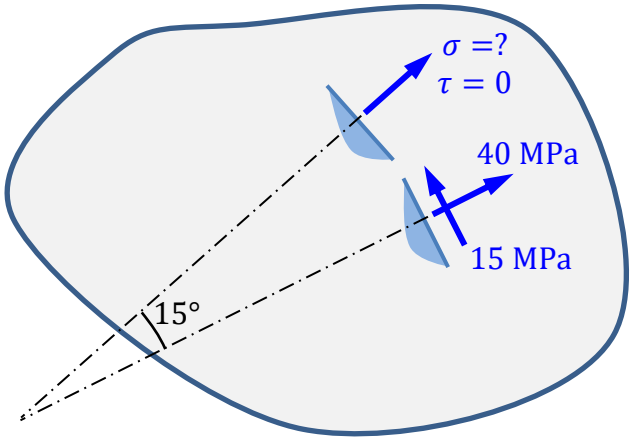
d) Zeichnen Sie Querkraft- und Momentenverlauf.





Aufgabe 6 (5 Punkte)

An einer kritischen Stelle im Rumpf tritt ein ebener Spannungszustand mit nebenstehenden Spannungen in zwei Schnitten auf, die um 15° gegeneinander verdreht sind.



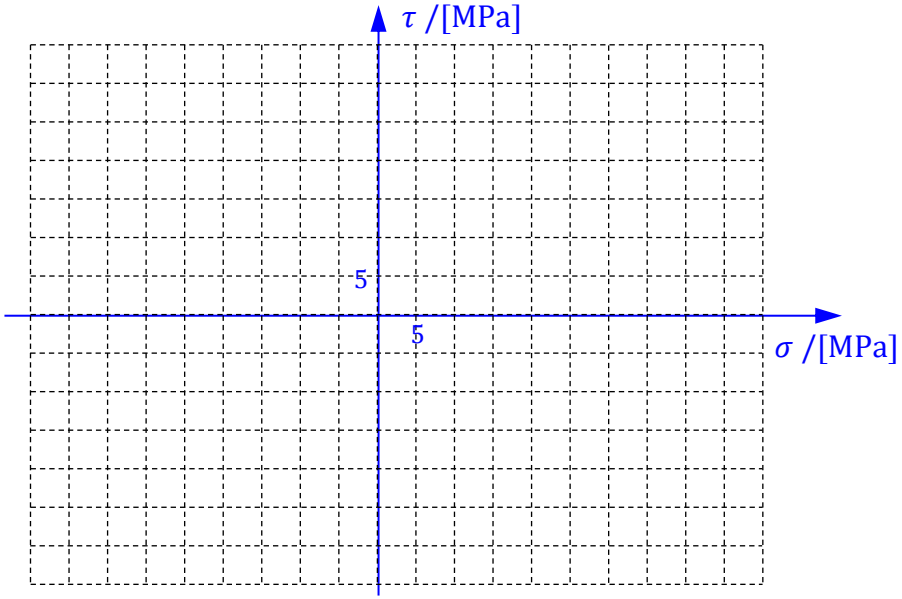
a) Wie nennt man eine Schnittrichtung, bei der die Schubspannung verwindet?

_ _

b) Welchen Winkel bilden die beiden Schnitte im Mohrschen Kreis?

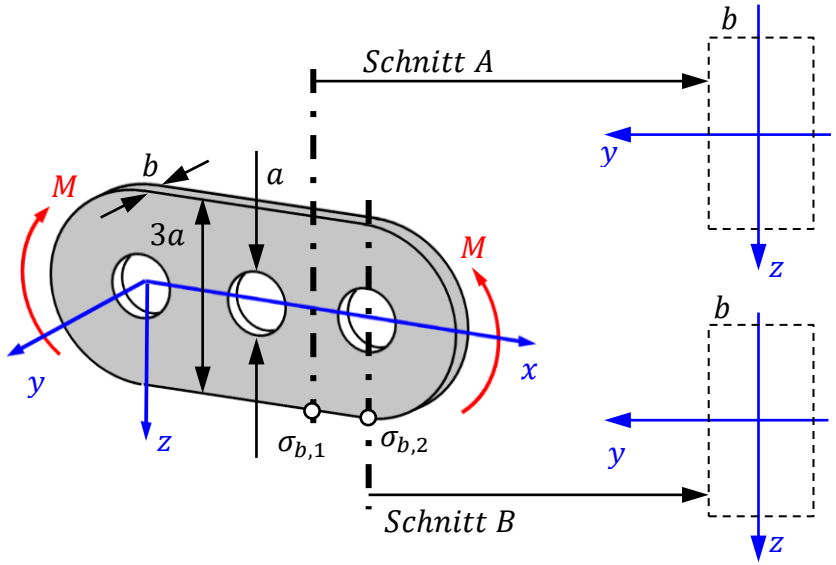
$\varphi =$ _ _ _ _ _ _ _ _

c) Zeichnen Sie den zugehörigen Mohrschen Spannungskreis.



Aufgabe 7 (7 Punkte)

Eine Verbindungslasche (Dicke b) mit zwei Bohrungen (Durchmesser a) wird an den Enden durch Biegemomente M belastet.



a) Zeichnen Sie oben die Querschnitte ein, die durch die beiden Schnitte A und B entstehen, und vermaßen Sie diese.

b) Bestimmen Sie für beide Schnitte jeweils die Flächenträgheitsmomente um die y-Achse.

$I_y^A =$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ , $I_y^B =$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

c) In welchem Verhältnis stehen die beiden Flächenträgheitsmomente zueinander?

☐ $\frac{I_y^B}{I_y^A} = \frac{3}{2}$ ☐ $\frac{I_y^B}{I_y^A} = \frac{27}{26}$ ☐ $\frac{I_y^B}{I_y^A} = \frac{26}{27}$ ☐ $\frac{I_y^B}{I_y^A} = \frac{2}{3}$

d) Wie groß ist die Biegespannung im Punkt 1 und in welchem Verhältnis dazu steht die Biegespannung im Punkt 2?

$\sigma_{b,1} =$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ , $\frac{\sigma_{b,2}}{\sigma_{b,1}} =$ _ _ _ _ _ _

ENDE