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.

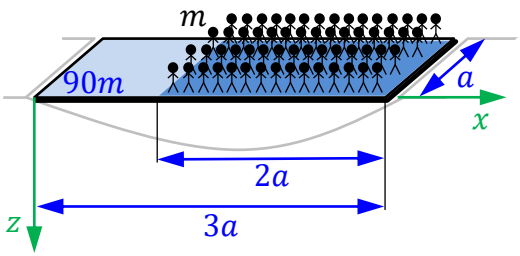
.....
(Unterschrift)

Gesamtpunktzahl:	72
zum Bestehen erforderlich:	36

Punkte	Note	

Aufgabe 1 (11 Punkte)

Auf einer Brücke (Länge $3a$, Breite a, Masse $90m$) stehen im rechten Bereich (Länge $2a$, Breite a) 60 Personen (jeweils Masse m) so eng, dass sie als gleichmäßig verteilte Last modelliert werden können.

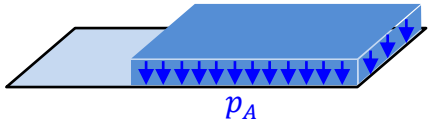


a) Wie groß sind das Gesamtgewicht der 60 Personen und die Gesamtfläche, auf der sie stehen?

$G_G =$ _ _ _ _ _ _ _ , $A_G =$ _ _ _ _ _ _ _

b) Welche Flächenlast ergibt sich daraus?

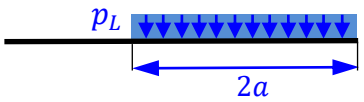
$p_A =$ _ _ _ _ _ _ _



c) Welcher Zahlenwert ergibt sich für $m = 100$ kg, $a = 5$ m?

☐ $p_A = 1177$ N ☐ $p_A = 1177$ N/m ☐ $p_A = 1177$ N/m^2

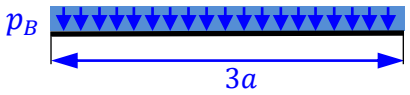
d) Betrachtet man die Brücke eindimensional, kann man die Belastung durch die Menschen als Linienlast vereinfachen. Wie groß ist diese mit den Zahlenwerten aus Teilaufgabe c)?



$p_L =$ _ _ _ _ _ _ _ $=$ _ _ _ _ _ _ _
$(Formel)$ $(Wert)$

e) Welche Linienlast ergibt sich aus dem Brückengewicht (Formel)?

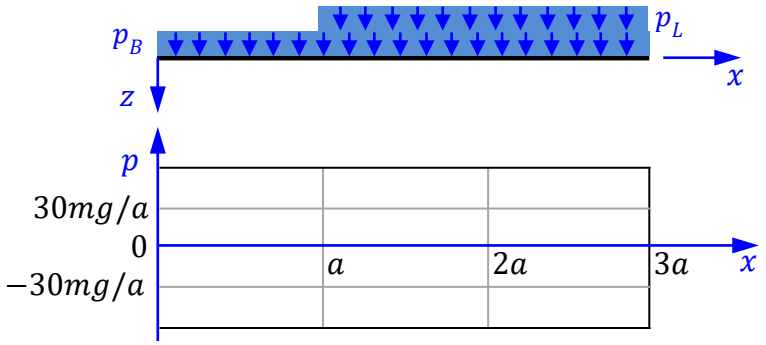
$p_B =$ _ _ _ _ _ _ _



f) Beschreiben Sie die aus beiden Anteilen resultierende Gesamtlinienlast mithilfe der Föppl-Symbolik und zeichnen Sie diese.

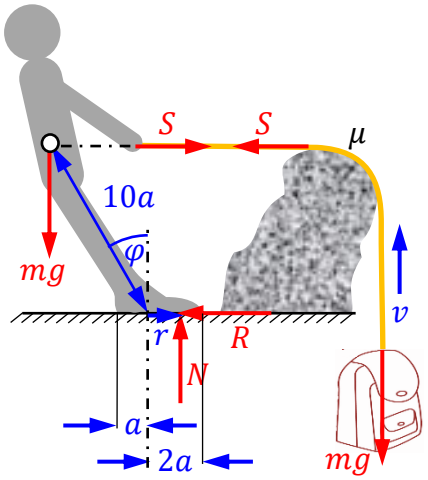
$p(x) =$

_ _



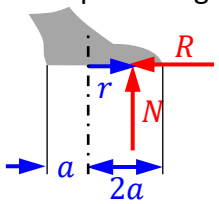
Aufgabe 2 (18 Punkte)

Ein Bergsteiger (Masse m) zieht auf der Höhe seines Schwerpunkts horizontal mit der Kraft S ein gleich schweres Gepäckstück (Masse m) mit konstanter Geschwindigkeit entweder hoch ($v > 0$) oder er lässt es ab ($v < 0$). Er lehnt sich dabei um den Winkel φ zurück. In der Fußsohle ergeben sich die Kontaktkräfte R und N (Angriffspunktabstand r). Das Seil wird über einen feststehenden Felsen (Gleitreibungskoeffizient μ) geführt.



a) In welchen Grenzen muss der Kontaktpunkt liegen?

_ _ _ _ $\leq r \leq$ _ _ _ _

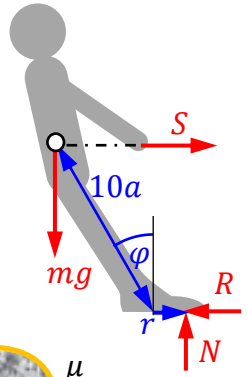


b) Formulieren Sie die Gleichgewichtsbedingungen für den Bergsteiger.

_ _

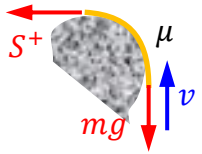
_ _

_ _



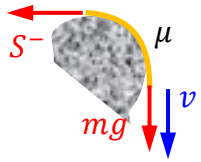
c) Welche Seilkraft S^+ entsteht beim Hochziehen des Gepäckstücks aufgrund der Seilreibung?

$\frac{S^+}{mg} =$ _ _ _ _



d) Welche Seilkraft S^- entsteht beim Absenken des Gepäckstücks?

$\frac{S^-}{mg} =$ _ _ _ _



e) Welche Kontaktgrößen an der Fußsohle ergeben sich aus den Gleichgewichtsbedingungen bei gegebener Seilkraft S?

$R =$ _ _ _ _ _ _ , $N =$ _ _ _ _ _ _

☐ $\frac{r}{a} = 10\left(\frac{S}{mg}\cos\varphi - \sin\varphi\right)$ ☐ $\frac{r}{a} = 10\left(\frac{S}{mg}\sin\varphi - \cos\varphi\right)$

f) Wo liegt der Kontaktpunkt r^+ in der Fußsohle beim Hochziehen bzw. r^- beim Absenken?

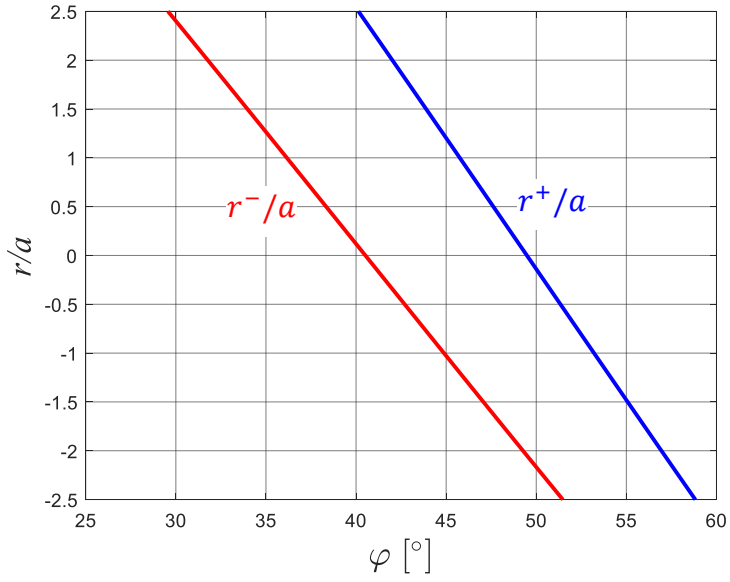
$\frac{r^+}{a} =$

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

$\frac{r^-}{a} =$

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

g) Das Diagramm zeigt für $\mu = 0.1$ die Abhängigkeit des Kontaktpunkts vom Neigungswinkel des Bergsteigers.



In welchem Winkelbereich ist ein stabiles Hochziehen möglich?

_____ $\leq \varphi \leq$ _____

h) In welchem Winkelbereich ist ein stabiles Absenken möglich?

_____ $\leq \varphi \leq$ _____

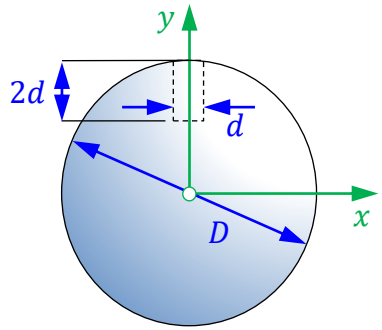
i) Gibt es einem Winkelbereich, in dem sowohl Anheben als auch Absenken möglich sind?

☐ *nein*

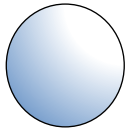
☐ *ja, für* _____ $\leq \varphi \leq$ _____

Aufgabe 3 (8 Punkte)

In eine Bowlingkugel (Durchmesser D) wird ein zylindrisches Fingerloch (Durchmesser d, Tiefe $2d$) gebohrt, wodurch sich der Schwerpunkt des entstehenden Bowlingballs verschiebt.

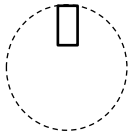


a) Wie groß ist das Volumen der Bowlingkugel ohne Fingerloch und wo liegt ihr Volumenmittelpunkt?



$V_K =$ _____ , $y_K =$ _____

b) Wie groß ist das Volumen des ausgebohrten Zylinders und wo liegt sein Volumenmittelpunkt unter Vernachlässigung der Kugelwölbung?



$V_Z =$ _____ , $y_Z =$ _____

c) Welches Volumen hat der entstehende Bowlingball mit Fingerloch und wie berechnet sich sein Volumenmittelpunkt?

$V_B =$ _____ , $y_B = \left(\text{_____}\right)/V_B$

d) Wie außermittig liegt der Volumenmittelpunkt eines Bowlingballs mit $D = 214$ mm und einem einzelnen Fingerloch mit $d = 26$ mm?

☐ $y_B \approx 0.04$ mm ☐ $y_B \approx -0.4$ mm ☐ $y_B \approx 4$ mm

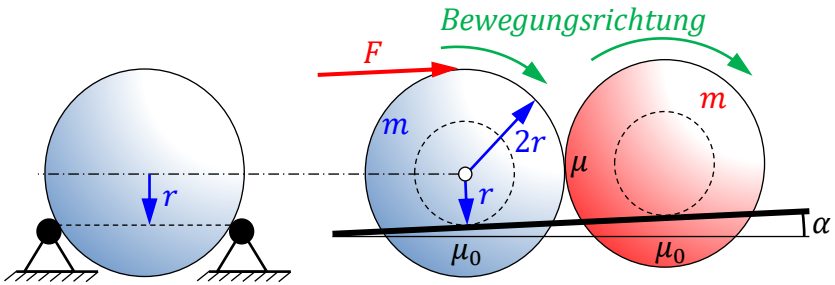
e) Wie liegen Volumenmittelpunkt und Schwerpunkt des Bowlingballs zueinander, wenn die ursprüngliche Bowlingkugel aus homogenem Material gefertigt ist?

☐ *identische Lage* ☐ *Schwerpunkt näher zum Loch*

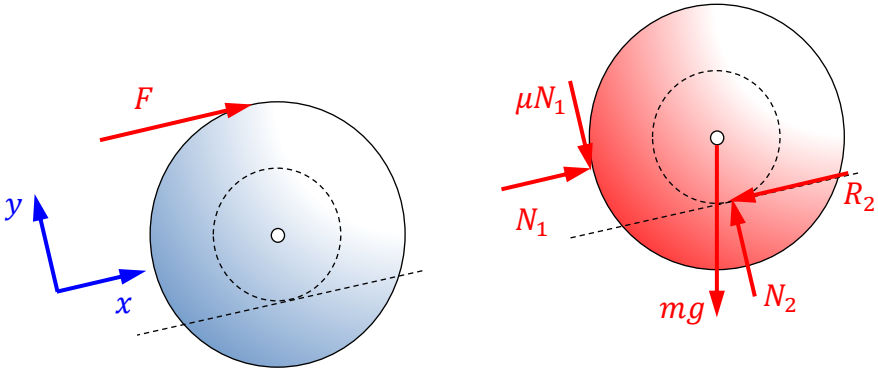
☐ *Volumenmittelpunkt näher zum Loch*

Aufgabe 4 (11 Punkte)

Bowlingbälle können bei Vernachlässigung der Bohrungen als homogene Kugeln mit Durchmesser $4r$, Masse m betrachtet werden. Zwei solche Bowlingbälle liegen auf zwei parallelen Schienen mit leichter Neigung (Neigungswinkel α). Durch Zusammenfassen der Schienenkräfte und Projektion kann man das Problem als **eben** betrachten. Der hintere Ball wird mit der Handkraft F gleichförmig bewegt und schiebt den vorderen Ball vor sich her. Dabei wird angenommen, dass beide Bälle auf den Schienen rollen. Der Kontakt zwischen den Bällen ist reibungsbehaftet (Gleitreibungskoeffizient μ), ebenso der Kontakt mit den Schienen (Haftreibungskoeffizient μ_0).



a) Ergänzen Sie im Freischnittbild alle Kräfte und Momente und benennen Sie diese. Bei eingeprägten Kräften ist das Kraftgesetz einzutragen.



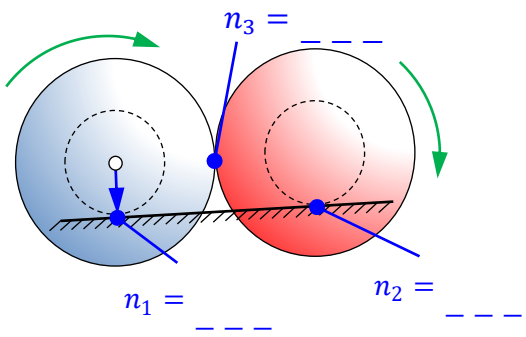
b) Formulieren Sie die Gleichgewichtsbedingungen für den rechten Ball.

c) Formulieren Sie die Gleichgewichtsbedingungen für den linken Ball.

Aufgabe 5 (7 Punkte)

Das System in Aufgabe 4 soll nun durch entsprechende Kennzahlen charakterisiert werden.

a) Tragen Sie nebenstehend jeweils die Wertigkeit der Bindungen zwischen den rollenden Bällen und Schiene sowie zwischen den beiden Bällen für eine **ebene Betrachtung** ein.



b) Charakterisieren Sie das System für eine **ebene Betrachtung** durch folgende Kennwerte:

Freiheitsgrad der zwei freigeschnittenen Bälle $f^u =$ _ _ _ _ _

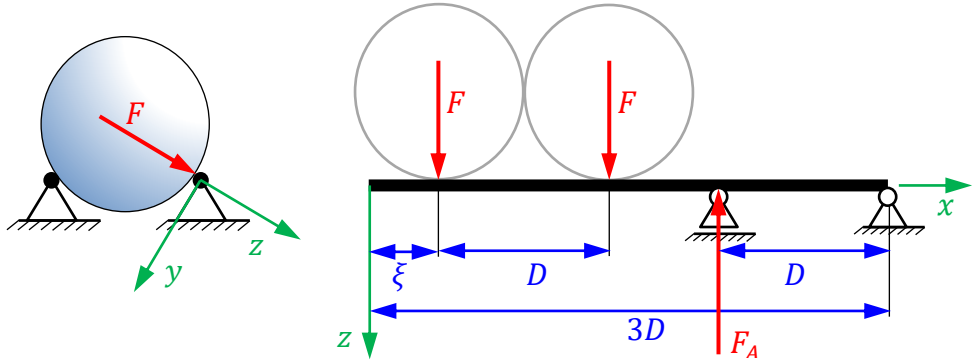
Zahl der aller Bindungen $n^c =$ _ _ _ _ _

Zahl der redundanten Bindungen $r =$ _ _ _ _ _

Freiheitsgrad des gebundenen Systems $f =$ _ _ _ _ _

Aufgabe 6 (7 Punkte)

Zur Ablage werden zwei Bowlingbälle (Durchmesser D) auf horizontale Schienen gelegt, wodurch sie auf jede Schiene jeweils eine Querkraft F ausüben. Die Schienen (Länge $3D$) sind rechts gelenkig gelagert und werden durch ein verschiebliches Lager mit der Kraft F_A gestützt. Die Lage des linken Balls wird durch die Variable $0 \leq \xi \leq 2D$ beschrieben.



a) Beschreiben Sie Querkraft- und Momentenverlauf für $0 \leq x < 3D$ mit der zunächst noch unbekannten Lagerreaktion F_A.

$Q(x) =$ _

$M(x) =$ _

b) Werten Sie den Biegemomentenverlauf an folgender Stelle aus:

$M(3D) =$ _

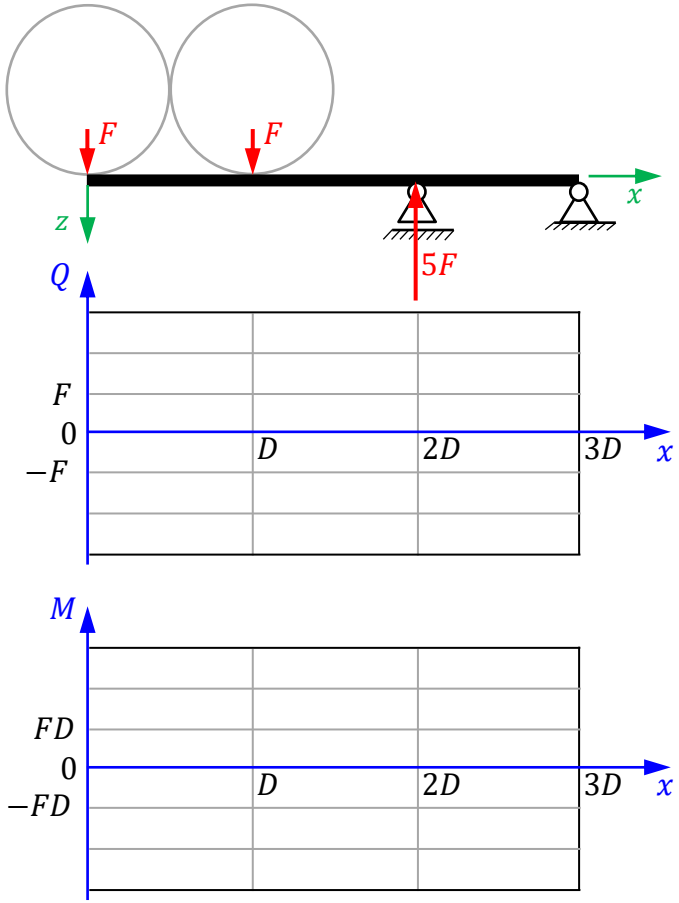
c) Welche Bedingung ergibt sich aus der Lagerung am rechten Rand und welche Lagerkraft resultiert daraus?

$M(3D) \overset{!}{=}$ _ _ _ _ $\Rightarrow F_A =$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

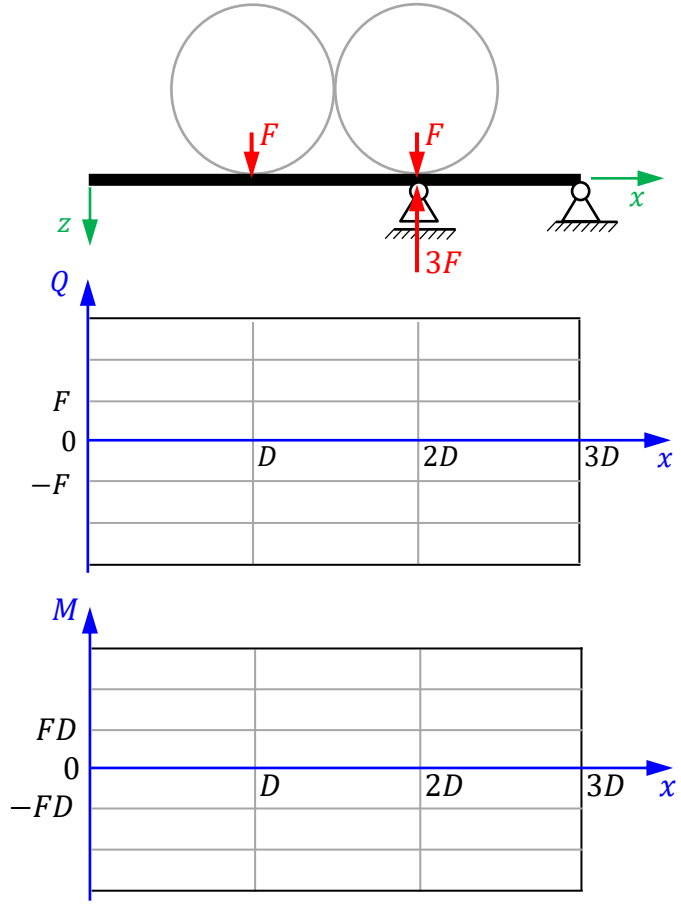
Aufgabe 7 (10 Punkte)

Skizzieren Sie (ohne Rechnung) Querkraft und Biegemomentenverlauf für folgende Situationen in Aufgabe 6:

a) Lage $\xi = 0$:



b) Lage $\xi = D$:



ENDE