



Studiengang	<b>Wirtschaftsingenieurwesen</b>
Fach	<b>Technische Mechanik</b>
Art der Leistung	<b>Prüfungsleistung</b>
Klausur-Knz.	<b>WI-TEM-P12-050430</b>
Datum	<b>30.04.2005</b>

**Bezüglich der Anfertigung Ihrer Arbeit sind folgende Hinweise verbindlich:**

- Verwenden Sie ausschließlich das vom Aufsichtsführenden **zur Verfügung gestellte Papier**, und geben Sie sämtliches Papier (Lösungen, Schmierzettel und nicht gebrauchte Blätter) zum Schluss der Klausur wieder bei Ihrem Aufsichtsführenden ab. Eine nicht vollständig abgegebene Klausur gilt als nicht bestanden.
- Beschriften Sie jeden Bogen mit Ihrem **Namen und Ihrer Immatrikulationsnummer**. Lassen Sie bitte auf jeder Seite 1/3 ihrer Breite als Rand für Korrekturen frei, und nummerieren Sie die Seiten fortlaufend. Notieren Sie bei jeder Ihrer Antworten, auf welche Aufgabe bzw. Teilaufgabe sich diese bezieht.
- Die Lösungen und Lösungswege sind in einer für den Korrektanten **zweifelsfrei lesbaren Schrift** abzufassen. Korrekturen und Streichungen sind eindeutig vorzunehmen. Unleserliches wird nicht bewertet.
- Bei numerisch zu lösenden Aufgaben ist außer der Lösung stets der **Lösungsweg anzugeben**, aus dem eindeutig hervorzugehen hat, wie die Lösung zustande gekommen ist.
- Zur Prüfung sind bis auf Schreib- und Zeichenutensilien ausschließlich die nachstehend genannten Hilfsmittel zugelassen. Werden **andere als die hier angegebenen Hilfsmittel verwendet oder Täuschungsversuche** festgestellt, gilt die Prüfung als nicht bestanden und wird mit der Note 5 bewertet.

<b>Bearbeitungszeit:</b>	120 Minuten
<b>Anzahl Aufgaben:</b>	– 4 –
<b>Höchstpunktzahl:</b>	– 100 –

<b>Hilfsmittel :</b>
HFH-Taschenrechner
Studienbriefe <b>1 bis 7</b>
Formelsammlung
<b>keine</b> Aufgabensammlungen

**Vorläufiges Bewertungsschema:**

Punktzahl		Note	
von	bis einschl.		
95	100	1,0	sehr gut
90	94,5	1,3	sehr gut
85	89,5	1,7	gut
80	84,5	2,0	gut
75	79,5	2,3	gut
70	74,5	2,7	befriedigend
65	69,5	3,0	befriedigend
60	64,5	3,3	befriedigend
55	59,5	3,7	ausreichend
50	54,5	4,0	ausreichend
0	49,5	5,0	nicht ausreichend

Viel Erfolg!

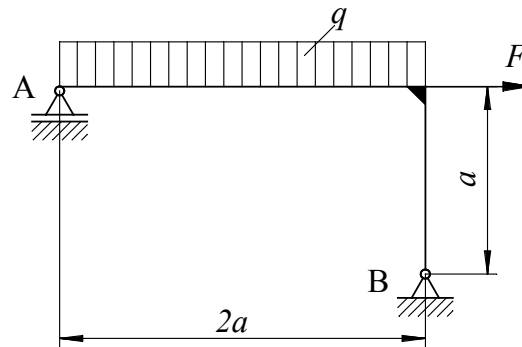
## Aufgabe 1

34 Punkte

Ein abgewinkeltes Tragwerk ist wie unten skizziert belastet und gelagert

Gegebene Daten:

$$F = \frac{q \cdot a}{2} ; q = 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} ; a = 1 \text{ m}$$

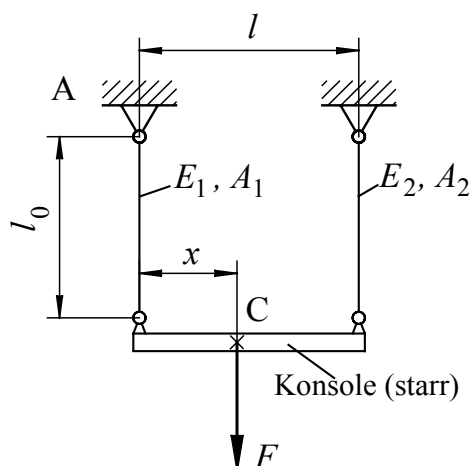


- 1.1 Schneiden Sie das Tragwerk frei und ermitteln Sie die Auflagerreaktionen. 10 Pkte
- 1.2 Berechnen Sie die Schnittreaktionen. 18 Pkte
- 1.3 Stellen Sie die Schnittreaktionen grafisch dar. 6 Pkte

## Aufgabe 2

24 Punkte

Eine als masseloser starrer Körper anzunehmende Konsole ist wie skizziert an zwei Drähten unterschiedlichen Materials und Querschnittsfläche aufgehängt. Die Konsole ist mit der Kraft  $F$  belastet.



Gegeben:

Längen  $l = 180 \text{ mm}$ ,  $l_0 = 150 \text{ mm}$

$F = 720 \text{ N}$

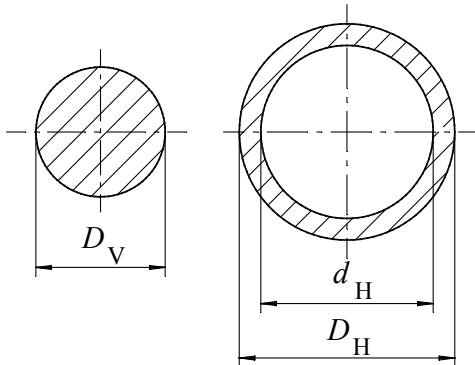
Elastizitätsmodule  $E_1 = 200 \text{ GPa}$ ,  $E_2 = 80 \text{ GPa}$

Querschnittsflächen  $A_1 = 2,5 \text{ mm}^2$ ,  $A_2 = 5 \text{ mm}^2$

- 2.1 In welchem Abstand  $x$  ist der Kraftangriffspunkt C zu wählen, damit beide Drähte eine gleichgroße Dehnung erfahren? 18 Pkte  
**Hinweis:** Schneiden Sie die Drähte mit Konsole in einer Skizze frei.
- 2.2 Berechnen Sie die Absenkung des Lastangriffspunktes C und die Zugspannung in den Drähten. 6 Pkte

**Aufgabe 3****15 Punkte**

Für eine torsionsbeanspruchte Welle ist ein Vergleich der Formänderung bei Ausführung als Kreisquerschnitt oder Kreisringquerschnitt zu ziehen.

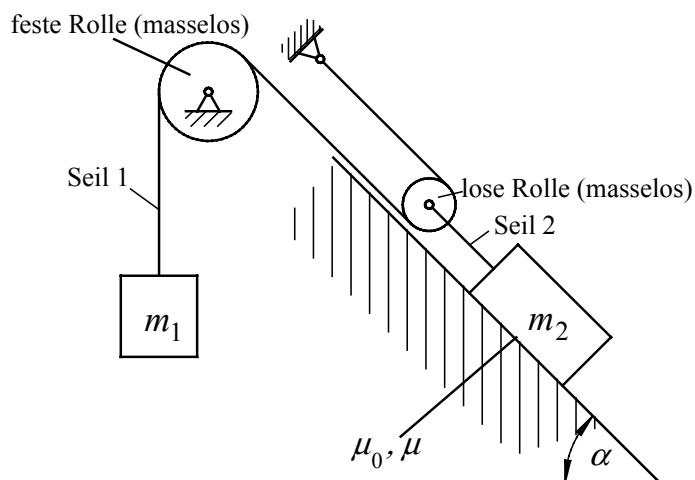
Gegeben:Wellenlänge  $l$ Torsionsmoment  $M_t$ Gleitmodul  $G$ Durchmesser Kreis  $D_V$ Durchmesserverhältnis Kreisring:  $\lambda = \frac{d_H}{D_H} = 0,8$ 

Ermitteln Sie das Verhältnis der Verdrehwinkel bei gleichgroßem Materialeinsatz für beide Querschnitte.

Bewerten Sie das Ergebnis.

**Aufgabe 4****27 Punkte**

Das unten skizzierte Starrkörpersystem ist zu untersuchen.

Gegeben:Masse  $m_2 = 1000 \text{ kg}$ Neigungswinkel der schiefen Ebene  $\alpha = 45^\circ$ Reibkoeffizient Haftreibung  $\mu_0 = 0,25$ Reibkoeffizient Gleitreibung  $\mu = 0,15$  $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ 

- 4.1 Berechnen Sie die Größe der Masse  $m_1$ , die für den Fall der Ruhe des Systems eine Abwärtsbewegung der Masse  $m_2$  auf der schiefen Ebene gerade noch verhindert.

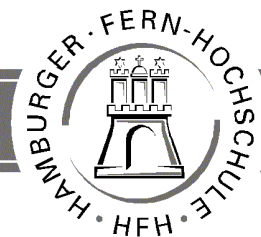
**11 Pkte**

**Hinweis:** Schneiden Sie hierfür die Masse  $m_1$ , die Masse  $m_2$  sowie die lose Rolle frei.

- 4.2 Berechnen Sie die Größe der Masse  $m_1$  für den Fall einer beschleunigten Aufwärtsbewegung der Masse  $m_2$  auf der geneigten Ebene mit einer Beschleunigung von  $\ddot{x}_2 = 2 \text{ m/s}^2$ .

**16 Pkte**

**Hinweis:** Schneiden Sie hierfür die Masse  $m_1$ , die Masse  $m_2$  sowie die lose Rolle frei.



**Korrekturrichtlinie zur Prüfungsleistung**  
**Technische Mechanik am 30.04.2005**  
**Wirtschaftsingenieurwesen**  
**WI-TEM-P12-050430**

**Für die Bewertung und Abgabe der Prüfungsleistung sind folgende Hinweise verbindlich:**

- Die Vergabe der Punkte nehmen Sie bitte so vor, wie in der Korrekturrichtlinie ausgewiesen. Eine summarische Angabe von Punkten für Aufgaben, die in der Korrekturrichtlinie detailliert bewertet worden sind, ist nicht gestattet.
- Nur dann, wenn die Punkte für eine Aufgabe nicht differenziert vorgegeben sind, ist ihre Aufschlüsselung auf die einzelnen Lösungsschritte Ihnen überlassen.
- Stoßen Sie bei Ihrer Korrektur auf einen anderen richtigen als den in der Korrekturrichtlinie angegebenen Lösungsweg, dann nehmen Sie bitte die Verteilung der Punkte sinngemäß zur Korrekturrichtlinie vor.
- Rechenfehler sollten grundsätzlich nur zur Abwertung des betreffenden Teilschrittes führen. Wurde mit einem falschen Zwischenergebnis richtig weitergerechnet, so erteilen Sie die hierfür vorgesehenen Punkte ohne weiteren Abzug.
- Ihre Korrekturhinweise und Punktbewertung nehmen Sie bitte in einer zweifelsfrei lesbaren Schrift vor.
- Die von Ihnen vergebenen Punkte und die daraus sich gemäß dem nachstehenden Notenschema ergebende Bewertung tragen Sie in den Klausur-Mantelbogen sowie in das Formular „Klausurergebnis“ (Ergebnisliste) ein.
- Gemäß der Diplomprüfungsordnung ist Ihrer Bewertung folgendes Bewertungsschema zugrunde zu legen:

Punktzahl		Note	
von	bis einschl.		
95	100	1,0	sehr gut
90	94,5	1,3	sehr gut
85	89,5	1,7	gut
80	84,5	2,0	gut
75	79,5	2,3	gut
70	74,5	2,7	befriedigend
65	69,5	3,0	befriedigend
60	64,5	3,3	befriedigend
55	59,5	3,7	ausreichend
50	54,5	4,0	ausreichend
0	49,5	5,0	nicht ausreichend

- Die korrigierten Arbeiten reichen Sie bitte spätestens bis zum

**18. Mai 2005**

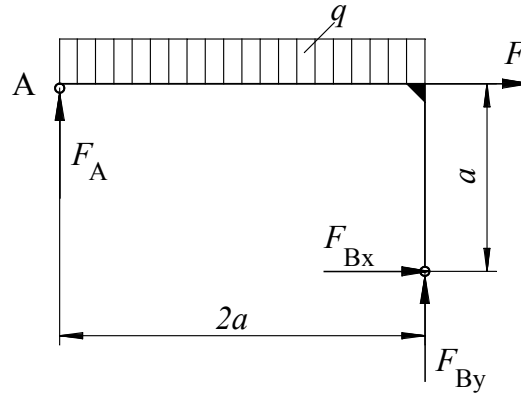
in Ihrem Studienzentrum ein. Dies muss persönlich oder per Einschreiben erfolgen. Der angegebene Termin ist **unbedingt** einzuhalten. Sollte sich aus vorher nicht absehbaren Gründen eine Terminüberschreitung abzeichnen, so bitten wir Sie, dies unverzüglich dem Prüfungsamt der Hochschule anzuzeigen (Tel. 040/ 35094311 bzw. [birgit.hupe@hamburger-fh.de](mailto:birgit.hupe@hamburger-fh.de)).

**Lösung 1** vgl. SB 1, Kap. 1.2, 1.3 und 1.5 sowie SB 2, Kap. 1.6 **34 Punkte**

**1.1 Freischneiden, Auflagerreaktionen:**

10 Pkte

Freischneiden:



(3 Pkte)

GGB:

$\rightarrow :$   $F_{Bx} + F = 0$  (1 Pkt)

$F_{Bx} = -F = -\frac{q \cdot a}{2} = -2 \text{ kN}$  (1 Pkt)

$\curvearrowright_B :$   $-F \cdot a - F_A \cdot 2a + q \cdot 2a \cdot a = 0$  (2 Pkte)

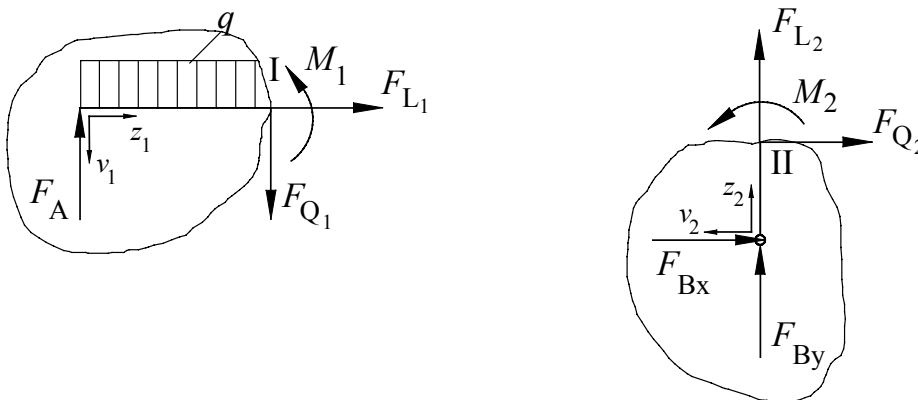
$F_A = q \cdot a - \frac{F}{2} = \frac{3}{4} q \cdot a = \frac{3}{4} \cdot 4 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 1 \text{ m} = 3 \text{ kN}$  (1 Pkt)

$\uparrow :$   $F_A + F_{By} - q \cdot 2a = 0$  (1 Pkt)

$F_{By} = q \cdot 2a - F_A = q \cdot 2a - \frac{3}{4} q \cdot a = \frac{5}{4} q \cdot a = 5 \text{ kN}$  (1 Pkt)

**1.2 Schnittreaktionen:**

18 Pkte



(2 Pkte)

Gleichgewichtsbedingungen für die Bereiche ( Momentenbezug auf Schnitt I bzw. II)

Bereich 1:  $0 \leq z_1 \leq 2a$

$\rightarrow : F_{L1} = 0$  (1 Pkt)

$\uparrow : -F_{Q1} + F_A - q \cdot z_1 = 0 \Rightarrow F_{Q1}(z_1) = F_A - q \cdot z_1$  (2 Pkte)

Randwerte:  $F_{Q1}(0) = F_A = 3 \text{ kN}$  ;  $F_{Q1}(2a) = F_A - q \cdot 2a = -5 \text{ kN}$  (1 Pkt)

$\curvearrowright$  I:  $M_1 - F_A \cdot z_1 + q \cdot z_1 \cdot \frac{z_1}{2} = 0 \Rightarrow M_1(z_1) = F_A \cdot z_1 - q \cdot \frac{z_1^2}{2}$  (3 Pkte)

Randwerte:  $M_1(0) = 0$  ;  $M_1(2a) = F_A \cdot 2a - q \cdot \frac{(2a)^2}{2} = -2 \text{ kNm}$  (2 Pkte)

Maximales Feldmoment:  $F_{Q1}(z_E) = F_A - q \cdot z_E = 0 \Rightarrow z_E = \frac{F_A}{q} = \frac{3}{4}a = 0,75 \text{ m}$  (1 Pkt)

$M_1(z_E) = F_A \cdot z_E - q \cdot \frac{z_E^2}{2} = \frac{9}{32}qa^2 = 1,125 \text{ kNm}$  (1 Pkt)

Bereich 2:  $0 \leq z_2 \leq a$

$\uparrow : F_{L2} + F_{By} = 0 \Rightarrow F_{L2} = -F_{By} = -5 \text{ kN}$  (1 Pkt)

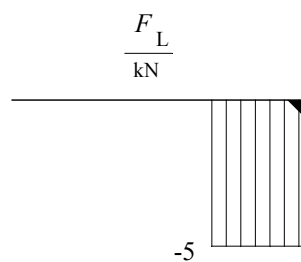
$\rightarrow : F_{Bx} + F_{Q2} = 0 \Rightarrow F_{Q2} = -F_{Bx} = 2 \text{ kN}$  (1 Pkt)

$\curvearrowright$  II:  $M_2 + F_{Bx} \cdot z_2 = 0 \Rightarrow M_2(z_2) = -F_{Bx} \cdot z_2$  (2 Pkte)

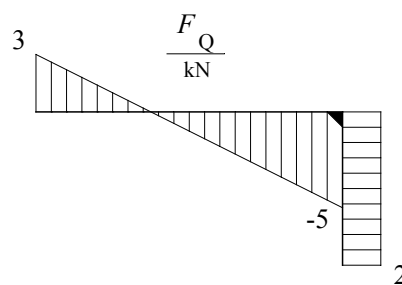
Randwerte:  $M_2(0) = 0$  ;  $M_2(a) = -F_{Bx} \cdot a = 2 \text{ kNm}$  (1 Pkt)

**1.3 Längs-, Querkraft- und Momentenverlauf: 6 Pkte**

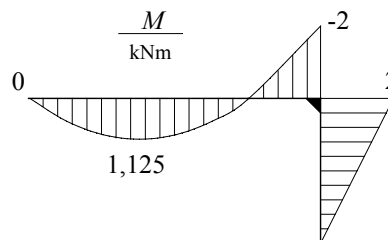
Längskraft (1 Pkt)



Querkraft (2 Pkte)

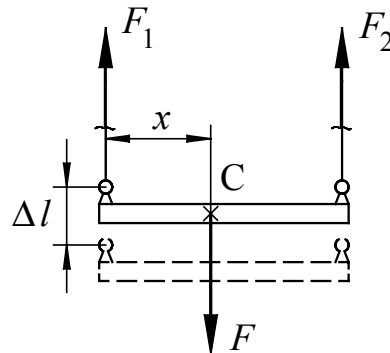


Moment (3 Pkte)



**Lösung 2**

vgl. SB 3, Kap. 2.2.5 und 2.3

**24 Punkte****2.1 Freischneiden, Kraftangriffspunkt:****18 Pkte**

(3 Pkte)

Lösungsansatz:

$$\uparrow : \quad F_1 + F_2 - F = 0 \quad (\text{I}) \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$\curvearrow C : \quad -F_1 \cdot x + F_2 \cdot (l-x) = 0 \quad (\text{II}) \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$\Delta l_1 = \Delta l_2 = \Delta l \quad (1 \text{ Pkt})$$

Anwendung des HOOKEsches Gesetzes [Gl. (2.14)], Gl. (2.13) und Gl. (2.24) aus SB 3:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{F_1}{E_1 \cdot A_1} = \varepsilon_2 = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{F_2}{E_2 \cdot A_2} \quad (\text{III}) \quad (2 \text{ Pkte})$$

Aus (III) folgt:

$$F_2 = F_1 \frac{E_2 \cdot A_2}{E_1 \cdot A_1} \quad (1 \text{ Pkt})$$

Einsetzen in (I) liefert:

$$F_1 \left( 1 + \frac{E_2 \cdot A_2}{E_1 \cdot A_1} \right) = F \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$F_1 = F \frac{E_1 \cdot A_1}{E_1 \cdot A_1 + E_2 \cdot A_2} = F \frac{200 \text{ GPa} \cdot 2,5 \text{ mm}^2}{200 \text{ GPa} \cdot 2,5 \text{ mm}^2 + 80 \text{ GPa} \cdot 5 \text{ mm}^2} = \frac{500}{900} F = \frac{5}{9} \cdot 720 \text{ N} = 400 \text{ N} \quad (3 \text{ Pkte})$$

$$F_2 = F - F_1 = F - \frac{5}{9} F = \frac{4}{9} F = \frac{4}{9} \cdot 720 \text{ N} = 320 \text{ N} \quad (1 \text{ Pkt})$$

Aus (II) folgt:

$$-F_1 \cdot x + F_2 \cdot l - F_2 \cdot x = 0 \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$x = l \frac{F_2}{F_1 + F_2} = \frac{\frac{4}{9} F}{F} \cdot l = \frac{4}{9} \cdot 180 \text{ mm} = 80 \text{ mm} \quad (2 \text{ Pkte})$$

**2.2 Absenkung Kraftangriffspunkt:****6 Pkte**

Aus (III) folgt

$$\Delta l = \frac{F_1 \cdot l_0}{E_1 \cdot A_1} = \frac{400 \text{ N} \cdot 150 \text{ mm}}{200\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 2,5 \text{ mm}^2} = 0,12 \text{ mm} \quad (4 \text{ Pkte})$$

oder

$$\Delta l = \frac{F_2 \cdot l_0}{E_2 \cdot A_2} = \frac{320 \text{ N} \cdot 150 \text{ mm}}{80\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 5 \text{ mm}^2} = 0,12 \text{ mm}.$$

**Spannung in den Drähten:**

Spannungsgleichung Zugbeanspruchung [Gl. (2.23)] aus SB 3:

$$\text{Draht 1: } \sigma_{z1} = \frac{F_1}{A_1} = \frac{400 \text{ N}}{2,5 \text{ mm}^2} = 160 \text{ N/mm}^2 \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$\text{Draht 2: } \sigma_{z2} = \frac{F_2}{A_2} = \frac{320 \text{ N}}{5 \text{ mm}^2} = 64 \text{ N/mm}^2 \quad (1 \text{ Pkt})$$

**Lösung 3****vgl. SB 4, Kap. 2.6****15 Punkte**

Die Wellenmasse ist bei gleicher Länge und Material der Querschnittsfläche proportional. (1 Pkt)

Für gleichgroßen Materialeinsatz (Wellenmasse) folgt damit:  $A_V = A_H$ . (1 Pkt)

Für die Querschnittsflächen gilt:

$$\frac{\pi \cdot D_V^2}{4} = \frac{\pi}{4} (D_H^2 - d_H^2). \quad (2 \text{ Pkte})$$

Mit  $d_H = \lambda \cdot D_H$  erhält man (1 Pkt)

$$D_V^2 = D_H^2 (1 - \lambda^2) \Rightarrow D_V = D_H \sqrt{1 - \lambda^2} = D_H \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,6 \cdot D_H. \quad (3 \text{ Pkte})$$

Mit Gl. (2.40) aus SB 4 erhält man für die Verdrehwinkel

$$\frac{\varphi_V}{\varphi_H} = \frac{\frac{M_t \cdot l}{G \cdot I_{pV}}}{\frac{M_t \cdot l}{G \cdot I_{pH}}} = \frac{I_{pH}}{I_{pV}}. \quad (2 \text{ Pkte})$$

Mit Tabelle 2.6 aus SB 4 erhält man für die Torsionsträgheitsmomente

$$\frac{\varphi_V}{\varphi_H} = \frac{I_{pH}}{I_{pV}} = \frac{\frac{\pi}{32} D_H^4 (1 - \lambda^4)}{\frac{\pi}{32} D_V^4} = \frac{D_H^4 (1 - \lambda^4)}{D_V^4} = \frac{D_H^4 (1 - \lambda^4)}{D_H^4 \cdot 0,6^4} = \frac{(1 - 0,8^4)}{0,6^4} = 4,56. \quad (4 \text{ Pkte})$$

Bei Torsionsbeanspruchung besitzt ein Kreisringquerschnitt gegenüber dem Kreisquerschnitt bei gleichem Materialeinsatz eine 4,56-fach größere Torsionssteifigkeit. (1 Pkt)

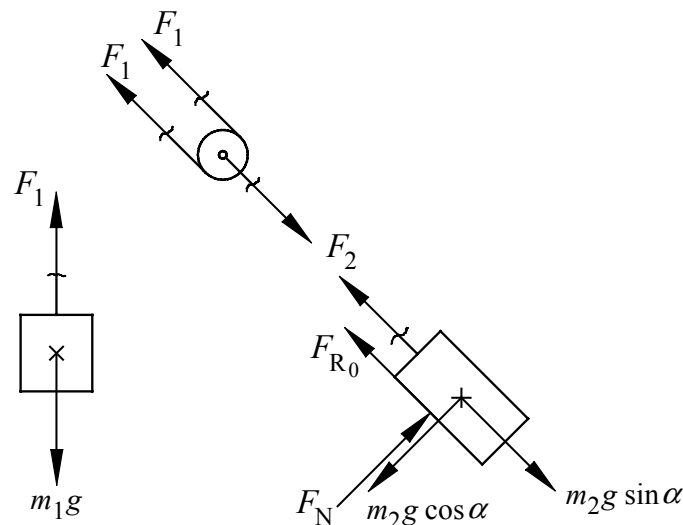
**Lösung 4**

vgl. SB 2, Kap. 1.7.1; SB 6, Kap. 4.1; SB 7, Kap. 4.5

**27 Punkte**

## 4.1 Ruhegleichgewicht

11 Pkte



(3 Pkte)

GGB:

$$\uparrow : F_1 - m_1 g = 0 \quad (\text{I}) \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$\nearrow : 2 F_1 - F_2 = 0 \quad (\text{II}) \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$\nearrow : F_2 - m_2 g \sin \alpha + F_{R0} = 0 \quad (\text{III}) \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$\nearrow : F_N - m_2 g \cos \alpha = 0 \quad (\text{IV}) \quad (1 \text{ Pkt})$$

Einsetzen von (IV) in das Reibungsgesetz Haftreibung liefert:

$$F_{R0} = \mu_0 \cdot F_N = \mu_0 m_2 g \cos \alpha . \quad (\text{V}) \quad (1 \text{ Pkt})$$

Einsetzen von (V) in (III) und Umstellen nach  $F_2$  liefert:

$$F_2 = m_2 g \sin \alpha - \mu_0 m_2 g \cos \alpha . \quad (\text{VI}) \quad (1 \text{ Pkt})$$

Durch Umstellen von (I) erhält man:

$$F_1 = m_1 g . \quad (\text{VII})$$

Einsetzen von (VI) und (VII) in (II) und Umformen ergibt:

$$2 m_1 g - m_2 g (\sin \alpha - \mu_0 \cos \alpha) = 0$$

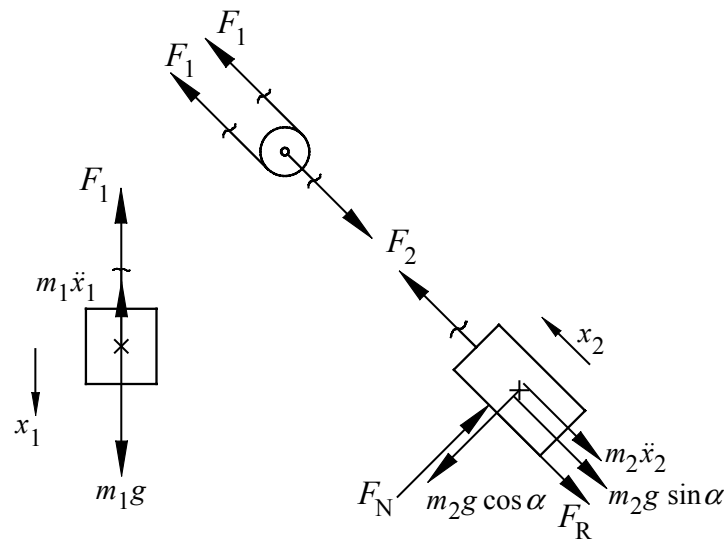
$$m_1 = \frac{m_2}{2} (\sin \alpha - \mu_0 \cos \alpha) \quad (1 \text{ Pkt})$$

Einsetzen der Zahlenwerte liefert:

$$m_1 = \frac{1000 \text{ kg}}{2} (\sin 45^\circ - 0,25 \cos 45^\circ) = 265,165 \text{ kg} . \quad (1 \text{ Pkt})$$

4.2 Beschleunigte Aufwärtsbewegung

16 Pkte



(5 Pkte)

$\uparrow$  :  $F_1 + m_1 \ddot{x}_1 - m_1 g = 0$  (I) (1 Pkt)

$\nearrow$  :  $2F_1 - F_2 = 0$  (II) (1 Pkt)

$\nwarrow$  :  $F_2 - m_2 g \sin \alpha - m_2 \ddot{x}_2 - F_R = 0$  (III) (1 Pkt)

$\nearrow$  :  $F_N - m_2 g \cos \alpha = 0$  (IV) (1 Pkt)

Einsetzen von (IV) in das Reibungsgesetz Gleitreibung liefert:

$F_R = \mu \cdot F_N = \mu m_2 g \cos \alpha$ . (V) (1 Pkt)

Einsetzen von (V) in (III) und Umstellen nach  $F_2$  liefert:

$F_2 = m_2 g \sin \alpha + m_2 \ddot{x}_2 + \mu m_2 g \cos \alpha$ . (VI) (1 Pkt)

Durch Umstellen von (I) erhält man:

$F_1 = m_1 g - m_1 \ddot{x}_1$ . (VII)

Einsetzen von (VI) und (VII) in (II) ergibt:

$2(m_1 g - m_1 \ddot{x}_1) - m_2(g \sin \alpha + \ddot{x}_2 + \mu g \cos \alpha) = 0$ . (VIII) (1 Pkt)

Zwangsbedingung (ZB) lose Rolle:

$x_1 = 2x_2 \Rightarrow \ddot{x}_1 = 2\ddot{x}_2$  (1 Pkt)

Einsetzen in (VIII) ergibt:

$2m_1(g - 2\ddot{x}_2) - m_2(g \sin \alpha + \ddot{x}_2 + \mu g \cos \alpha) = 0$ . (1 Pkt)

Umstellen und Einsetzen der Zahlenwerte liefert:

$m_1 = \frac{m_2}{2} \frac{(g \sin \alpha + \ddot{x}_2 + \mu g \cos \alpha)}{(g - 2\ddot{x}_2)}$  (1 Pkt)

$m_1 = \frac{1000 \text{ kg} (10 \cdot \sin 45^\circ + 2 + 0,15 \cdot 10 \cdot \cos 45^\circ) \text{ m/s}^2}{2 (10 - 2 \cdot 2) \text{ m/s}^2} = 844,31 \text{ kg}$ . (1 Pkt)