

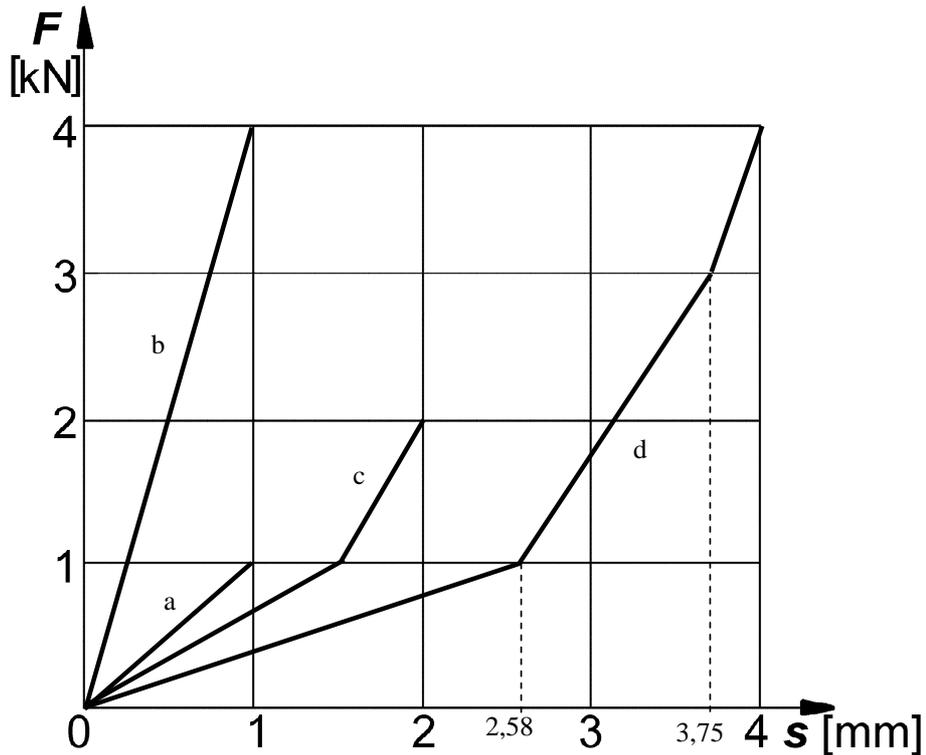
Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Aufgabe E FE (Federn)

Teilaufgabe	E-FE 1	E-FE 2	E-FE 3	Σ
Max. Pktzahl	5	2	2	9
Erreichte Pktzahl				

E-FE 1 Zeichnen Sie die Tellerfederpakete b, c, und d wenn eine Tellerfeder die Kennlinie aufweist.



a	b	c	d

E-FE 2 Wie bezeichnet man die Federcharakteristik des Tellerfederpaketes c und d und wo können diese sinnvoll eingesetzt werden? Welche weiteren Federcharakteristiken kennen Sie? Nenne Sie auch hier je ein typisches Einsatzgebiet.

Lösung:

Progressiv: Endanschlag

Linear: Fahrzeugfeder

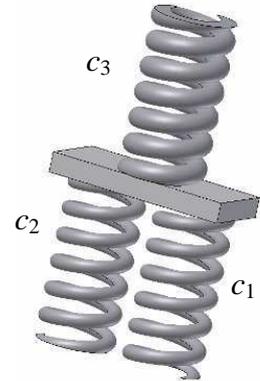
Degressiv: Anpressfeder in Reibkupplung

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

E-FE 3

Berechnen Sie für das dargestellte Federsystem die Gesamtfederrate. $c_1 = 60$ N/mm, $c_2 = 80$ N/mm, $c_3 = 120$ N/mm.



Lösung:

$$c_{\text{ges}} = \frac{(c_1 + c_2) \cdot c_3}{(c_1 + c_2) + c_3} = 64,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Name: *Musterlösung*

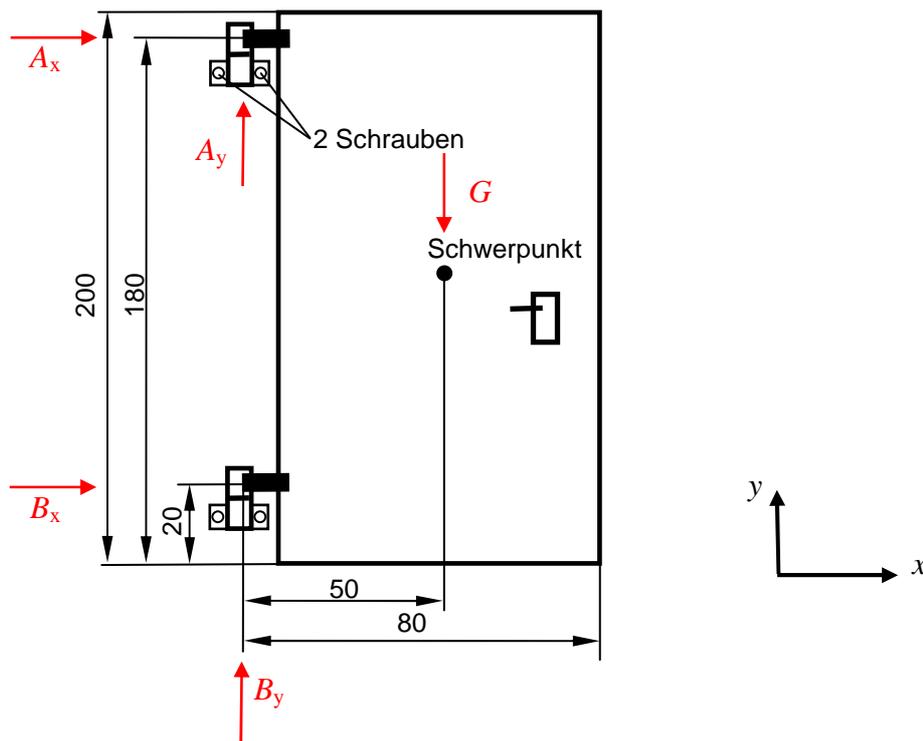
Matr.-Nr.:

Aufgabe E SR (Schrauben)

Teilaufgabe	E-SR 1	E-SR 2	Σ
Max. Pktzahl	6	3	9
Erreichte Pktzahl			

Eine 150 kg schwere Tür ist über zwei Scharniere mit der Zarge verbunden. Jedes Scharnier ist dabei mit zwei Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 befestigt. Gehen Sie davon aus, dass entweder das obere oder das untere Scharnier Kräfte in vertikaler Richtung (y-Richtung) aufnimmt, da aufgrund von Fertigungsungenauigkeiten immer ein Scharnier Spiel hat.

E-SR 1 Zeichnen Sie das Freikörperbild und berechnen Sie die Kräfte auf die beiden Scharniere (einzelne Schrauben nicht freischneiden). Betrachten Sie alle Kräfte nur in einer Ebene (Tür ist (fast) verschlossen). Ist es kritischer, wenn das obere oder untere Scharnier die vertikale Kraft übernimmt? Welches Scharnier ist höher belastet?



Lösung:

$$G = 150 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 1.471,5 \text{ N}$$

1. Fall: oberes Scharnier übernimmt vollständige Kräfte

$$\Sigma F_x = 0 = A_x + B_x \Leftrightarrow A_x = -B_x$$

$$\Sigma F_y = 0 = A_y - G = 0 \Leftrightarrow A_y = G = 1.471,5 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0 = B_x \cdot 160 \text{ mm} - G \cdot 50 \text{ mm}$$

$$\Leftrightarrow B_x = 459,85 \text{ N} \quad \Rightarrow A_x = -459,85 \text{ N}$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

2. Fall: unteres Scharnier übernimmt vollständige Kräfte

$$\Sigma F_y = 0 = B_y - G = 0 \Leftrightarrow B_y = G = 1.471,5 \text{ N}$$

$$\Sigma M_B = 0 = A_x \cdot 160 \text{ mm} + G \cdot 50 \text{ mm}$$

$$\Leftrightarrow A_x = -459,85 \text{ N} \quad \Rightarrow B_x = 459,85 \text{ N}$$

→ Die beiden Fälle sind identisch. Das Scharnier, welches die Kraft in y-Richtung übernimmt, ist das höher Belastete.

E-SR 2

Gehen Sie davon aus, dass die Kräfte eines Scharniers über die jeweils 2 Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 gleichmäßig ausgeleitet werden. Durch das Scharnier möglicherweise erzeugte Biegemomente werden vernachlässigt. Führen Sie die Grobdimensionierung der Schraube nach der DIN 2230 durch (Formeln auf der nächsten Seite). Die Befestigung erfolgt mit einem einfachen Drehschrauber. Wie lautet die normgerechte Bezeichnung einer 30 mm langen Schraube mit dem entsprechenden Durchmesser?

Lösung:

Resultierende Kräfte:

$$\vec{A} = \sqrt{(-459,85 \text{ N})^2 + (1.471,5 \text{ N})^2} = 1.541,68 \text{ N}$$

Auswahl aus Tabelle: Wert 3

Erhöhung aufgrund Anziehen mit einfachen Drehschrauber: Wert 5

Bezeichnung der Schraube: M5 x 30 – 8.8

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Grobdimensionierung nach VDI-Richtlinie 2230

Gegeben: angreifende Betriebskraft; Durchlaufen folgender Schritte:

Kraft in N $F_{A,Q}$	Nenn- \varnothing in mm		
	Festigkeitsklasse		
	12.9	10.9	8.8
250			
400			
630			
1.000			
1.600	3	3	3
2.500	3	3	4
4.000	4	4	5
6.300	4	5	5
10.000	5	6	8
16.000	6	8	8
25.000	8	10	10
40.000	10	12	14
63.000	12	14	16
100.000	16	16	20
160.000	20	20	24
250.000	24	27	30
400.000	30	36	
630.000	36		

statische oder dynamische Querkraft	dynamische und exzentrische Axialkraft
dynamische und zentrische Axialkraft	statische und exzentrische Axialkraft

Bilder zur Grobdimensionierung

- ① In der ersten Spalte der Tabelle die Zeile für die nächst größere Kraft $F_{A,0}$ wählen
- ② Diese gewählte Mindestvorspannkraft gilt für eine statische und zentrisch angreifende Kraft. Für andere Fälle ist von dieser Zahl ausgehend x Zeilen weiter zu gehen, und zwar
 - 1 Schritt für den Fall III a (dynamische und zentrische Axialkraft) bzw. Fall III b (statische und exzentrische Axialkraft)
 - 2 Schritte für Fall II (dynamische und exzentrische Axialkraft)
 - 4 Schritte für Fall I (statische oder dynamische Querkraft)
- ③ Wenn das Anziehen der Schraube durch Winkel- oder Streckgrenzkontrolle per Computer überwacht wird, ist dies die maximale Vorspannkraft. Bei anderen Anziehverfahren wird um x Zeilen weitergegangen:
 - 1 Zeile bei Anziehen mit Drehmomentschlüssel oder Präzisionsschrauber, der mit Drehmoment- oder Längsmessung arbeitet
 - 2 Zeilen, wenn die Schraube mit einem einfachen Drehschrauber mit einstellbarem Nachziehmoment angezogen wird
- ④ In der so gefundenen Zeile steht in Spalte 2 bis 4 der erforderliche Schraubendurchmesser für die gewählte Festigkeitsklasse.

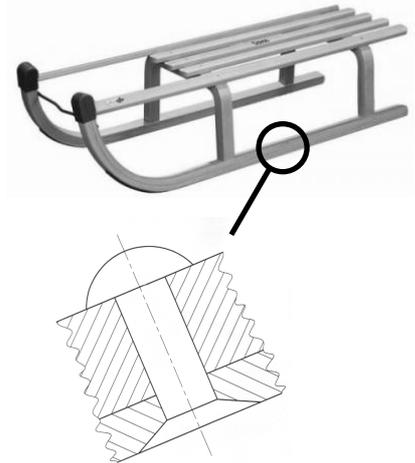
Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Aufgabe E NT (Nieten)

Teilaufgabe	E-NT 1	E-NT 2	Σ
Max. Pktzahl	7	3	10
Erreichte Pktzahl			

E-NT 1 Beim abgebildeten Schlitten sind die zwei Gleitflächen aus ST 36 über einen Flach-Senkniert (DIN 675) mit dem Holzgrundgerüst verbunden. Die Nieten bestehen ebenfalls aus dem Werkstoff ST 36. Es ist der Lastfall HZ anzunehmen. Die Belastung resultiert aus den Scherkräften, die aus der Reibung zwischen den Kufen und dem Bodenbelag entstehen. Die Nieten sollen die volle Kraft übernehmen. Die Reibkräfte zwischen Kufe und Holz werden aus Sicherheitsgründen vernachlässigt. Um die ungleiche Verteilung aufgrund von Fertigungstoleranzen und elastischen Verformungen zu berücksichtigen, wird von einem Sicherheitsfaktor von 1,8 ausgegangen. Berechnen Sie die Mindestanzahl an Nieten, die pro Kufe erforderlich ist, wenn die Maximallast (Schlitten + Person) 150 kg beträgt. Gehen Sie von einem Reibbeiwert von $\mu = 0,7$ aus. Der Durchmesser eines Nietschafts beträgt 2 mm, die tragende Länge in der Gleitfläche 1 mm.



Bem.: Berücksichtigen Sie den Lochleibungsdruck und die Abscherspannung! Berechnen Sie diese nur für die Gleitflächen (nicht für den Niet im Holz)!

Auf der übernächsten Seite sind einige Formeln aufgeführt.

Lösung:

Kraft pro Stufe:

$$F_S = \frac{150 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{2} \cdot 0,7$$

$$F_S = 515,03 \text{ N} \quad \text{Sicherheit von 1,8: } F_S = 927,05 \text{ N}$$

Überprüfung des Lochleibungsdruckes:

$$\frac{927,05 \text{ N}}{n \cdot 2 \text{ mm} \cdot 1 \text{ mm}} \leq 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Leftrightarrow n \cdot 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \geq \frac{927,05 \text{ N}}{2 \text{ mm} \cdot 1 \text{ mm}}$$

$$\Leftrightarrow n \cdot 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \geq 154,509 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Leftrightarrow n \geq 1,288$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

Überprüfung der Abscherspannung:

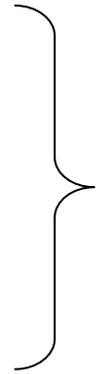
$$\frac{927,05 \text{ N}}{n \cdot 1 \cdot \frac{(2 \text{ mm})^2 \cdot \pi}{4}} \leq 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Leftrightarrow 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot n \geq \frac{927,05 \text{ N}}{3,1416 \text{ mm}^2}$$

$$\Leftrightarrow 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot n \geq 131,14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Leftrightarrow \underline{n \geq 1,84}$$

→ *Es sind mindestens 2 Niete erforderlich.*



E-NT 2 Nennen Sie jeweils drei Vor- und Nachteile von Nietverbindungen.

Lösung:

Vorteile:

- *meist ohne Beschädigung der Bauteile lösbar*
- *kein Wärmeverzug*
- *keine Gefügeveränderung*
- *Verbindung auch ungleicher Werkstoffe*
- *Einfache Kontrolle*

Nachteile:

- *Kerbwirkung durch Nietlöcher*
- *Hoher Arbeits- und Kostenaufwand*
- *Viel teurer als schweiß- oder Klebeverbindungen*
- *Stumpfstöße nur mit zusätzlichen Laschen ausführbar*



Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Auszug aus dem Skript:

Lochleibungsdruck:

$$\sigma_l = \frac{F}{n \cdot d \cdot t_{\min}} \leq \sigma_{l \text{ zul}}$$

- σ_l = Lochleibungsdruck
- t_{\min} = kleinste tragende Blechdicke
- n = Anzahl der tragenden Niete
- F = senkrecht zum Niet angreifende Kraft
- d = Durchmesser des geschlagenen Nietschaftes
- $\sigma_{l \text{ zul}}$ = zulässiger Lochleibungsdruck

Abscherspannung:

$$\tau_a = \frac{F}{n \cdot m \cdot A_{\text{Niet}}} \leq \tau_{a \text{ zul}}$$

- τ_a = Abscherspannung
- $\tau_{a \text{ zul}}$ = zulässige Abscherspannung
- m = Schnittigkeit
- A_{Niet} = Querschnittsfläche des Niets

Werte für $\tau_{a \text{ zul}}$ und $\sigma_{l \text{ zul}}$:

Abhängig vom Werkstoff des Niets und vom Belastungsfall; Lastfall H (nur Hauptlasten) und HZ (Haupt- und Zusatzlasten); in N/mm²:

Werkstoff	$\tau_{a \text{ zul}}$		$\sigma_{l \text{ zul}}$	
	H	HZ	H	HZ
St 36	140	160	320	360
St 44	210	240	480	540

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

Aufgabe E GL (Gleitlager)

Teilaufgabe	E-GL 1	E-GL 2	E-GL 3	E-GL 4	Σ
Max. Pktzahl	2	1	4	2	9
Erreichte Pktzahl					

Ein Konstrukteur hat ein hydrodynamisch geschmiertes Gleitlager ausgewählt. Folgende Daten sind bereits bekannt:

Bezeichnung	Wert
Betriebskraft	$F_R = 30 \text{ kN}$
Betriebsdrehzahl	$n = 1500 \text{ min}^{-1}$
Lagernendurchmesser	$d = 65 \text{ mm}$
Breite-Durchmesserverhältnis	$b/d = 0,6$
Viskosität-Schmiermittel	$\eta = 0,079 \text{ Pa s}$

E-GL 1 Welchen Werkstoff wählen Sie für die Lagerschale? Begründen Sie Ihre Auswahl durch eine Berechnung.

Lösung:

$$p_m = \frac{F_R}{b \cdot d} = \frac{30.000 \text{ N}}{39 \text{ mm} \cdot 65 \text{ mm}} \approx 11 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Aufgrund des mittleren Lagerdrucks wird Bronze als Werkstoff ausgewählt!

E-GL 2 Legen Sie eine geeignete Passung für die Kombination Welle/Lagerschale fest.

Lösung:

Passung nach Diagramm: F7/c7

E-GL 3 Ein Konstrukteur hat sich für die Passung G7/c8 entschieden. Berechnen Sie die Sommerfeldzahl für das Größt- und Kleinstspiel und überprüfen Sie ob das Lager lauffähig ist.

Lösung:

$$65G7 \cong 65_{+0,01}^{+0,04}$$

$$65c8 \cong 65_{-0,186}^{-0,140}$$

$$s_{\min} = 0,150 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 0,226 \text{ mm}$$

$$S_{o_{\min}} = \frac{30.000 \text{ N} \cdot (0,150 \text{ mm})^2}{39 \text{ mm} \cdot (65 \text{ mm})^3 \cdot 7,9 \cdot 10^{-8} \text{ N/mm}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 25 \text{ s}^{-1}} = 5,08$$

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-GL ele 10.03.08 Bl. 2 v. 4 Name: Künne / Mitarbeiter

Name: <i>Musterlösung</i>	Matr.-Nr.: -----
---------------------------	------------------

$$So_{\max} = \frac{30.000 \text{ N} \cdot (0,226 \text{ mm})^2}{39 \text{ mm} \cdot (65 \text{ mm})^3 \cdot 7,9 \cdot 10^{-8} \text{ N/mm}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 25 \text{ s}^{-1}} = 11,53$$

- *Das Lager ist nicht Lauffähig, da die max. Sommerfeldzahl außerhalb des zulässigen Bereichs liegt.*

E-GL 4 Sie haben festgestellt, dass die Sommerfeldzahlen zu hoch sind und das Lager nicht lauffähig ist. Nennen Sie zwei Maßnahmen, um die Funktionsfähigkeit des Lagers sicherzustellen. Die radiale Kraft kann nicht verändert werden!

Lösung:

- *Einsatz eines Öls mit höhere Viskosität*
- *Verhältnis b/d erhöhen*



Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

Werkstoff der Lagerschale	Relatives Lagerspiel y
Bronze	$\approx 0,0025 \dots 0,003 = 2,5 \dots 3 \text{ ‰}$
Weißmetall	$\approx 0,0005 = 0,5 \text{ ‰}$
Grauguss	$\approx 0,001 \dots 0,002 = 1 \dots 2 \text{ ‰}$
Kunststoff	$\approx 0,003 \dots 0,004 = 3 \dots 4 \text{ ‰}$

ISO-Abmaße für Wellen (in μm)

	a					b						c				
	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12
von 1	-270	-270	-270	-270	-270	-140	-140	-140	-140	-140	-140	-60	-60	-60	-60	-60
bis 3	-295	-310	-330	-370	-410	-154	-165	-180	-200	-240	-280	-74	-85	-100	-120	-160
über 3	-270	-270	-270	-270	-270	-140	-140	-140	-140	-140	-140	-70	-70	-70	-70	-70
bis 6	-300	-318	-345	-390	-450	-158	-170	-188	-215	-260	-320	-88	-100	-118	-145	-190
über 6	-280	-280	-280	-280	-280	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-80	-80	-80	-80	-80
bis 10	-316	-338	-370	-430	-500	-172	-186	-208	-240	-300	-370	-102	-116	-138	-170	-230
über 10	-290	-290	-290	-290	-290	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-95	-95	-95	-95	-95
bis 18	-333	-360	-400	-470	-580	-177	-193	-220	-260	-330	-420	-122	-138	-165	-205	-275
über 18	-300	-300	-300	-300	-300	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-110	-110	-110	-110	-110
bis 30	-352	-384	-430	-510	-630	-193	-212	-244	-290	-370	-490	-143	-162	-194	-240	-320
über 30	-310	-310	-310	-310	-310	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-120	-120	-120	-120	-120
bis 40	-372	-410	-470	-560	-700	-209	-232	-270	-330	-420	-560	-159	-182	-220	-280	-370
über 40	-320	-320	-320	-320	-320	-180	-180	-180	-180	-180	-180	-130	-130	-130	-130	-130
bis 50	-382	-420	-480	-570	-710	-219	-242	-280	-340	-430	-570	-169	-192	-230	-290	-380
über 50	-340	-340	-340	-340	-340	-190	-190	-190	-190	-190	-190	-140	-140	-140	-140	-140
bis 65	-414	-460	-530	-640	-800	-236	-264	-310	-380	-490	-650	-186	-214	-260	-330	-440
über 65	-360	-360	-360	-360	-360	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-150	-150	-150	-150	-150
bis 80	-434	-480	-550	-660	-820	-246	-274	-320	-390	-500	-660	-196	-224	-270	-340	-450

ISO-Abmaße für Bohrungen (in μm)

	G							
	3	4	5	6	7	8	9	10
von 1	+4	+5	+6	+8	+12	+16	+27	+42
bis 3	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
über 3	+6,5	+8	+9	+12	+16	+22	+34	+52
bis 6	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4
über 6	+7,5	+9	+11	+14	+20	+27	+41	+63
bis 10	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5
über 10	+9	+11	+14	+17	+24	+33	+49	+76
bis 18	+6	+6	+6	+6	+6	+6	+6	+6
über 18	+11	+13	+16	+20	+28	+40	+59	+91
bis 30	+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7
über 30	+13	+16	+20	+25	+34	+48	+71	+109
bis 50	+9	+9	+9	+9	+9	+9	+9	+9
über 50	-	-	+23	+29	+40	+56	-	-
bis 80	-	-	+10	+10	+10	+10	-	-

Name: *Musterlösung*

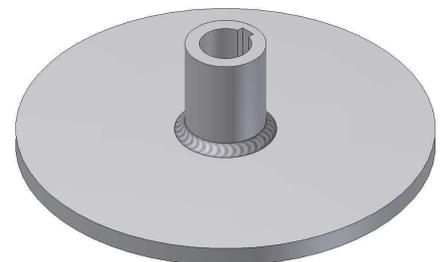
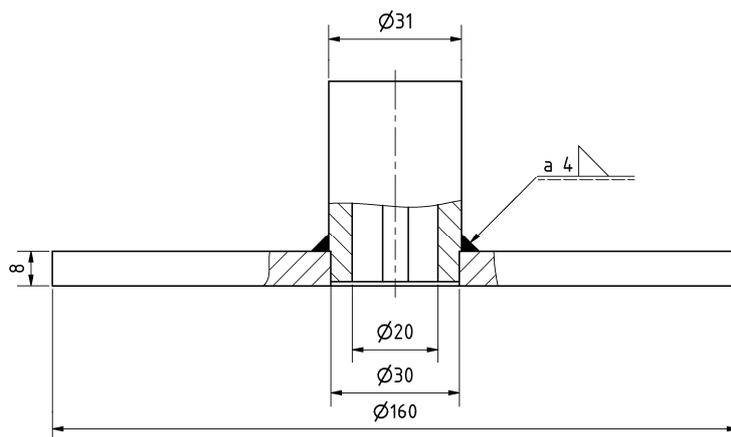
Matr.-Nr.:

Aufgabe E-SW (Schweißverbindungen)

Teilaufgabe	E-SW 1	E-SW 2	Σ
Max. Pktzahl	6	3	9
Erreichte Pktzahl			

E-SW 1 Der abgebildete Teller einer Reinigungsbürste für Flugzeuge wird mit einem schwellenden Torsionsmoment von 20 Nm belastet. Aufgrund von Kippkräften ergibt sich zusätzlich ein an der Schweißnaht wechselnd wirkendes Biegemoment von 30 Nm. Die Güte der Flachkehlnähte entspricht der Bewertungsgruppe C. Als Werkstoff wird St 52 verwendet. Sind die Schweißnähte ausreichend dimensioniert, wenn eine Sicherheit von 2 gefordert ist?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



Lösung:

$$\sigma_{\text{bzul}} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{\text{Grenz}}}{S}$$

$$\alpha_0 = 0,5 \text{ Bewertungsgruppe C}$$

$$\alpha_N = 0,5 \text{ Flachkehlnaht Biegung}$$

$$\beta = 0,9 \text{ Beiwert für Schrumpfspannungen}$$

$$\sigma_{\text{Grenz}} = 210 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{bzul}} = 23,6 \text{ N/mm}^2$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$M_{b\max} = 30 \text{ Nm}$$

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(31 + 2 \cdot 4)^4 - 31^4}{31 + 2 \cdot 4} = 3498,8 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{b\max} = \frac{30.000 \text{ Nmm}}{3498,8 \text{ mm}^3} = 8,6 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{\max} = 20 \text{ Nm}$$

$$\tau_t = \frac{T}{W_p}$$

$$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(31 + 2 \cdot 4)^4 - 31^4}{31 + 2 \cdot 4} = 6997,7 \text{ mm}^3$$

$$\tau_t = \frac{T}{W_p} = \frac{20000 \text{ Nmm}}{6997,7 \text{ mm}^3} = 2,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = 0,5 \cdot (\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})$$

$$\sigma_{vb\max} = 9,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{vb\max} \leq \sigma_{bzul} \Rightarrow \text{SN hält!}$$

Richtig übernommene Werte, die nicht gekennzeichnet sind, ergeben die Hälfte der Punkte!!!!!!!

Name: *Musterlösung*

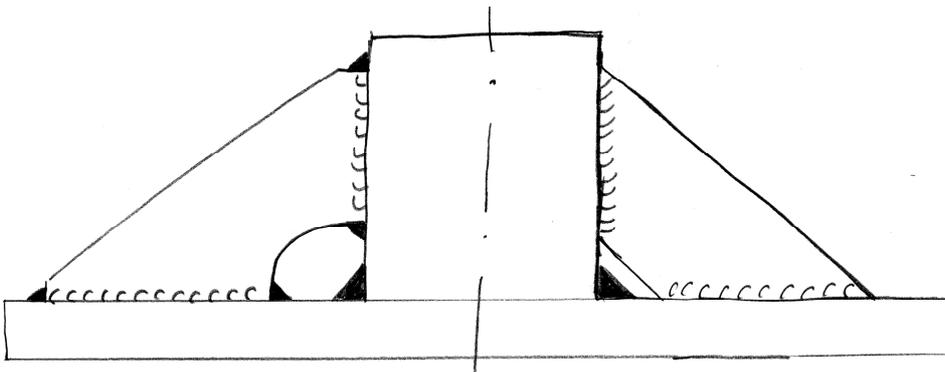
Matr.-Nr.: -----

E-SW 2

a) Skizzieren Sie eine geeignete Maßnahme, um die in der Schweißnaht vorhandene Biegespannung zu vermeiden.

Lösung:

- *Einzeichnen der Rippe*
- *Darstellung der Schweißnähte an der Rippe*
- *Freilassung der Ecke*



b) Nennen Sie ein geeignetes Schweißverfahren für die Schweißnaht. Das gewählte Verfahren soll sehr gut automatisierbar sein.

- MAG

Name: *Musterlösung* Matr.-Nr.:

E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belastung		Nahtform	Nahtnennspannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{16 \cdot d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{32 \cdot d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 β = 0,9 Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
= σ_{sch} bei schwellender Zug-/Druckbelastung
= σ_w bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
= $\sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
= $\sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
= $\tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
= $\tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

	σ_{sch}	σ_w	$\sigma_{h, sch}$	$\sigma_{h, w}$	τ_{sch}	τ_w
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_N \cdot \sigma_w$	$\alpha_A \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_A \cdot \sigma_w$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K- Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K- Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater- Bearbeitung		150 160	84 91	70 110	50 70	- -	0,35 0,5	- -	0,65 0,7
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{sch N}$ $\alpha_N \cdot \tau_{w N}$ 70..110 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbean- spruchung $\alpha_N \approx 0,5$	

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Aufgabe E-RK (Riemen und Ketten)

Teilaufgabe	E-RK 1	E-RK 2	Σ
Max. Pktzahl	4,5	4,5	9
Erreichte Pktzahl			

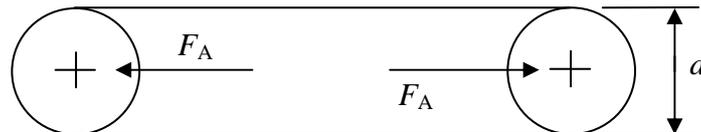
Ein Flachriementrieb wird durch Achsabstandsvergrößerung auf eine Trumkraft von je $F = 1.000 \text{ N}$ vorgespannt. Das Übersetzungsverhältnis ist $i = 1$; der Reibwert ist $\mu = 0,5$; der Scheibendurchmesser beträgt $d = 200 \text{ mm}$.

E-RK 1

Welches Moment M_t kann maximal übertragen werden?

Lösung:

Skizze:



$$i = 1; \rightarrow \beta = 180^\circ = \pi \text{ (an beiden Scheiben!)}$$

In Ruhe: $F_1 = F_2 = F = 1.000 \text{ N}$ und $F_A = F_1 + F_2 = 2F = 2.000 \text{ N}$ ($d_{ai} = 1$)

$$1. \quad M_T = F_t \cdot \frac{d}{2} = (F_1 - F_2) \cdot \frac{d}{2}$$

$$2. \quad F_1 = F_2 \cdot e^{\mu \cdot \beta}$$

$$F_A = F_2 \cdot e^{\mu \cdot \beta} + F_2 = 2.000 \text{ N} \quad \Leftrightarrow \quad F_2 \cdot (e^{\mu \cdot \beta} + 1) = 2.000 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{2.000 \text{ N}}{e^{\mu \cdot \beta} + 1} \quad \Rightarrow \quad F_2 = \frac{2.000 \text{ N}}{e^{0,5 \cdot \pi} + 1} = 344,2 \text{ N}$$

$$F_1 = F_2 \cdot e^{\mu \cdot \beta} = 344,2 \text{ N} \cdot e^{0,5 \cdot \pi} = 1.655,8 \text{ N}$$

In 1: $M_T = (F_1 - F_2) \cdot \frac{d}{2} = (1.655,8 \text{ N} - 344,2 \text{ N}) \cdot \frac{0,2 \text{ m}}{2}$

$$\underline{M_T = 131,16 \text{ Nm}}$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

E-RK 2

Es soll ein Moment von $M_t = 200 \text{ Nm}$ übertragen werden. Welche Vorspannkraft (Trumkraft) je Trum ist hierfür erforderlich?

Lösung:

$$M_T = 200 \text{ Nm}$$

$$M_T = (F_1 - F_2) \cdot \frac{d}{2}$$

$$F_1 = F_2 \cdot e^{\mu \cdot \beta}$$

$$M_T = F_2 \cdot (e^{\mu \cdot \beta} - 1) \cdot \frac{d}{2}$$

$$\Leftrightarrow F_2 = \frac{2 \cdot M_T}{d \cdot (e^{\mu \cdot \beta} - 1)} = \frac{2 \cdot 200 \text{ Nm}}{0,2 \text{ m} \cdot (e^{0,5 \cdot \pi} - 1)} = 524,87 \text{ N}$$

$$F_1 = F_2 \cdot e^{\mu \cdot \beta} = 524,87 \text{ N} \cdot e^{0,5 \cdot \pi} = 2.524,87 \text{ N}$$

$$F_A = F_1 + F_2 = \text{const.}$$

$$\Rightarrow F_A = 2.524,87 \text{ N} + 524,87 \text{ N} = 3.049,74 \text{ N} \approx 3.050 \text{ N}$$

\Rightarrow Vorspannkraft je Trum:

$$F = \frac{F_A}{2} = \frac{3.050 \text{ N}}{2} = 1.525 \text{ N}$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Aufgabe E KB (Kupplungen)

Teilaufgabe	E-KB 1	E-KB 2	E-KB3	Σ
Max. Pktzahl	2	2	5	9
Erreichte Pktzahl				

Ein in einem Steinbruch eingesetzter Gurtbandförderer wird von einem Drehstromasynchronmotor angetrieben. Das Lastmoment des Gurtbandförderers beträgt drehzahlunabhängig $M_{\text{Last}} = 960 \text{ Nm}$. Der Drehstromasynchronmotor besitzt ein Anlaufmoment von 600 Nm. Das Kippmoment beträgt 1.600 Nm, das Nennmoment 1.000 Nm.

E-KB 1 Reicht es zum Betreiben der Anlage aus, zwischen Motor und Lastmaschine eine Polygonringkupplung einzubauen? Begründung!

Lösung:

Nein, das Anlaufmoment des Motors ist kleiner als das drehzahlunabhängige Lastmoment des Gurtbandförderers.

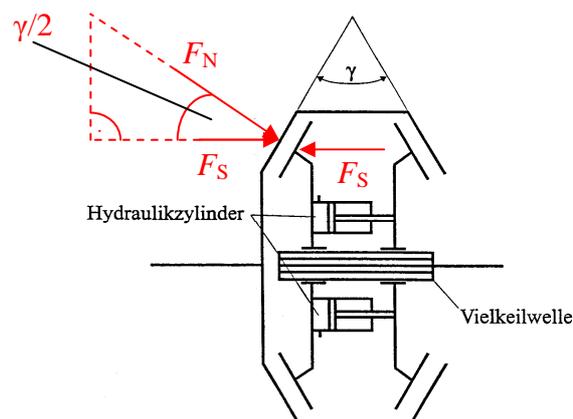
E-KB 2 In einer ähnlichen Anordnung wird zusätzlich eine Reibkupplung eingesetzt, die maximal 960 Nm übertragen kann. Wie beurteilen Sie die Leistungsfähigkeit der Kupplung im Hinblick auf die Tatsache, dass der Gurtbandförderer häufig gestoppt wird und anschließend wieder anlaufen muss?

Lösung:

Die Kupplung wird unter starker Rauchentwicklung arbeiten, da keine Reserve für ein Beschleunigen der Last vorhanden ist. Das Beschleunigungsmoment würde bei dieser Kupplung unberücksichtigt bleiben.

E-KB 3 Als Reibkupplung soll eine hydraulisch schaltbare Kegelkupplung zwischen Motor und Lastmaschine eingesetzt werden. Welches Drehmoment kann die dargestellte Kupplung übertragen? (Gegebene Daten s. nächste Seite).

Lösung:





Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Gegebene Daten der Kegelkupplung:

Gesamtfläche der Kolben: $A = 1.200 \text{ mm}^2$

Öldruck: $p = 100 \text{ bar}$ ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$)

Öffnungswinkel: $\gamma = 120^\circ$

Reibbeiwert: $\mu = 0,3$

Mittlerer Reibdurchmesser: $d_m = 160 \text{ mm}$

Lösung:

$$\cos \frac{\gamma}{2} = \frac{F_S}{F_N} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{F_S}{\cos \frac{\gamma}{2}} = F_N$$

$$F_S = p \cdot A = 100 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1.200 \cdot (0,001\text{m})^2$$

$$F_S = 12.000 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_N = \frac{12.000 \text{ N}}{\cos 60^\circ} = 24.000 \text{ N}$$

$$M_R = F_N \cdot r_m \cdot \mu \cdot z$$

$$M_R = 24.000 \text{ N} \cdot 80 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0,3 \cdot 2$$

$$\underline{M_R = 1.152 \text{ N}}$$

Hilfe: Allgemein gilt für das Reibmoment einer reibschlüssigen Schaltkupplung:

$M_R = F \cdot r_m \cdot \mu \cdot z$, wobei F die senkrecht auf den reibenden Flächen stehende Kraft ist!

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Aufgabe E FÜ (Linearführungen)

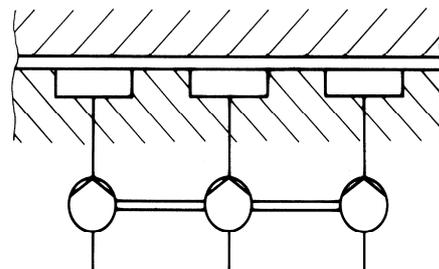
Teilaufgabe	E-FÜ 1	E-FÜ 2	E-FÜ 3	E-FÜ 4	E-FÜ 5	Σ
Max. Pktzahl	3,5	1	1	1,5	2	9
Erreichte Pktzahl						

Bei hydrostatischen Gleitlagern wird der Führungsschlitten durch einen Ölfilm vollständig abgehoben, so dass kein Festkörperkontakt mehr besteht.

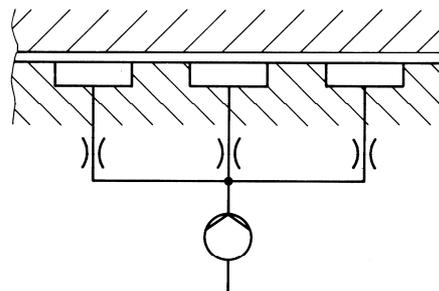
E-FÜ 1 Welche Varianten zum Aufbau des Ölfilms existieren? Skizzieren Sie diese Varianten und nennen Sie Ihre Eigenschaften.

Lösung:

- *Je eine Pumpe pro Tasche*
 - *Hoher Aufwand*
 - *Vollständige Unabhängigkeit der Druckverhältnisse*
 - *Geringe Verlustleistung*



- *Eine gemeinsame Pumpe, je einer Drossel pro Tasche*
 - *Geringer Aufwand*
 - *Druckverhältnisse nicht unabhängig*
 - *Verluste in den Drosseln, Ölerwärmung*



E-FÜ 2 Was ist zu beachten, wenn die Last nicht gleichmäßig auf den Führungsschlitten verteilt ist, sondern nur auf einer Ecke des Führungsschlittens aufliegt?

Lösung:

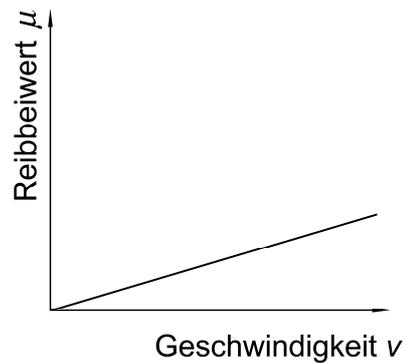
- *Druckausgleich zwischen den einzelnen Schmiertaschen*

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

E-FÜ 3 Skizzieren Sie den Verlauf des Reibbeiwerts in Abhängigkeit der Geschwindigkeit für ein hydrostatisches Gleitlager

Lösung:



E-FÜ 4 Gleitführungen mit Mischreibung haben entscheidende Nachteile gegenüber hydrostatischen Gleitführungen. Nennen Sie diese und erläutern Sie, welche Probleme sich hieraus in der Praxis ergeben können.

Lösung:

Nachteile:

- *Höherer Gleitreibbeiwert als bei hydrostatischen Gleitführungen*
- *Unterschied zwischen Anlaufreibung (Haftreibbeiwert) und Gleitreibbeiwert*

Probleme:

- *Der Stick-Slip-Effekt kann auftreten*
- *Höherer Verschleiß tritt auf*

E-FÜ 5 Warum tritt der Stick-Slip-Effekt bei hydrostatischen Führungen nicht auf?

Lösung:

- *Hydrostatische Führungen arbeiten nur im Bereich der Flüssigkeitsreibung*