

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Aufgabe E FE (Federn)

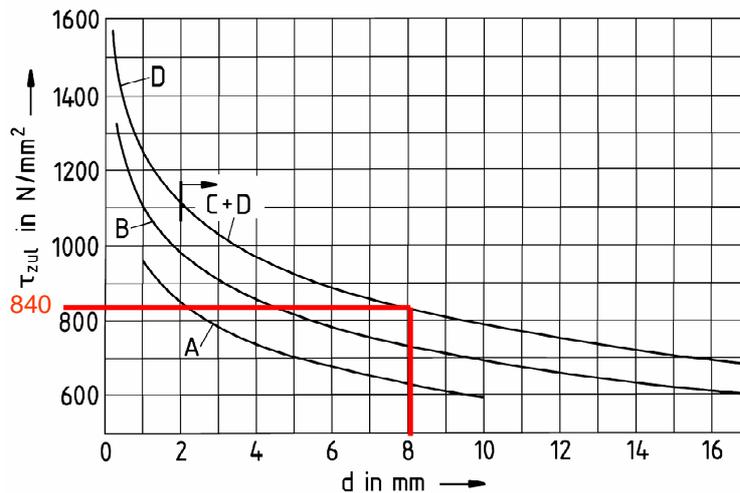
Teilaufgabe	E-FE 1	E-FE 2	E-FE 3	Σ
Max. Pktzahl	2	4	2	8
Erreichte Pktzahl				

E-FE 1

Bestimmen Sie anhand des Diagramms und der angegebenen Formeln die Anzahl i_f der federnden Windungen einer Schraubenfeder. Kennzeichnen Sie alle aus dem Diagramm und den Tabellen entnommenen Werte.

Folgende Daten der Schraubenfeder sind bekannt:

- Federdraht der Klasse C nach DIN 17223 mit einer Stärke von 8 mm
- Schubmodul $G = 70.000 \text{ N/mm}^2$
- Durchmesser $D = 64 \text{ mm}$
- Federweg $s = 90 \text{ mm}$



$w = D/d$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
k	2,05	1,55	1,38	1,29	1,23	1,20	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09

$$k = 1 + \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{w} + \frac{7}{8} \cdot \frac{1}{w^2} + \frac{1}{w^3}$$

$$i_f \geq \frac{s \cdot G \cdot d \cdot k}{\pi \cdot D^2 \cdot \tau_{zul}}$$

Lösung:

$$\tau_{zul} = 840 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{aus Diagramm}$$

$$w = \frac{D}{d} = \frac{64}{8} = 8 \rightarrow k = 1,17 \quad \text{abgelesen aus Tabelle}$$

$$i_f = \frac{90 \text{ mm} \cdot 70.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 8 \text{ mm} \cdot 1,17}{\pi \cdot (64^2) \text{ mm}^2 \cdot 840 \text{ N/mm}^2} = 5,46 \rightarrow i_f = 5,5$$

Name: *Musterlösung*

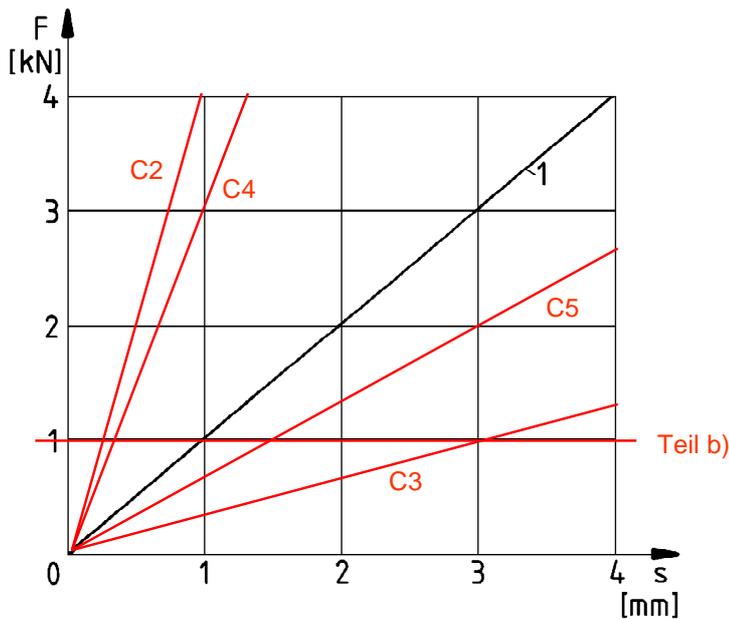
Matr.-Nr.:

E-FE2

Von 4 zylindrischen Schraubendruckfedern aus Rundstahldraht sind die unten genannten Daten bekannt. Die Federrate der Feder 1 beträgt $c_1 = 1.000 \text{ N/mm}$.

$$c = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot i_f \cdot D^3}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot F \cdot s$$



Feder 1:

$$\begin{aligned} d_1 &= d \\ D_1 &= D \\ i_{f1} &= i_f \end{aligned}$$

Feder 5:

$$\begin{aligned} d_5 &= 2 \cdot d \\ D_5 &= 2 \cdot D \\ i_{f5} &= 3 \cdot i_f \end{aligned}$$

Feder 2:

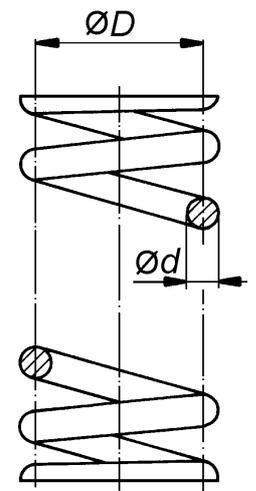
$$\begin{aligned} d_2 &= 2 \cdot d \\ D_2 &= D \\ i_{f2} &= 4 \cdot i_f \end{aligned}$$

Feder 3:

$$\begin{aligned} d_3 &= d \\ D_3 &= 1,15 \cdot D \\ i_{f3} &= 2 \cdot i_f \end{aligned}$$

Feder 4:

$$\begin{aligned} d_4 &= 3 \cdot d \\ D_4 &= 3 \cdot D \\ i_{f4} &= i_f \end{aligned}$$



a) Wie groß sind die Federraten der übrigen Federn? Die Zahlenwerte sind zu errechnen und die Kennlinien in das Diagramm einzutragen.

b) Jede Feder wird mit der gleichen Kraft F zusammengedrückt. Bei welcher Feder muss dafür die meiste Arbeit geleistet werden? Mit Begründung!

Lösung:

$$a) \quad c_2 = \frac{G \cdot (2 \cdot d)^4}{8 \cdot 4 \cdot i_f \cdot D^3} = \frac{2^4}{4} \cdot \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot i_f \cdot D^3} = \frac{16}{4} \cdot c_1 = 4 \cdot c_1 = 4.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$c_3 = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot 2 \cdot i_f \cdot (1,15 \cdot D)^3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot i_f \cdot D^3} = \frac{1}{3} \cdot c_1 = 333 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$c_4 = \frac{G \cdot (3 \cdot d)^4}{8 \cdot i_f \cdot (3 \cdot D)^3} = \frac{81}{27} \cdot \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot i_f \cdot D^3} = 3 \cdot c_1 = 3.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$c_5 = \frac{G \cdot (2 \cdot d)^4}{8 \cdot 3 \cdot i_f \cdot (2 \cdot D)^3} = \frac{16}{24} \cdot \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot i_f \cdot D^3} = \frac{2}{3} \cdot c_1 = 667 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-FE 16 bre 02.03.08 Bl. 3 v. 3 Name: Künne / Mitarbeiter

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

- b) *Bei konstanter Kraft muss bei Feder 3 der größte Weg s zurückgelegt werden und somit die größte Arbeit W geleistet werden. Oder Lösung rechnerisch mit angegebener Formel für W ermitteln.*

E-FE 3 - Welche Federn sind nach Art der Belastung zu unterscheiden?

Lösung:

Zugfedern, Biegefedern, Torsionsfedern, Schubfedern, Kompressionsfedern

- Welchen Zweck hat das Zusammenschalten von Federn?

Lösung:

Veränderung der Federrate, evtl. des Federweges, Veränderung der Kennliniencharakteristik

- Welche Möglichkeiten der Zusammenschaltung von zwei Federn gibt es?

Lösung:

Parallelschaltung, Reihenschaltung

- Geben Sie für jede Möglichkeit der Zusammenschaltung von zwei Federn die Formel zur Berechnung der Gesamtfederrate c_{ges} an.

Lösung:

$$c_{\text{ges}} = c_1 + c_2$$

$$c_{\text{ges}} = (c_1 \cdot c_2) / (c_1 + c_2)$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

Aufgabe E SR (Schrauben)

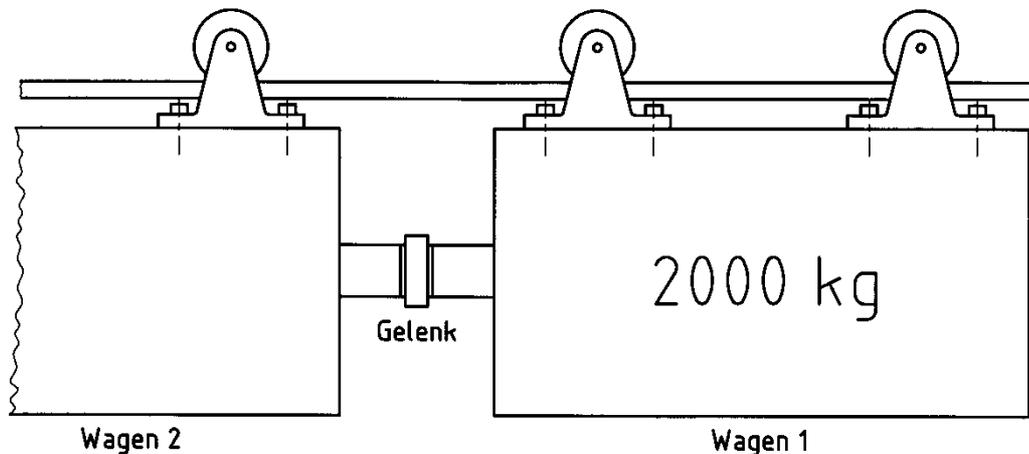
Teilaufgabe	E-SR 1	E-SR 2	E-SR 3	Σ
Max. Pktzahl	2	3	3	8
Erreichte Pktzahl				

E-SR 1 Durch welche zwei Verfahren können die Gewinde von Schrauben prinzipiell hergestellt werden?

Lösung:

- *Spanende Verfahren (Drehen)*
- *Umformende Verfahren (Walzen, Rollen)*

Bei einem Hängebahnsystem ist das Fahrwerk jeweils über zwei Schrauben mit dem eigentlichen Wagen verbunden. Das Gesamtgewicht eines Wagens (ohne das Fahrwerk) soll 2000 kg betragen. Gehen Sie vereinfacht davon aus, dass sich die Kraft gleichmäßig auf die Schrauben verteilt und dynamische Kräfte aufgrund der Fahrbewegung vernachlässigt werden können. Die Nachgiebigkeit der Schraube (inklusive eingeschraubter Gewindeanteile) beträgt $\delta_S = 5,65 \cdot 10^{-6}$ mm/N. Die Nachgiebigkeit des Fahrwerks beträgt $\delta_P = 1,95 \cdot 10^{-6}$ mm/N.



E-SR 2 Wie hoch ist bei einer Vorspannung von 5.000 N die maximale Kraft, die auf eine Schraube wirken kann? (Beachten Sie dabei das elastische Verhalten der Verbindung.)
Einige Formeln sind auf der übernächsten Seite angegeben!

Lösung:

Berechnung der axialen Kraft pro Schraube:

$$F_A = 2000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \frac{1}{4} = 4.905 \text{ N}$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

$$F_S = F_V + F_{SA} = 5000 \text{ N} + \frac{1,95 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}}{1,95 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}} + 5,65 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}} \cdot 4905 \text{ N} = \underline{\underline{6258,52 \text{ N}}}$$

E-SR 3 Welchen Nenndurchmesser muss eine Schraube mit der Festigkeitsklasse 8.8 bei einer Sicherheit von 2 mindestens aufweisen, damit sie der Belastung standhält?
Einige Formeln sind auf der nächsten Seite angegeben!

Lösung:

$$\text{Festigkeitsklasse 8.8} \rightarrow R_{P_{0,2}} = 0,8 \cdot 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{R_{P_{0,2}}}{S} = \sigma_{\text{zul}} = \frac{F}{A_S}$$

$$320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \frac{6258,52 \text{ N}}{A_S}$$

$$A_S = \frac{6258,52 \text{ N}}{320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$A_S = 19,558 \text{ mm}^2$$

→ Schraube M6, da Spannungsquerschnitt 20,1 mm²



Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Auszug aus dem Skript:

$$F_{Kl} = F_V - F_{PA}$$

F_{Kl} = (Rest-)Klemmkraft
 F_V = Vorspannkraft
 F_{PA} = Entlastungskraft der Platten

$$F_S = F_V + F_{SA} = F_A + F_{Kl}$$

F_S = gesamte Schraubenkraft
 F_{SA} = Schraubenzusatzkraft
 F_A = in Längsrichtung wirkende Betriebskraft

Zusatzkraft der Schraube:

$$F_{SA} = \frac{\delta_P}{\delta_P + \delta_S} \cdot F_A = \Phi \cdot F_A$$

Entlastung der Platten:

$$F_{PA} = (1 - \Phi) \cdot F_A = \frac{\delta_S}{\delta_S + \delta_P} \cdot F_A$$

Neendurchmesser	d	M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	(M14)	M 16	M 20	M 24
Steigung	P	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	3
Flankendurchmesser	$d_2 = D_2$	2,675	3,545	4,480	5,350	7,188	9,026	10,863	12,700	14,701	18,376	22,051
Kern-Ø Bolzen	d_3	2,387	3,141	4,019	4,773	6,466	8,160	9,853	11,546	13,546	16,933	20,319
Kern-Ø Mutter	D_1	2,459	3,242	4,134	4,917	6,647	8,376	10,106	11,835	13,835	17,294	20,752
Gewindetiefe Bolzen	h_3	0,307	0,429	0,491	0,613	0,767	0,920	1,074	1,227	1,227	1,534	1,840
Gewindetiefe Mutter	H_1	0,271	0,379	0,433	0,541	0,677	0,812	0,947	1,083	1,083	1,353	1,624
Nennquerschnitt	A_N	7,069	12,6	19,6	28,3	50,3	78,5	113	154	201	314	452
Kernquerschnitt	A_{d_3}	4,48	7,75	12,7	17,9	32,8	52,3	76,3	105	144	225	324
Spannungsquerschnitt	A_S	5,03	8,78	14,2	20,1	36,6	58,0	84,3	115	157	245	352
Bohrungsmaße												
Kernlochdurchmesser	d_{14}	2,5	3,3	4,2	5	6,8	8,5	10,2	12	14	17,5	21
Durchgangsloch mittel H13	d_h	3,4	4,5	5,5	6,6	9	11	13,5	15,5	17,5	22	26

Name: *Musterlösung*

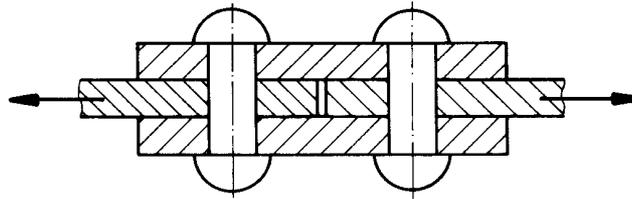
Matr.-Nr.:

Aufgabe E NT (Nieten)

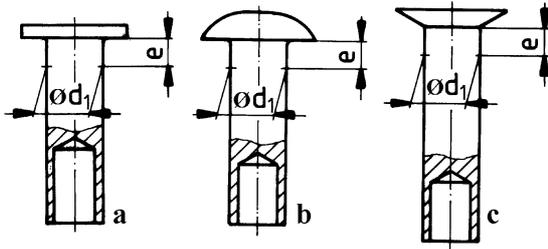
Teilaufgabe	E-NT 1	E-NT 2	E-NT 3	E-NT 4	Σ
Max. Pktzahl	2	2	2	2	8
Erreichte Pktzahl					

E-NT 1 Skizzieren Sie eine zweischnittige *Laschennietung*.

Lösung:



E-NT 2 Skizzieren Sie einen Halbhohnniet. Wie ist die generelle Vorgehensweise bei der Herstellung einer Verbindung mit einem derartigen Halbhohnniet (kurze Erläuterung)?



Lösung:

- *Hauptsächlich kalt verarbeitet*
- *Niet wird durch das Nietloch gesteckt und mit dem Gegenhalter auf die zu verbindenden Teile gedrückt*
- *auf der anderen Seite wird der hohle Teil des Niets nach außen gedrückt.*

E-NT 3 Nennen Sie drei Gestaltungsregeln für Nietverbindungen.

Lösung:

- *Risse im Werkstück vermeiden; selbst kleine Nietlöcher durch Bohren herstellen*
- *Nach dem Heften gemeinsam auf endgültigen Nietlochdurchmesser bearbeiten (Reiben), damit Nietlöcher fluchtend sind*
- *Herstellung des Nietlochs durch Stanzen vermeiden, da Rissbildung infolge hoher Druckkräfte; im Stahlbau Stanzen untersagt*

E-NT 4 Welche Beanspruchung *außer* dem Lochleibungsdruck wird bei der Nachrechnung von Nietverbindungen üblicherweise berücksichtigt?

Lösung:

Abscherspannung

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Aufgabe E GL (Gleitlager)

Teilaufgabe	E-GL 1	E-GL 2	E-GL 3	Σ
Max. Pktzahl	3	1	4	8
Erreichte Pktzahl				

Es ist ein hydrodynamisches Radiallager für einen Motor eines Walzwerks auszulegen. Folgende Daten sind gegeben:

Bezeichnung	Wert
Leistung des Motors	2900 kW
Drehzahl	80 min ⁻¹
Lagernendurchmesser	$d = 0,4$ m
Tragende Lagerbreite	$b = 0,3$ m
Radialkraft	$F = 200.000$ N
Werkstoff Welle- Lagerschale	Stahl - Weißmetall
Relatives Lagerspiel	$\psi = 0,5$ ‰

E-GL 1 Welche dynamische Viskosität muss das Öl besitzen, wenn im Betrieb eine relative Schmierfilmdicke von $\delta = 0,3$ vorhanden sein soll?

Lösung:

$$\frac{b}{d} = \frac{0,3 \text{ m}}{0,4 \text{ m}} = 0,75 \quad \text{Aus Diagramm:} \quad S_o = 1,5$$

$$S_o = \frac{F_R \cdot \psi^2}{\eta \cdot \omega \cdot d \cdot b}$$

$$\Leftrightarrow \eta = \frac{F_R \cdot \psi^2}{S_o \cdot \omega \cdot d \cdot b} = \frac{200.000 \text{ N} \cdot (0,0005)^2}{1,5 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{s} \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m}} = \frac{0,05 \text{ N s}}{1,507 \text{ m}^2}$$

$$\Leftrightarrow \eta = 0,0332 \frac{\text{N s}}{\text{mm}}$$

E-GL 2 Wie groß ist die theoretisch ideale Betriebsdrehzahl bei einer Viskosität von $\eta = 0,04$ Pa s und $h_{\min} = 0,004$ mm?

Lösung:

$$\omega_{i0} = 1,8 \cdot \frac{200.000 \text{ N} \cdot 0,0005 \cdot 0,004 \text{ mm}}{300 \text{ mm} \cdot (400 \text{ mm})^2 \cdot 4 \cdot 10^{-8} \frac{\text{N s}}{\text{mm}^2}}$$

$$\omega_{i0} = \frac{0,72 \text{ Nmm}}{1,92 \text{ N s mm}} = 0,375 \frac{1}{s} = 22,5 \frac{1}{\text{min}}$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

E-GL 3 Bei einem vergleichbaren Lager ist die zulässige Radialkraft im Betrieb nicht bekannt. Sie wissen, dass das Lager eine Sommerfeldzahl von $S_o = 3$ besitzt. Welche Radialkräfte sind für dieses Lager zulässig? ($\eta = 0,04 \text{ Pa s}$)

Lösung:

$$S_o = \frac{F_r \cdot \psi^2}{b \cdot d \cdot \eta \cdot \omega}$$

$$\Leftrightarrow F_R \leq \frac{b \cdot d \cdot \eta \cdot \omega \cdot S_o}{\psi^2} = \frac{0,3 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 0,04 \frac{\text{N s}}{\text{m}^2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1,33 \frac{1}{\text{s}} \cdot 3}{(0,0005)^2}$$

$$\Leftrightarrow F_R \leq 481.342,26 \text{ N}$$

Überprüfen des zul. mittl. Lagerdrucks!

$$p_m = \frac{F_R}{b \cdot d} = \frac{481.342,26 \text{ N}}{400 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}} = 4,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Problem: Die zul. Flächenpressung wird während dem Hochfahren überschritten.

Abhilfe: Kraft langsam erhöhen od. Lagerkonstruktion ändern

Alternative: $F_R \leq p_m \cdot b \cdot d$

$$F_R \leq 2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm} = 300.000 \text{ N}$$

Festlegen der max. Kraft auf 300.000 N

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Formeln

$$1 \text{ Pa s} = 1 \text{ N s/m}^2$$

Sommerfeldzahl

$$\psi = \frac{d_2 - d_1}{d_1} \approx \frac{s}{d} \quad S_o = \frac{p_m \cdot \psi^2}{\eta \cdot \omega} = \frac{F_r \cdot \psi^2}{b \cdot d \cdot \eta \cdot \omega} = \frac{F_r \cdot (s/d)^2}{b \cdot d \cdot \eta \cdot \omega} = \frac{F_r \cdot s^2}{b \cdot d^3 \cdot \eta \cdot \omega}$$

$$S_{o \min} = \frac{F_r \cdot s_{\min}^2}{b \cdot d^3 \cdot \eta \cdot \omega}$$

$$S_{o \max} = \frac{F_r \cdot s_{\max}^2}{b \cdot d^3 \cdot \eta \cdot \omega}$$

S_o = Sommerfeldzahl
 s_{\min} = Kleinstspiel
 s_{\max} = Größtspiel
 η = Dynamische Viskosität
 F_r = Radialkraft
 b = Lagerbreite
 d = Nenndurchmesser
 ω = Winkelgeschwindigkeit

$$p_m = \frac{F_r}{b \cdot d} = \frac{F_r}{d^2 \cdot (b/d)} \leq p_{m \text{ zul}}$$

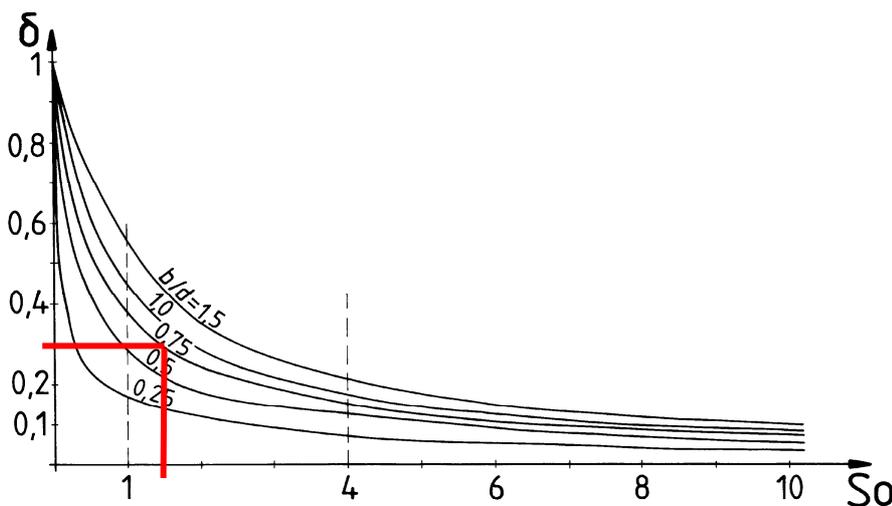
Werkstoff Lagerschale (Welle aus Stahl)	Zul. mittl. Lagerdruck $p_{m \text{ zul}}$ in N/mm ²	
	hydrodynamisch	Mischreibung
Bronze	20	0,5
Weißmetall	10	2,5
sonst. Kunststoffe (geschmiert)	1 - 2	0,5 - 1

Reibleistung P_R :

$$P_R = F_R \cdot v = \mu \cdot F_r \cdot \omega \cdot \frac{d}{2}$$

F_R = Reibkraft
 F_r = Radialkraft
 μ = Reibbeiwert

v = Relativgeschwindigkeit
 ω = Winkelgeschwindigkeit
 d = Nenndurchmesser



– Grenz-Übergangswinkelgeschwindigkeit

$$\omega_{ü0} = 1,8 \cdot \frac{F_r \cdot \psi \cdot h_{\min}}{b \cdot d^2 \cdot \eta}$$

F_r = Radialkraft
 ψ = Relatives Lagerpiel (s. oben)
 h_{\min} = Minimale Schmierfilmdicke
 b = Lagerbreite, d = Nenndurchmesser
 η = Dynamische Viskosität des Öls

Name: *Musterlösung*

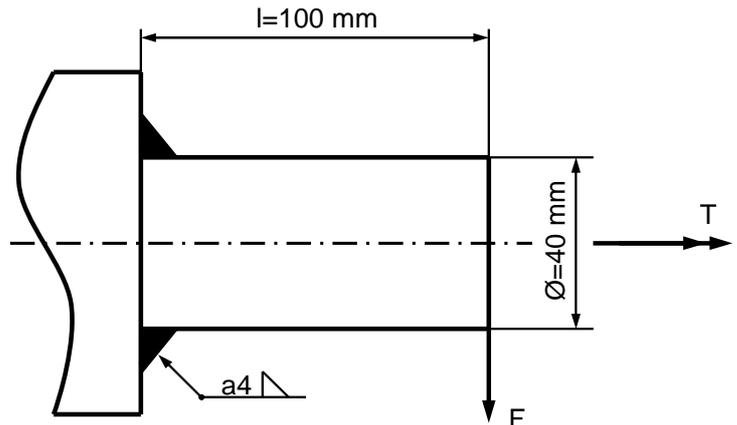
Matr.-Nr.:

Aufgabe E-SW (Schweißverbindungen)

Teilaufgabe	E-SW 1	Σ
Max. Pktzahl	9	9
Erreichte Pktzahl		

E-SW 1

Der abgebildete Träger aus Rundstahl, Werkstoff S235 (St 37), wird mit einer konstanten Kraft von $F = 3.250 \text{ N}$ und einem konstanten Drehmoment von $T = 100 \text{ Nm}$ belastet. Der Träger ist mit einer umlaufenden **Flachkehlnaht**, Bewertungsgruppe B, an ein Gestell geschweißt. Führen Sie den Spannungsnachweis durch. Beachten Sie dabei folgendes:



- Spannungsnachweis für die Schweißnaht und den Anschlussquerschnitt erforderlich (Werte für Zug/Druck verwenden); Sicherheit 1,5; sind die Teile ausreichend dimensioniert?
- Die Scherspannung kann vernachlässigt werden.
- Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte (s. nächste Seiten).

Lösung:

$$M_b = F \cdot l = 3.250 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm} = 325.000 \text{ Nmm}$$

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(40 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm})^4 - (40 \text{ mm})^4}{40 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm}} = 5.621,36 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{325.000 \text{ Nmm}}{5.621,36 \text{ mm}^3} = 57,82 \text{ N/mm}^2$$

$$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a} = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(40 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm})^4 - (40 \text{ mm})^4}{40 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm}} = 11.242,71 \text{ mm}^3$$

$$\tau_t = \frac{T}{W_p} = \frac{100.000 \text{ Nmm}}{11.242,71 \text{ mm}^3} = 8,89 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\sigma_v = \frac{(57,82 \text{ N/mm}^2 + \sqrt{(57,82 \text{ N/mm}^2)^2 + 4 \cdot (8,89 \text{ N/mm}^2)^2})}{2} = 59,16 \text{ N/mm}^2$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

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

$$\sigma_{\text{zulN}} = \frac{0,8 \cdot 0,35 \cdot 0,9 \cdot 300 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 50,4 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{\text{zulA}} = \frac{0,8 \cdot 0,56 \cdot 0,9 \cdot 300 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 80,64 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v \geq \sigma_{\text{zulN}} \rightarrow \text{Naht hält nicht!}$$

$$\sigma_v \leq \sigma_{\text{zulA}} \rightarrow \text{Anschluss hält!}$$

$$\alpha_0 = 0,8 \text{ (Bewertungsgruppe B)}$$

$$\alpha_N = 0,35 \text{ Wert aus Tabelle; Zug / Druck}$$

$$\alpha_A = 0,56 \text{ Wert aus Tabelle; Zug / Druck}$$

$$\sigma_{\text{Grenz}} = \sigma_{\text{bschw}} = 300 \text{ N/mm}^2 \text{ aus Tabelle für St37}$$

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

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
 $\beta = 0,9$ 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

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{b, sch}}$	$\sigma_{\text{b, w}}$	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
		$\alpha_{\text{N}} \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_{\text{N}} \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_{\text{A}} \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_{\text{A}} \cdot \sigma_{\text{w}}$	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		$\alpha_{\text{N}} \cdot \tau_{\text{sch N}}$ $\alpha_{\text{N}} \cdot \tau_{\text{w N}}$ 70..110 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbean- spruchung $\alpha_{\text{N}} \approx 0,5$	



Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

Aufgabe E-RK (Riemen und Ketten)

Teilaufgabe	E-RK 1	E-RK 2	E-RK 3	E-RK 4	E-RK 5	E-RK 6	Σ
Max. Pktzahl	0,5	0,5	1,5	2,5	1	2	8
Erreichte Pktzahl							

Der mechanische Lader (Kompressor) eines Pkws wird von der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors über ein einstufiges Riemengetriebe angetrieben. Der Lader soll bei einer Kurbelwellendrehzahl von 2.000 min^{-1} eine Drehzahl von $n_{\text{Nenn}} = 6.000 \text{ min}^{-1}$ haben. Die Nennleistung beträgt $P_{\text{Nenn}} = 5 \text{ kW}$. Wählen Sie einen für diese Aufgabe geeigneten Schmalkeilriemen aus. **Anmerkung:** Markieren Sie sämtliche Werte, die aus Tabellen entnommen werden! Eine Interpolation von Tabellenwerten ist nicht erforderlich!

E-RK 1

Welche Übersetzung i ist zu realisieren?

Lösung:

$$i = \frac{W_{\text{an}}}{W_{\text{ab}}} = \frac{2.000 \text{ min}^{-1}}{6.000 \text{ min}^{-1}} = 0,3$$

E-RK 2

Ermitteln Sie den Betriebsfaktor c_2 ! **Anmerkung:** Es ist von einer eher leichten Antriebs- und Arbeitsmaschine und einer täglichen Betriebsdauer von unter 10 h auszugehen!

Lösung:

$$c_2 = 1$$

E-RK 3

Markieren Sie den Betriebspunkt, der sich aus der zu übertragenden Leistung und der Drehzahl der kleinen Scheibe n_k ergibt, und legen Sie dann ein Riemenprofil fest!

Lösung:

$$P \cdot c_2 = 5 \text{ kW} \cdot 1 = 5 \text{ kW}$$

$$n_k = 6.000 \text{ min}^{-1}$$

→ Profil SPZ

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-RK stu 10.03.09 Bl. 2 v. 6 Name: Künne / Mitarbeiter

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

E-RK 4

Legen Sie den Wirkdurchmesser der kleinen Scheibe d_{wk} fest, wobei er so klein wie möglich zu wählen ist! Geben Sie auch die Nennleistung P_N für das Profil an!

Lösung:

$$d_{wk} = 63 \text{ mm}; \quad i^{-1} = 3; \quad n_k = 6.000 \text{ min}^{-1}$$

$$P_N = 3,08 \text{ kW}$$

E-RK 5

Geben Sie den Wirkdurchmesser der großen Scheibe d_{wg} an!

Lösung:

$$d_{wg} \approx \frac{1,015}{i} \cdot d_{wk} \approx \frac{1,015}{i} \cdot 63 \text{ mm} \approx 191,84 \text{ mm}$$

E-RK 6

Ermitteln Sie die Anzahl z der Riemen! **Anmerkung:** Als vorläufige Wirklänge des Riemens haben Sie $l_w^* = 876,91 \text{ mm}$ berechnet und für den endgültigen Achsabstand e kann ein Wert von $241,09 \text{ mm}$ angegeben werden!

Lösung:

$$z \geq \frac{P \cdot c_2}{P_N \cdot c_1 \cdot c_3} \quad l_w^* \approx l_w \Rightarrow l_w = 900 \text{ mm}$$

$$c_3 = 0,88$$

$$\frac{d_{wg} - d_{wk}}{e} = \frac{191,84 \text{ mm} - 63 \text{ mm}}{241,089 \text{ mm}} = 0,5344 \text{ mm} \Rightarrow c_1 = 0,92$$

$$z \geq \frac{P \cdot c_2}{P_N \cdot c_1 \cdot c_3} \geq \frac{5 \text{ kW} \cdot 1}{3,08 \text{ kW} \cdot 0,92 \cdot 0,88} \geq 2,005 \quad z = 3$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Auszüge aus dem Skript Maschinenelemente III, Riemen und Ketten, E III-12.13, -12.14 und -12.16:

Vorgehensweise nach DIN 7753:

1. Betriebsfaktor c_2 ermitteln, abhängig von:

- Antriebsmaschine
- Arbeitsmaschine
- täglicher Betriebsdauer

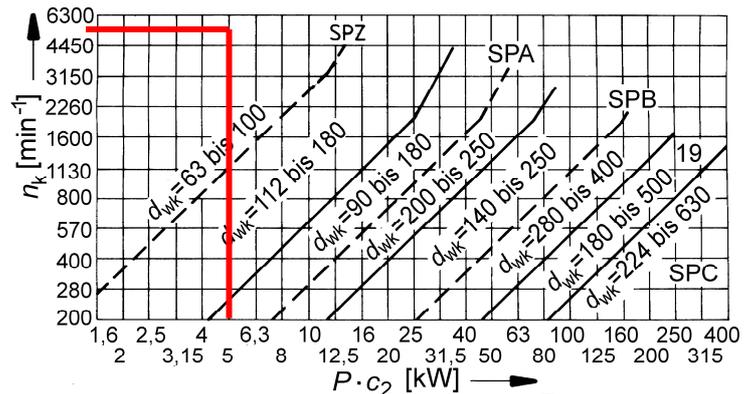
Arbeits- Maschinen	Antriebsmaschinen					
	leichter			schwerer		
	tägliche Betriebsdauer in h					
	bis 10	über 10	über 16	bis 10	über 10	über 16
Leichte Arbeitsmaschinen	1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Mittelschwere Arbeitsmasch.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Schwere Arbeitsmaschinen	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Sehr schwere Arbeitsmasch.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

/1/

2. Riemenprofil und Bereich des kleinen Scheibendurchmessers ermitteln,

abhängig von:

- Leistung $P \cdot c_2$ (c_2 s. o.)
- Drehzahl der kleinen Scheibe n_k



3. Wirkdurchmesser der kleinen Scheibe d_{wk} exakt festlegen (Lieferprogramm des Herstellers bzw. DIN 2211 (s. Tabellen nächste Seiten, linke Spalten)

SPZ	l_w	630	710	800	900	1000	1120
	c_3	0,82	0,84	0,86	0,88	0,9	0,93
SPA	l_w	1250	1400	1600	1800	2000	2240
	c_3	0,94	0,96	1	1,01	1,02	1,05
SPB	l_w	2500	2800	3150	3550		
	c_3	1,07	1,09	1,11	1,13		
SPC	l_w	800	900	1000	1120	1250	1400
	c_3	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,91
SPB	l_w	1600	1800	2000	2240	2500	2800
	c_3	0,93	0,95	0,96	0,98	1	1,02
SPB	l_w	3150	3550	4000	4500		
	c_3	1,04	1,06	1,08	1,09		
SPB	l_w	1250	1400	1600	1800	2000	2240
	c_3	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92
SPB	l_w	2500	2800	3150	3550	4000	4500
	c_3	0,94	0,96	0,98	1	1,02	1,04
SPB	l_w	5000	5600	6300	7100	8000	
	c_3	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	
SPC	l_w	2240	2500	2800	3150	3550	4000
	c_3	0,83	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94
SPC	l_w	4500	5000	5600	6300	7100	8000
	c_3	0,96	0,98	1	1,02	1,04	1,06
SPC	l_w	9000	10000	11200	12500		
	c_3						

$d_{wg} \approx i \cdot d_{wk}$ bzw. etwas genauer:

$d_{wg} \approx \frac{i}{1,015} \cdot d_{wk}$ (kleine Scheibe treibend)

$d_{wg} \approx \frac{1,015}{i} \cdot d_{wk}$ (große Scheibe treibend)

($i = \omega_{an} / \omega_{ab}$. Die getriebene Scheibe ("an") verliert immer an Drehzahl \Rightarrow etwas kleiner machen als nach der eingerahmten Formel.)

Falls möglich, Durchmesser nach DIN 2211 bzw. nach Lieferprogramm verwenden.

5. Vorläufiger Achsabstand

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

$$e^* = 0,9 \cdot (d_{wg} + d_{wk}) \quad (\text{soweit nicht anders festgelegt})$$

6. Vorläufige Wirklänge des Riemens

$$l_w^* = 2 \cdot e^* + 1,57 \cdot (d_{wg} + d_{wk}) + \frac{(d_{wg} - d_{wk})^2}{4 \cdot e^*}$$

	c_3	1,08	1,10	1,12	1,14		
19	l_w	1600	1800	2000	2240	2500	2800
	c_3	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,94
	l_w	3150	3550	4000	4500	5000	5600
	c_3	0,96	0,97	0,98	1	1,03	1,05
	l_w	6300	7100	8000	9000	10000	
	c_3	1,07	1,09	1,10	1,12	1,14	

7. Endgültige Wirklänge l_w wählen ($l_w \approx l_w^*$)
nach Tabelle rechts

8. Endgültiger Achsabstand $e = p + \sqrt{p^2 - q}$ mit

$$p = 0,25 \cdot l_w - 0,393 \cdot (d_{wg} + d_{wk})$$

$$q = 0,125 \cdot (d_{wg} - d_{wk})^2$$

9. Notwendige Verstellwege

- zum Nachspannen $x \geq 0,03 \cdot l_w$
- zum Montieren $y \geq 0,015 \cdot l_w$

10. Riemengeschwindigkeit

$$\frac{v}{[\text{m/s}]} = \frac{\frac{d_{wk}}{[\text{mm}]} \cdot \frac{n_k}{[\text{U/min}]}}{19.100} = \frac{\frac{d_{wg}}{[\text{mm}]} \cdot \frac{n_g}{[\text{U/min}]}}{19.100}$$

11. Nennleistung pro Riemen P_n ermitteln (s. Tabellen nächste Seiten), abhängig von

- Scheibendurchmesser d_{wk}
- Übersetzungsverhältnis i (kleine Scheibe treibend) bzw. $1/i$ (große Scheibe treibend)
- Drehzahl n_k

12. Winkelfaktor c_1 (und ggf. Umschlingungswinkel β_k) ermitteln,

abhängig von $\frac{d_{wg} - d_{wk}}{e}$ s. rechts

exakt: $\beta_k = 2 \cdot \arccos \frac{d_{wg} - d_{wk}}{2 \cdot e}$

$\frac{d_{wg} - d_{wk}}{e}$	Umschlingungswinkel β_k	Winkelfaktor c_1
0	180°	1
1,15	170°	0,98
0,35	160°	0,95
0,5	150°	0,92
0,7	140°	0,89
0,85	130°	0,86
1	120°	0,82
1,15	110°	0,78
1,3	100°	0,73
1,45	90°	0,68

13. Längenfaktor c_3 ermitteln (Tabelle siehe

- Berechnungsschritt 7), abhängig von
- gewähltem Riemenprofil
 - Wirklänge l_w

14. Anzahl z der Riemen festlegen

$$z \geq \frac{P \cdot c_2}{P_N \cdot c_1 \cdot c_3}$$

Wenn $z \gg 1$ oder $z \ll 1$ Rechnung ab Schritt 2 mit anderem Riemenprofil wiederholen. (Größtes Schmalkeilriemenprofil "Profil 19" siehe Normblatt)



Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Maßangaben zu den Profilen

	Riemenprofil - Kurzzeichen	Obere Riemenbreite $b_o \approx$	Wirkbreite (Nennmaß) b_w	Riemenhöhe $h \approx$	Richtdurchmesser der zugehörigen kleinsten zulässigen Scheiben nach DIN 2211 Teil 1 $d_{r \min}$
ummantelt	SPZ	9,7	8,5	8	63
flankenoffen gezahnt ¹⁾	XPZ	9,7	8,5	8	50
ummantelt	SPA	12,7	11,0	10	90
flankenoffen gezahnt ¹⁾	XPA	12,7	11,0	9	63
ummantelt	SPB	16,3	14,0	13	140
flankenoffen gezahnt ¹⁾	XPB	16,3	14,0	13	100
ummantelt	SPC	22,0	19,0	18	224
flankenoffen gezahnt ¹⁾	XPC	22,0	19,0	18	160

¹⁾ flankenoffene Riemen können auch da eingebaut werden, wo bisher ummantelte Riemen gefordert wurden

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

d_{wk} in mm	i oder i^{-1}	Drehzahl der kleinen Scheibe n_k in min^{-1}																					
		200	400	700	800	950	1200	1450	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000	4500	5000	5500	6000				
		Nennleistung P_N in kW																					
63	1	0,20	0,35	0,54	0,60	0,68	0,81	0,93	1,00	1,17	1,32	1,45	1,56	1,66	1,74	1,81	1,85	1,87	1,85				
	1,05	0,21	0,37	0,58	0,64	0,73	0,88	1,01	1,09	1,27	1,44	1,59	1,73	1,84	1,94	2,04	2,11	2,15	2,16				
	1,2	0,22	0,39	0,61	0,68	0,78	0,94	1,08	1,17	1,38	1,57	1,74	1,89	2,03	2,15	2,27	2,37	2,43	2,47				
	1,5	0,23	0,41	0,65	0,72	0,83	1,00	1,16	1,25	1,48	1,69	1,88	2,06	2,21	2,35	2,50	2,63	2,72	2,77				
	≥3	0,24	0,43	0,68	0,76	0,88	1,06	1,23	1,33	1,58	1,81	2,03	2,22	2,40	2,56	2,74	2,88	3,00	3,08				
71	1	0,25	0,44	0,70	0,78	0,90	1,08	1,25	1,35	1,59	1,81	2,00	2,18	2,33	2,46	2,59	2,68	2,73	2,74				
	1,05	0,26	0,46	0,74	0,82	0,95	1,14	1,32	1,43	1,69	1,93	2,15	2,34	2,51	2,67	2,82	2,94	3,02	3,05				
	1,2	0,27	0,49	0,77	0,87	1,00	1,20	1,40	1,51	1,79	2,05	2,29	2,51	2,70	2,87	3,05	3,20	3,30	3,36				
	1,5	0,28	0,51	0,81	0,91	1,04	1,26	1,47	1,59	1,90	2,18	2,43	2,67	2,88	3,08	3,28	3,45	3,58	3,67				
	≥3	0,29	0,53	0,85	0,95	1,09	1,33	1,55	1,68	2,00	2,30	2,58	2,83	3,07	3,28	3,51	3,71	3,86	3,98				
80	1	0,31	0,55	0,88	0,99	1,14	1,38	1,60	1,73	2,05	2,34	2,61	2,85	3,06	3,24	3,42	3,56	3,64	3,66				
	1,05	0,32	0,57	0,92	1,03	1,19	1,44	1,67	1,81	2,15	2,47	2,75	3,01	3,24	3,45	3,65	3,81	3,92	3,97				
	1,2	0,33	0,59	0,96	1,07	1,24	1,50	1,75	1,89	2,25	2,59	2,90	3,18	3,43	3,65	3,89	4,07	4,20	4,27				
	1,5	0,34	0,61	0,99	1,11	1,28	1,56	1,82	1,97	2,36	2,71	3,04	3,34	3,61	3,86	4,12	4,33	4,48	4,58				
	≥3	0,35	0,64	1,03	1,15	1,33	1,62	1,90	2,06	2,46	2,84	3,18	3,51	3,80	4,06	4,35	4,58	4,77	4,89				
90	1	0,37	0,67	1,09	1,21	1,40	1,70	1,98	2,14	2,55	2,93	3,26	3,57	3,84	4,07	4,30	4,46	4,55	4,56				
	1,05	0,38	0,69	1,12	1,26	1,45	1,76	2,06	2,23	2,65	3,05	3,41	3,73	4,02	4,27	4,53	4,71	4,83	4,87				
	1,2	0,39	0,71	1,16	1,30	1,50	1,82	2,13	2,31	2,76	3,17	3,55	3,90	4,21	4,48	4,76	4,97	5,11	5,17				
	1,5	0,40	0,74	1,19	1,34	1,55	1,88	2,20	2,39	2,86	3,30	3,70	4,06	4,39	4,68	4,99	5,23	5,39	5,48				
	≥3	0,41	0,76	1,23	1,38	1,60	1,95	2,28	2,47	2,96	3,42	3,84	4,23	4,58	4,89	5,22	5,48	5,68	5,79				
100	1	0,43	0,79	1,28	1,44	1,66	2,02	2,36	2,55	3,05	3,49	3,90	4,26	4,58	4,85	5,10	5,27	5,35	5,32				
	1,05	0,44	0,81	1,32	1,48	1,71	2,08	2,43	2,64	3,15	3,62	4,05	4,43	4,76	5,05	5,34	5,53	5,63	5,63				
	1,2	0,45	0,83	1,35	1,52	1,76	2,14	2,51	2,72	3,25	3,74	4,19	4,59	4,95	5,26	5,57	5,79	5,92	5,94				
	1,5	0,46	0,85	1,39	1,56	1,81	2,20	2,58	2,80	3,35	3,86	4,33	4,76	5,13	5,46	5,80	6,05	6,20	6,25				
	≥3	0,47	0,87	1,43	1,60	1,86	2,27	2,66	2,88	3,46	3,99	4,48	4,92	5,32	5,67	6,03	6,30	6,48	6,56				
112	1	0,51	0,93	1,52	1,70	1,97	2,40	2,80	3,04	3,62	4,16	4,64	5,06	5,42	5,72	5,99	6,14	6,16	6,05				
	1,05	0,52	0,95	1,55	1,74	2,02	2,46	2,88	3,12	3,73	4,28	4,78	5,23	5,61	5,92	6,22	6,40	6,45	6,36				
	1,2	0,53	0,98	1,59	1,78	2,07	2,52	2,95	3,20	3,83	4,41	4,93	5,39	5,79	6,13	6,45	6,65	6,73	6,66				
	1,5	0,54	1,00	1,63	1,83	2,12	2,58	3,03	3,28	3,93	4,53	5,07	5,55	5,98	6,33	6,68	6,91	7,01	6,97				
	≥3	0,55	1,02	1,66	1,87	2,17	2,65	3,10	3,37	4,04	4,65	5,21	5,72	6,16	6,54	6,91	7,17	7,29	7,28				
125	1	0,59	1,09	1,77	1,99	2,30	2,80	3,28	3,55	4,24	4,85	5,40	5,88	6,27	6,58	6,83	7,92	6,84	6,57				
	1,05	0,60	1,11	1,81	2,03	2,35	2,86	3,35	3,63	4,34	4,98	5,55	6,04	6,46	6,78	7,06	7,18	7,12	6,88				
	1,2	0,61	1,13	1,84	2,07	2,40	2,93	3,43	3,72	4,44	5,10	5,69	6,21	6,64	6,99	7,29	7,44	7,41	7,19				
	1,5	0,62	1,15	1,88	2,11	2,45	2,99	3,50	3,80	4,54	5,22	5,83	6,37	6,83	7,19	7,52	7,69	7,69	7,50				
	≥3	0,63	1,17	1,91	2,15	2,50	3,05	3,58	3,88	4,65	5,35	5,98	6,53	7,01	7,40	7,75	7,95	7,97	7,81				
140	1	0,68	1,26	2,06	2,31	2,68	3,26	3,82	4,13	4,92	5,63	6,24	6,75	7,16	7,45	7,64	7,60	7,34	6,81				
	1,05	0,69	1,28	2,09	2,35	2,73	3,32	3,89	4,21	5,02	5,75	6,38	6,92	7,35	7,66	7,87	7,86	7,62	7,12				
	1,2	0,70	1,30	2,13	2,39	2,77	3,39	3,96	4,30	5,13	5,87	6,53	7,08	7,53	7,86	8,10	8,12	7,90	7,43				
	1,5	0,71	1,32	2,17	2,43	2,82	3,45	4,04	4,38	5,23	6,00	6,67	7,25	7,72	8,07	8,33	8,37	8,18	7,74				
	≥3	0,72	1,34	2,20	2,47	2,87	3,51	4,11	4,46	5,33	6,12	6,81	7,41	7,90	8,27	8,56	8,63	8,47	8,04				
160	1	0,80	1,49	2,44	2,73	3,17	3,86	4,51	4,88	5,80	6,60	7,27	7,81	8,19	8,40	8,41	8,11	7,47	6,45				
	1,05	0,81	1,51	2,47	2,78	3,22	3,92	4,59	4,97	5,90	6,72	7,42	7,97	8,37	8,61	8,64	8,37	7,75	6,76				
	1,2	0,82	1,53	2,51	2,82	3,27	3,98	4,66	5,05	6,00	6,84	7,56	8,13	8,56	8,81	8,88	8,62	8,03	7,07				
	1,5	0,83	1,55	2,54	2,86	3,32	4,05	4,74	5,13	6,11	6,97	7,70	8,30	8,74	9,02	9,11	8,88	8,31	7,36				
	≥3	0,84	1,57	2,58	2,90	3,37	4,11	4,81	5,21	6,21	7,09	7,85	8,46	8,93	9,22	9,34	9,14	8,80	7,68				
180	1	0,92	1,71	2,81	3,15	3,65	4,45	5,19	5,61	6,63	7,50	8,20	8,71	9,01	9,08	8,81	8,11	6,93	5,22				
	1,05	0,93	1,74	2,84	3,19	3,70	4,51	5,26	5,69	6,74	7,63	8,35	8,88	9,20	9,29	9,04	8,36	7,21	5,53				
	1,2	0,94	1,76	2,88	3,23	3,75	4,57	5,34	5,77	6,84	7,75	8,49	9,04	9,38	9,49	9,28	8,62	7,49	5,84				
	1,5	0,95	1,78	2,92	3,28	3,80	4,63	5,41	5,86	6,94	7,87	8,63	9,21	9,57	9,70	9,51	8,88	7,77	6,15				
	≥3	0,96	1,80	2,95	3,32	3,85	4,69	5,49	5,94	7,04	8,00	8,78	9,37	9,75	9,90	9,74	9,14	8,06	6,45				
v in m/s ≈	5		10			15			20			25			30			35			40		
Scheibenwerkstoff	normal									hochfest													
Scheibenauswuchtung	statisch ausgewuchtet									dynamisch ausgewuchtet													

Nennleistung P_N für Profil SPZ (Stufenlinien sind Linien etwa gleicher Riemengeschwindigkeit v)

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

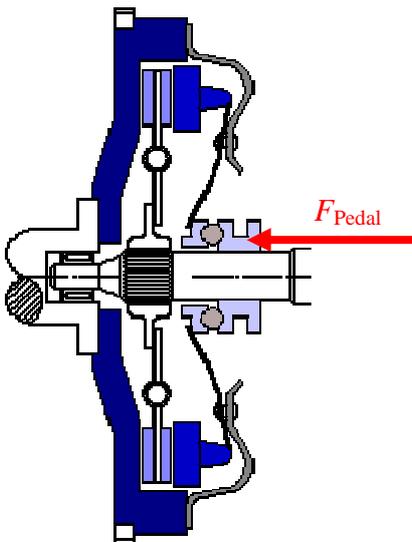
Aufgabe E KB (Kupplungen)

Teilaufgabe	E-KB 1	E-KB 2	E-KB 3	Σ
Max. Pktzahl	2	1	5	8
Erreichte Pktzahl				

Es soll eine reibschlüssige Schaltkupplung für einen leistungsstarken Pkw ausgelegt werden.

Im Katalog des Automobilherstellers finden Sie zwei charakteristische Leistungsangaben mit den dazugehörigen Drehzahlen:

- 1) 200 kW bei 6.000 min⁻¹
- 2) 115 kW bei 3.132 min⁻¹



[<http://www.kfz-tech.de/Reibungskupplung.htm>]

E-KB 1 Ermitteln Sie das maximale Drehmoment des Ottomotors des Pkws unter Zuhilfenahme der beiden obigen Katalogangaben!

Lösung:

$$P = M \cdot \omega \quad \Leftrightarrow \quad \frac{P}{\omega} = M$$

$$M_1 = \frac{P}{\omega} = \frac{200 \cdot 10^3 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{6000 \frac{1}{\text{min}}}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}} = 318,31 \text{ Nm}$$

$$M_2 = \frac{P}{\omega} = \frac{115 \cdot 10^3 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{3132 \frac{1}{\text{min}}}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}} = 350,63 \text{ Nm}$$

$$M_2 = 350,63 \text{ Nm} = M_{\text{max}}$$

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

E-KB 2 In der Kupplung kommen metallische Sinterbeläge zum Einsatz. Ermitteln Sie den Reibwert (worst-case-Betrachtung, d. h. kleinster Wert des angegebenen Bereichs!)

Reibpaarung	Reibwerte etwa	
	μ trocken	μ in Öl
St/St	-	0,003 ... 0,05
St/Sintermetall	0,15 ... 0,2	0,05
St/Kunstharz	0,25 ... 0,5	0,08 ... 0,12
St/Papier	-	0,1 ... 0,13

Lösung:

$$\mu = 0,15$$

E-KB 3 Die Kupplung soll nun in einen anderen Pkw eingebaut werden, dessen maximales Motormoment 300 Nm beträgt. Wie groß muss der mittlere Durchmesser der Kupplungsscheibe für diesen Pkw sein, damit das 1,3fache des maximalen Motordrehmomentes sicher übertragen werden kann? Die Pedalkraft F_{Pedal} darf 200 N nicht überschreiten. Aufgrund der Hebelübersetzung am Kupplungspedal nimmt die in der Kupplung wirkende Anpresskraft den 35fachen Wert an.

Lösung:

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

$$\Rightarrow 1,3 \cdot 300 \text{ Nm} = 200 \text{ N} \cdot 35 \cdot r_m \cdot 0,15 \cdot 2$$

$$\Leftrightarrow r_m = \frac{1,3 \cdot 300 \text{ Nm}}{200 \text{ N} \cdot 35 \cdot 0,15 \cdot 2}$$

$$\Rightarrow r_m = 0,186 \text{ m}$$

$$\Rightarrow d_m = 0,371 \text{ m}$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

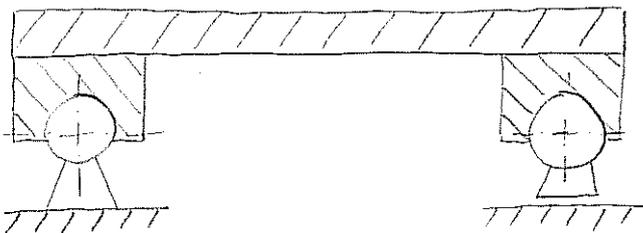
Aufgabe E FÜ (Führungen)

Teilaufgabe	E-FÜ 1	E-FÜ 2	Σ
Max. Pktzahl	2	2	4
Erreichte Pktzahl			

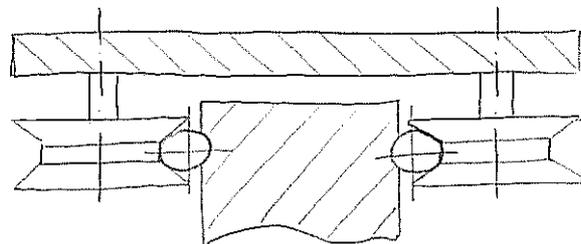
Für die Handhabung von Frontscheiben für PKW soll eine möglichst einfache und kostengünstig aufgebaute Handhabungsvorrichtung konstruiert werden. Die Frontscheiben sollen mit Hilfe eines Saugnapfes in eine Richtung transportiert werden.

E-FÜ 1 Welche Führungsarten sind für das Handhabungsgerät grundsätzlich geeignet? Benennen und skizzieren Sie zwei Führungssysteme für das Handhabungsgerät.

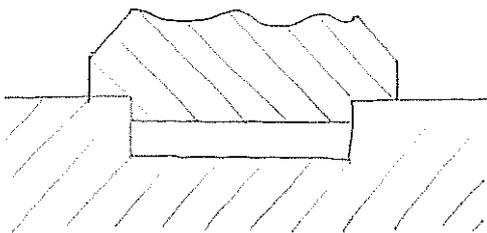
Lösung:



2 Rundführungen mit Linearkugellager und Kugelführung



Laufrollenführung



Flachführung als einfache Form der Gleitführung

E-FÜ 1 Erste Prototypenversuche haben gezeigt, dass der Saugnapf sehr empfindlich auf ruckartige Bewegungen reagiert. Welche Führungen würden Sie in diesem Fall auswählen? Begründen Sie Ihre Antwort.

Lösung:

Wälzführungen allen anderen Führungen vorziehen.

Vorteile:

- Rollreibung sehr gering
- kein Stick-Slip Effekt