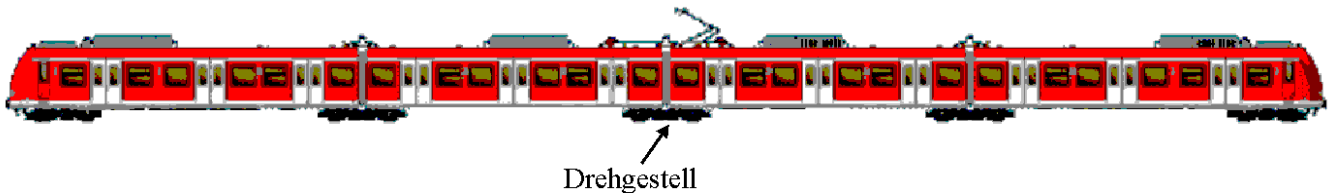


Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Aufgabe E FE

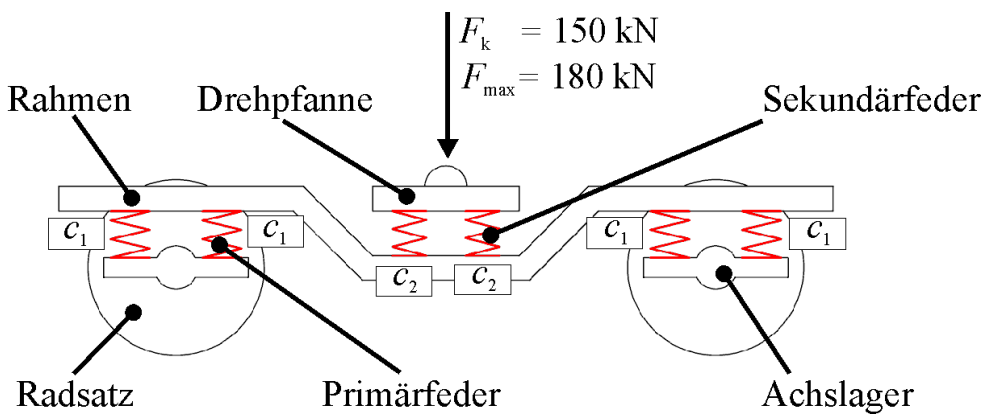
Teilaufgabe	E-FE 1	E-FE 2	E-FE 3	Σ
Max. Pktzahl	1	2,5	4,5	8
Erreichte Pktzahl				



Die Federung einer S-Bahn ist mit Schraubenfedern realisiert. Die untere Skizze zeigt den Aufbau eines Drehgestells schematisch: Die Radsätze werden über die Achslager und die Primärfedern mit dem Rahmen verbunden. Die Drehpfanne verbindet Drehgestell und Waggon. Zwischen Rahmen und Drehpfanne sind zusätzlich Sekundärfedern angeordnet.

E-FE 1


Geben Sie die Formeln für die Ersatzfederraten $c_{1\text{ges}}$ für alle Primärfedern und $c_{2\text{ges}}$ für alle Sekundärfedern des gesamten Drehgestells mit zwei Radsätzen an.



Lösung:

$$c_{1\text{ges}} = 4 \cdot c_1$$

$$c_{2\text{ges}} = 2 \cdot c_2$$

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-FE 16 kro 24.08.10 Bl. 2 v. 3 Name: Künne / Mitarbeiter

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

E-FE 2

Die Sekundärfedern sind so ausgelegt, dass Sie nur bis $F_k = 150$ kN (Komfortfall) wirken und bei größerer Kraft „auf Block“ liegen. Geben Sie die Gesamtfederrate für alle dargestellten Federn an:

- a) $c_{\text{ges k}}$ für $F < F_k$
b) $c_{\text{ges max}}$ für $F_k \leq F \leq F_{\text{max}}$

(Hinweis: Beachten Sie für Teil b) nur den weiteren Federweg)

Lösung:

- a) *Beide Federn wirken in Reihenschaltung*

$$c_{\text{ges k}} = \frac{c_{1\text{ges}} \cdot c_{2\text{ges}}}{c_{1\text{ges}} + c_{2\text{ges}}} \quad \text{oder} \quad \frac{1}{c_{\text{ges k}}} = \frac{1}{c_{1\text{ges}}} + \frac{1}{c_{2\text{ges}}}$$

- b) *Sekundärfedern vollständig eingefedert. Nur Primärfeder wirkt.*

$$c_{\text{ges max}} = c_{1\text{ges}}$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

E-FE 3

Bei der Maximallast von $F_{\max} = 180 \text{ kN}$ federt die gesamte Anordnung um insgesamt 65 mm ein. Die Sekundärfedern liegen bei $F_k = 150 \text{ kN}$ auf Block, wobei das Gesamtsystem bei dieser Beanspruchung um 60 mm abgesenkt wird.

- a) Zeichnen Sie die Gesamt-Federkennlinie in das Diagramm ein.

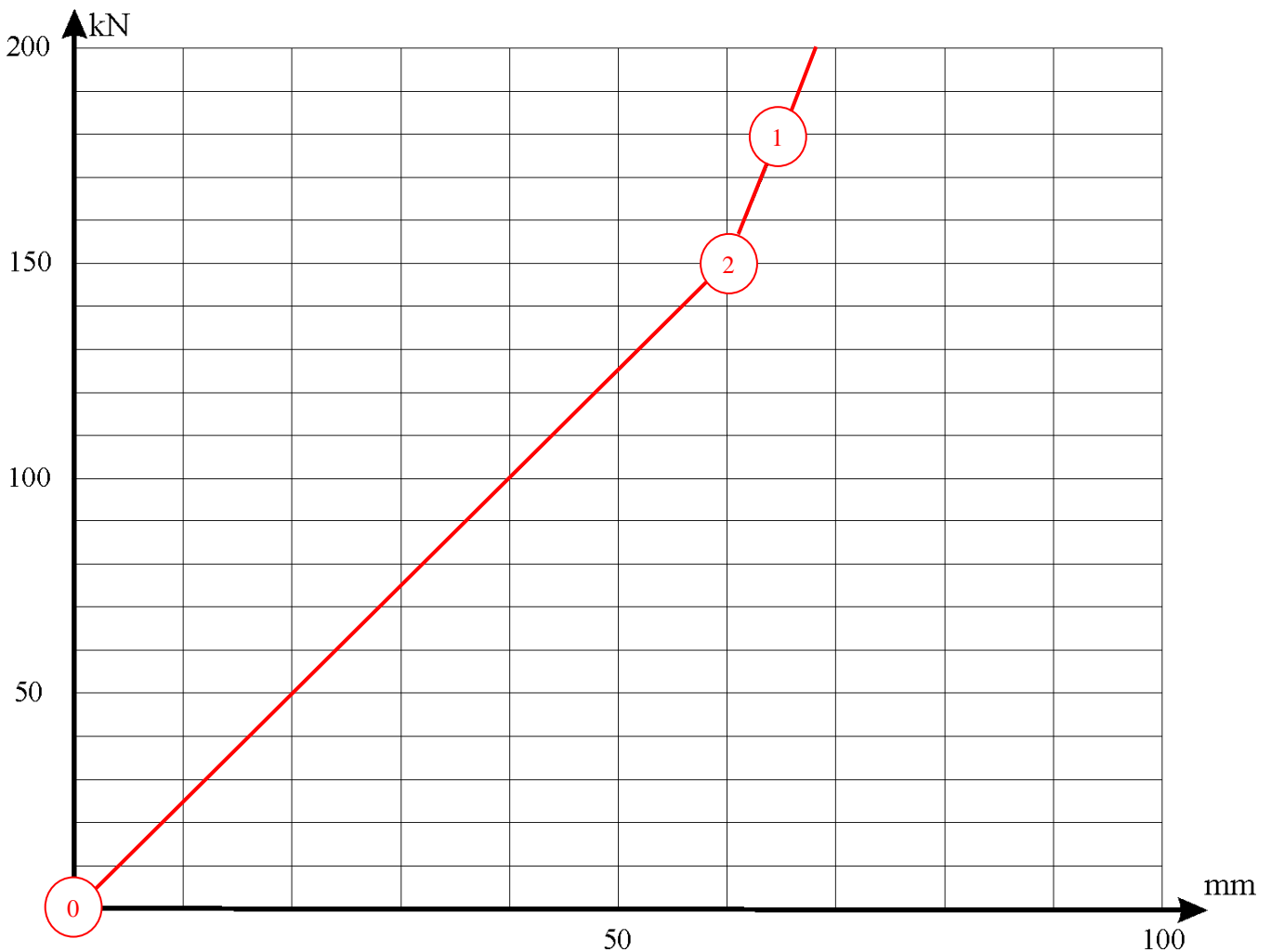
Ermitteln Sie die folgenden Werte rechnerisch unter Berücksichtigung der Werte gemäß Diagramm

- b) Welchen Betrag haben die Federraten c_1 und c_2 ?
c) Wie lang ist der maximale Federweg der Sekundärfedern $x_{2\max}$?

Lösung:

65 mm Federweg bei 180 kN → P1 eintragen

60 mm Federweg mit Primär und Sekundärfeder → P2 eintragen



Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Steigung der Verbindungslinie 2 → 1 ist c_1

$$F = c \cdot x$$

$$x_{21} = 5 \text{ mm} = \frac{\Delta F}{c_{\text{ges max}}} = \frac{30 \text{ kN}}{c_{1\text{ges}}} \Rightarrow c_{1\text{ges}} = \frac{30 \text{ kN}}{5 \text{ mm}} = 6 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

$$\text{mit } c_{1\text{ges}} = 4 \cdot c_1 \quad \Rightarrow c_1 = \frac{c_{1\text{ges}}}{4} = \frac{6 \text{ kN}}{4 \text{ mm}} = 1,5 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

Steigung der Verbindungslinie 0 → 2 ist $c_{\text{ges k}}$

$$x_{\text{ges k}} = 60 \text{ mm} = \frac{\Delta F}{c_{\text{ges k}}} = \frac{150 \text{ kN}}{c_{\text{ges k}}} \quad \Rightarrow c_{\text{ges k}} = \frac{150 \text{ kN}}{60 \text{ mm}} = \frac{5 \text{ kN}}{2 \text{ mm}}$$

$$\frac{1}{c_{\text{ges k}}} = \frac{1}{c_{1\text{ges}}} + \frac{1}{c_{2\text{ges}}} \quad \Rightarrow \frac{1}{c_{\text{ges k}}} - \frac{1}{c_{1\text{ges}}} = \frac{1}{c_{2\text{ges}}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\frac{5 \text{ kN}}{2 \text{ mm}}} - \frac{1}{6 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}} = \frac{1}{c_{2\text{ges}}} \quad \Rightarrow \frac{1}{c_{2\text{ges}}} = \frac{7}{30 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}} \Rightarrow c_{2\text{ges}} = \frac{30 \text{ kN}}{7 \text{ mm}}$$

$$\text{mit } c_{2\text{ges}} = 2 \cdot c_2 \quad \Rightarrow c_2 = \frac{c_{2\text{ges}}}{2} = \frac{30 \text{ kN}}{14 \text{ mm}}$$

Federweg der Sekundärfedern

$$F_k = c_{2\text{ges}} \cdot x_{2 \text{ max}}$$

$$\Rightarrow x_{2 \text{ max}} = \frac{F_k}{c_{2\text{ges}}} = \frac{150 \text{ kN} \cdot 7 \text{ mm}}{30 \text{ kN}} = 35 \text{ mm}$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

Aufgabe E SR (Schrauben)

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

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

Lösung:

- Spangebend („Gewinde schneiden“)
- Umformend (kalt oder warm)

E-SR 2 Welches dieser beiden Verfahren ist bei Standarderschrauben üblich

Lösung:

Umformend (kalt oder warm)

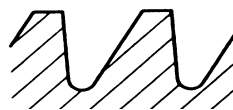
E-SR 3 Skizzieren Sie den Querschnitt eines Trapez-, Säge-, Rund- und Spitzgewindes. Nennen Sie für jedes dieser vier Gewinde einen typischen Anwendungsfall.

Lösung:



Trapezgewinde

Bewegungsgewinde für Spindeln usw. Für unbestimmte Kraftrichtung.



Sägewinde

Bewegungsgewinde für einseitig wirkende Kräfte, z. B. Hub- und Druckspindeln von Pressen.



Rundgewinde

Befestigungsgewinde für z. B. Fahrzeugkupplungen, Elektrogewinde



Spitzgewinde

Metrisches ISO-Gewinde (Regelgewinde DIN 13 T1, Feingewinde T2 bis T11): Befestigungsgewinde. Wegen großer Reibung am geeignetsten.

Name: *Musterlösung*

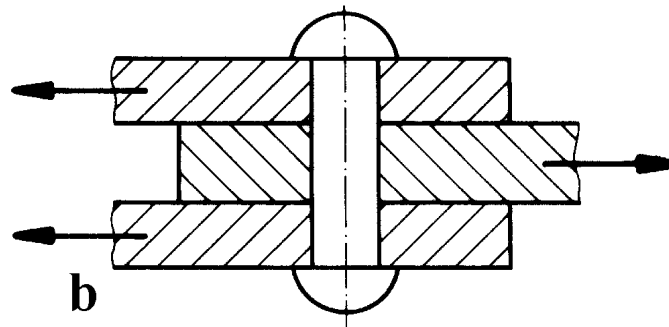
Matr.-Nr.:

Aufgabe E NT (Nieten)

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

E-NT 1 Skizzieren Sie eine zweischnittige Überlappungsnietung.

Lösung:



E-NT 2 Beschreiben Sie kurz die Vorgehensweise bei der Nietlochherstellung für eine **besonders hohe** Belastung. Gehen Sie dabei davon aus, dass in das Werkstück mehrere Nietlöcher eingebracht werden sollen.

Lösung:

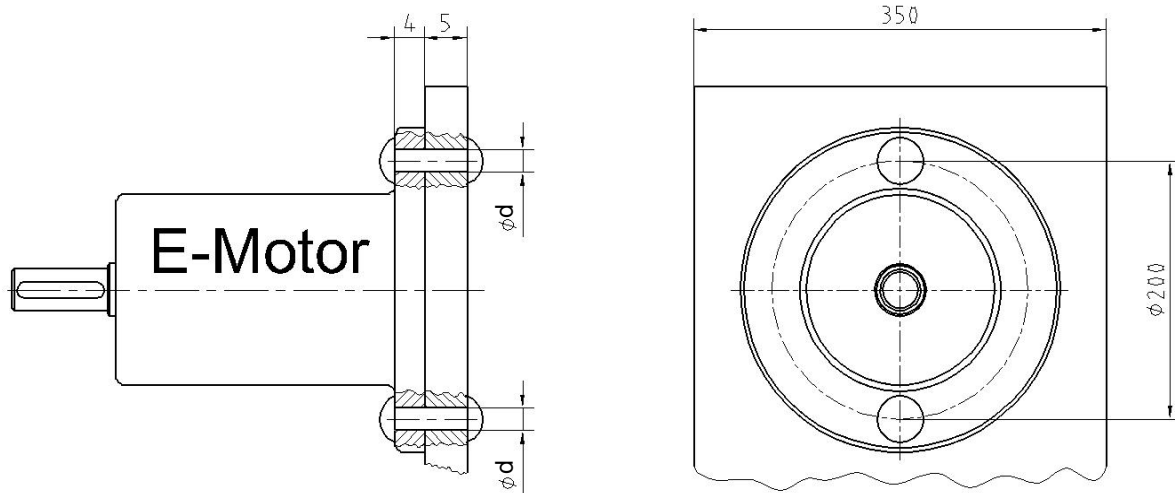
- *Risse im Werkstück vermeiden; selbst kleine Nietlöcher durch Bohren herstellen*
- *Nach dem Heften gemeinsam auf endgültigen Nietlochdurchmesser bearbeiten (Reiben), damit Nietlöcher fluchtend sind*
- *Herstellung des Nietlochs durch Stanzen vermeiden, da Rissbildung infolge hoher Druckkräfte; im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

E-NT 3 Die folgende Darstellung zeigt einen Elektromotor, der durch zwei Nieten mit einer Konsole verbunden ist. Die Gewichtskraft des Motors und evtl. auftretende Axial- und Radialkräfte am Flansch können vernachlässigt werden. Das maximale Drehmoment des Motors beträgt 200 Nm. Beide Nieten sollen identisch sein und aus dem Werkstoff St 44 bestehen. Verwenden Sie den Lastfall H.

Welchen Durchmesser müssen die Nieten mindestens aufweisen, damit das Drehmoment bei einer Sicherheit von 2 übertragen werden kann? Überprüfen Sie den Lochleibungsdruck **und** die Abscherspannung.

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:

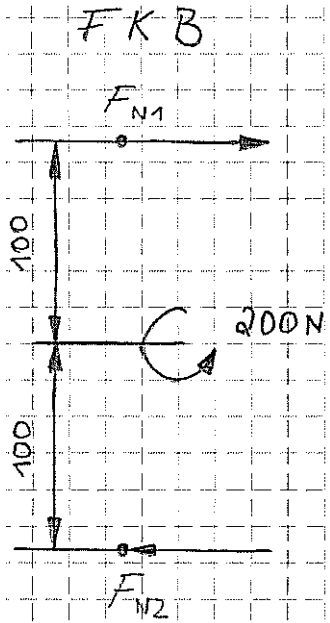
Werkstoff	$\tau_{a \text{ zul}}$		$\sigma_{l \text{ zul}}$	
	H	HZ	H	HZ
St 36	140	160	320	360
St 44	210	240	480	540

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

(Raum für die Bearbeitung der Aufgabe)

Lösung:



$$\sum \vec{F}_x = 0 = F_{N1} - F_{N2}$$

$$\Leftrightarrow F_{N1} = F_{N2} = F_N$$

$$\sum M_{F_{N2}} = 0 = -F_{N1} \cdot 200 \text{ mm} + 200 \text{ Nm}$$

$$\Leftrightarrow F_{N1} = \frac{200 \text{ Nm} \cdot 10^3 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$\Leftrightarrow F_{N1} = 1000 \text{ N} = F_N$$

Überprüfung des Lochleibungsdruckes:

$$\sigma_1 = \frac{1.000 \text{ N} \cdot 2}{1 \cdot d \cdot 4 \text{ mm}} \leq 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{500}{d} \leq \frac{480}{\text{mm}}$$

$$\Leftrightarrow 500 \text{ mm} \leq 480 \cdot d$$

$$\Leftrightarrow 1,04 \text{ m} \leq d$$

Überprüfung der Abscherspannung:

$$\tau_a = \frac{F \cdot 2}{n \cdot m \cdot A_{\text{Niet}}} \leq \tau_{a \text{ zul}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1.000 \text{ N} \cdot 2}{1 \cdot 1 \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}} \leq 210 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Leftrightarrow d^2 \geq \frac{2.000 \text{ mm}^2}{\frac{\pi}{4} \cdot 210}$$

$$\Leftrightarrow d^2 \geq 12,126 \Leftrightarrow d \geq 3,48$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.: -----

Aufgabe E GL (Gleitlager)

Teilaufgabe	E-GL 1	E-GL 2	E-GL 3	E-GL 4	E-GL 5	E-GL 6	Σ
Max. Pktzahl	1	1	1	2	2	1	8
Erreichte Pktzahl							

Die Betriebsbedingungen eines Radialgleitlagers sind durch die folgenden Größen gekennzeichnet:

Radialkraft:	$F_r = 100 \text{ kN}$	Wellendurchmesser:	$d_1 = d = 50 \text{ mm}$
Betriebsdrehzahl:	$n = 3.000 \text{ min}^{-1}$	Durchmesser Lagerschale	$d_2 = 50,1 \text{ mm}$
Lagernennbreite:	$b = 40 \text{ mm}$	Viskosität η :	$0,3 \text{ Ns/m}^2$
Material	Grauguss		

E-GL 1 Berechnen Sie die Sommerfeldzahl So .

Lösung:

$$So = \frac{p_m \cdot \psi^2}{\eta \cdot \omega} = \frac{F_R \cdot s^2}{b \cdot d^3 \cdot \eta \cdot \omega}$$

$$So = \frac{100.000 \text{ N} \cdot (0,1 \text{ mm})^2}{40 \text{ mm} \cdot (50 \text{ mm})^3 \cdot 3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Ns}}{\text{mm}^2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 3.000 \frac{1}{\text{min}} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}$$

$$So = 2,122$$

E-GL 2 Ermitteln Sie die relative Schmierfilmdicke δ

Lösung:

$$\frac{b}{d} = \frac{40 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 0,8 \quad \text{nach Diagramm} \quad \delta = 0,25 \dots 0,28$$

E-GL 3 Berechnen Sie die vorhandene Schmierfilmdicke h_{vorh} .

Lösung:

$$\delta = \frac{h_{\text{vorh}}}{h_{\text{max}}} = \frac{2 \cdot h_{\text{vorh}}}{d_2 - d_1}$$

$$\Rightarrow h_{\text{vorh}} = \frac{\delta \cdot (d_2 - d_1)}{2} = \frac{0,265 \cdot (50,1 \text{ mm} - 50 \text{ mm})}{2} = 0,01325 \text{ mm}$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

E-GL 4 Mit welcher Maximaldrehzahl n_{\max} kann das Lager betrieben werden, sodass gerade kein Wellentanz auftritt?

Lösung:

$$\delta_{\max} = 0,4 \quad \text{sonst Wellentanz}$$

$$\text{Aus Diagramm: } S_o = 1 \dots 1,1; \quad b/d = 0,8$$

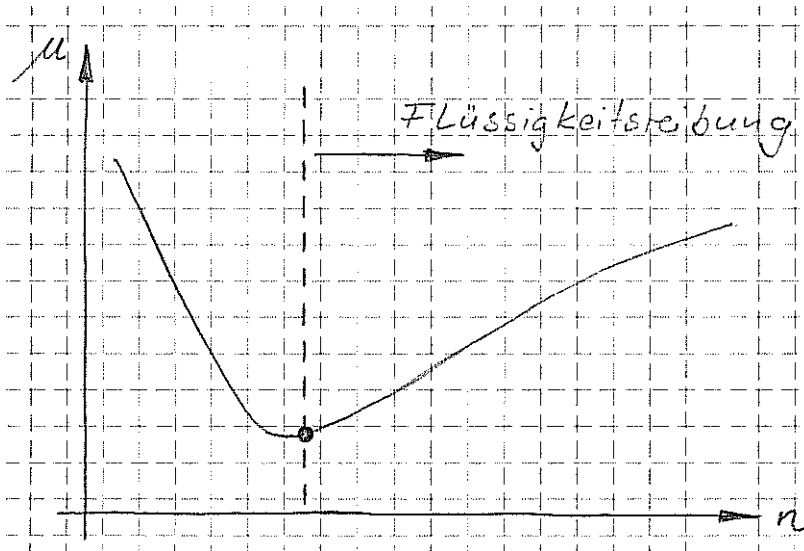
$$S_o = \frac{F_R \cdot s^2}{b \cdot d^3 \cdot \eta \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}$$

$$\Rightarrow n = \frac{F_R \cdot s^2}{b \cdot d^3 \cdot \eta \cdot 2 \cdot \pi \cdot S_o} = \frac{100.000 \text{ N} \cdot (0,1 \text{ mm})^2}{40 \text{ mm} \cdot (50 \text{ mm})^3 \cdot 3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Ns}}{\text{mm}^2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1}$$

$$\Rightarrow n = 106,1 \text{ s}^{-1} = 6.366,2 \text{ min}^{-1}$$

E-GL 5 Skizzieren Sie den prinzipiellen Verlauf der Stribeck-Kurve und kennzeichnen Sie den Bereich der Flüssigkeitsreibung.

Lösung:



E-GL 6 Nennen Sie vier Vorteile von Gleitlagern gegenüber Wälzlagern.

Lösung:

- geringe Reibbeiwerte
- unempf. gegen Stöße
- geteilte und ungeteilte Ausführung
- einfach im Aufbau

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

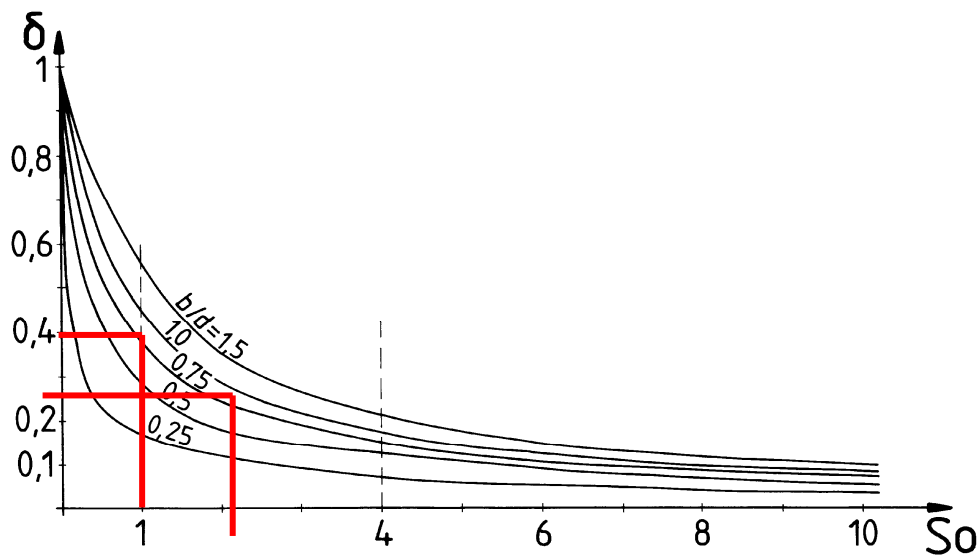
Formeln:

Sommerfeldzahl:
$$So = \frac{p_m \cdot \psi^2}{\eta \cdot \omega}$$

Relatives Lagerspiel:
$$\psi = \frac{s}{d}, \text{ mit } s = \text{absolutes bzw. mittleres Lagerspiel}$$

Absolutes Lagerspiel:
$$\delta = \frac{h_{\text{vorh}}}{h_{\text{max}}} = \frac{2 \cdot h_{\text{vorh}}}{d_2 - d_1}$$

Relative Schmierfilmdicke in Abhängigkeit der Sommerfeldzahl:



Empfohlener Betriebsbereich für Gleitlager

- $So < 1$ Schnellaufbereich; $\delta \approx 0,4$; ggf. Wellentanz
- $So > 4$ Schwerlastbereich; ggf. $h < h_{\text{min}}$, Mischreibung

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

Aufgabe E-SW (Schweißverbindungen)

	E-SW 1	E-SW 2	Σ
Max. Pktzahl	4	4	8
Erreichte Pktzahl			

E-SW 1 a) Nennen Sie jeweils **vier** Vor- und Nachteile einer Schweißverbindung gegenüber anderen Verbindungsverfahren!

Lösung:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • <i>universell anwendbar und werkstoffsparend</i> • <i>einfach, kostengünstig, gut automatisierbar</i> • <i>Fügen auch geringer Wanddicken möglich</i> • <i>Gut konstruktiv anpassungsfähig, hohe gestalterische Freiheit</i> • <i>Keine Gießform nötig → weniger Kosten</i> • <i>Stahl hat größeren E-Modul als Grauguss → höhere Steifigkeit</i> • <i>Keine Überlappungen (Gewichtseinsparung)</i> • <i>Keine Nietlöcher und damit keine Querschnittsschwächungen</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Eigenstressungen und Schrumpfungen</i> • <i>Korrosion</i> • <i>Besonders bei hochlegierten Stählen Versprödung</i> • <i>Schweißverbindungen bilden metallurgische Kerben, Kerbwirkung nur schwer erfassbar, da stark von Ausführung abhängig</i> • <i>Qualitätskontrolle schwierig</i> • <i>Hohe Anforderungen an Schweißer</i> • <i>Schweißaufwand bei großen Bauteilen und in Serienfertigung relativ hoch</i>

b) Welche **äußeren** Merkmale werden durch die Bewertungsgruppen B, C und D für Schweißverbindungen toleriert? Nennen Sie mindestens **vier**!

Lösung:

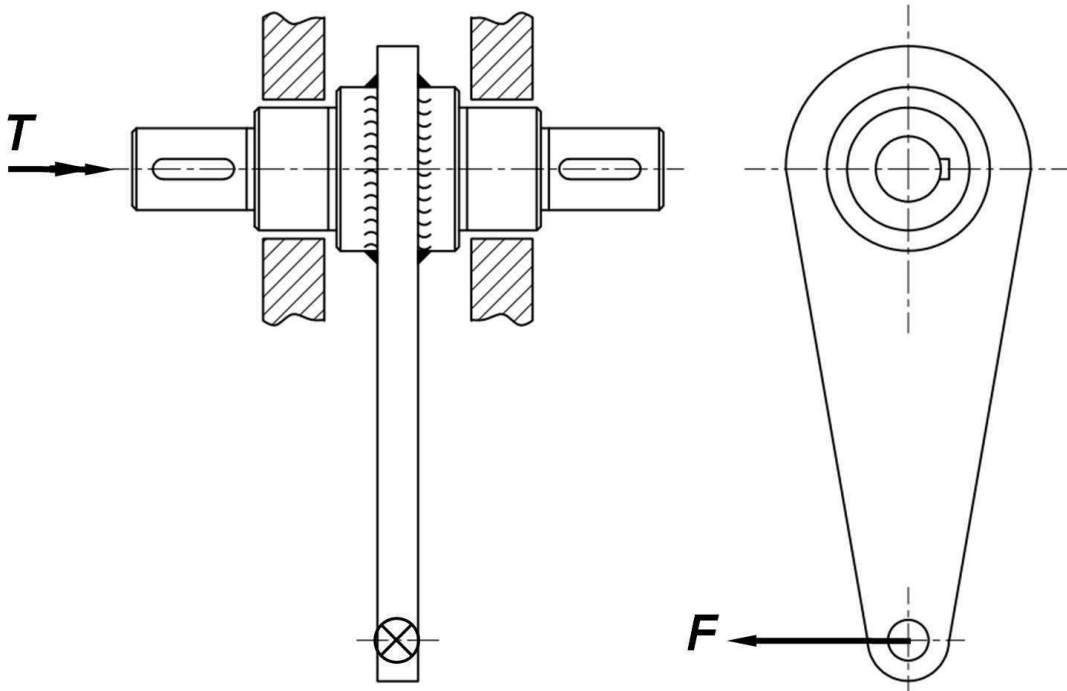
1.	<i>Nahtwölbung</i>
2.	<i>Kantenversatz</i>
3.	<i>Wurzelüberhöhung</i>
4.	<i>Nahtdickenunterschreitung</i>
5.	<i>Einbrandtiefe</i>

Weitere: *Ungleichschenkligkeit, sichtbare Poren, offene Endkrater und -lunker, Schlackeeinschlüsse, Wurzelkerben, äußere Risse*

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

E-SW 2 Für die unten dargestellte Welle aus S235 (St37) ist die maximal übertragbare Kraft F zu ermitteln. An den größten Wellenabsatz von $d = 35$ mm ist ein Hebel angeschlossen (Nahtdicke $a = 3$ mm, Bewertungsgruppe C). Der Hebelarm hat eine Länge von $l = 180$ mm. Die Sicherheit ist $S = 2$.



Lösung:

gegeben: Wellendurchmesser $d = 35$ mm
Nahtdicke $a = 3$ mm
Werkstoff: St 37
Hebelarmlänge $l = 180$ mm

Bewertungsgruppe C
schwellende Belastung
Sicherheit $S = 2$


Es gilt bei Torsionsbelastung:

$$\tau_t = \frac{T}{W_p} \Rightarrow T = F \cdot l = \tau_t \cdot W_p \Rightarrow F = \frac{\tau_t \cdot W_p}{l}$$

Laut Aufgabenstellung muss angenommen werden:

$$\tau_t = \tau_{zul N} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

Mit $\alpha_0 = 0,5$ (Bewertungsgruppe C), $\beta = 0,9$, und $\alpha_N \cdot \sigma_{Grenz} = \alpha_N \cdot \tau_{tsch N} = 70 \frac{N}{mm^2}$

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-SW smi 24.08.10 Bl. 3 v. 5 Name: Künne / Mitarbeiter

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

(Raum für die Bearbeitung der Aufgabe)

(beachte: Formulierung „mindestens“ in Aufgabenstellung!) folgt:

$$\tau_t = 15,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Siehe Formelsammlung:

$$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d+2a)^4 - d^4}{d+2a} \cdot 2 \quad (2 \text{ Schweißnähte})$$

$$\Rightarrow W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(35+2 \cdot 3)^4 - 35^4}{35+2 \cdot 3} \text{mm}^3 \cdot 2$$

$$\Rightarrow W_p = 12692,2 \text{mm}^3$$

$$F = \frac{\tau_t \cdot W_p}{L} = \frac{15,75 \text{N} \cdot 12692,2 \text{mm}^3}{\text{mm}^2 \cdot 180 \text{mm}} = 1110,6 \text{N}$$

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 schwellonder 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 schwellonder 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

= $\tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellonde 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:

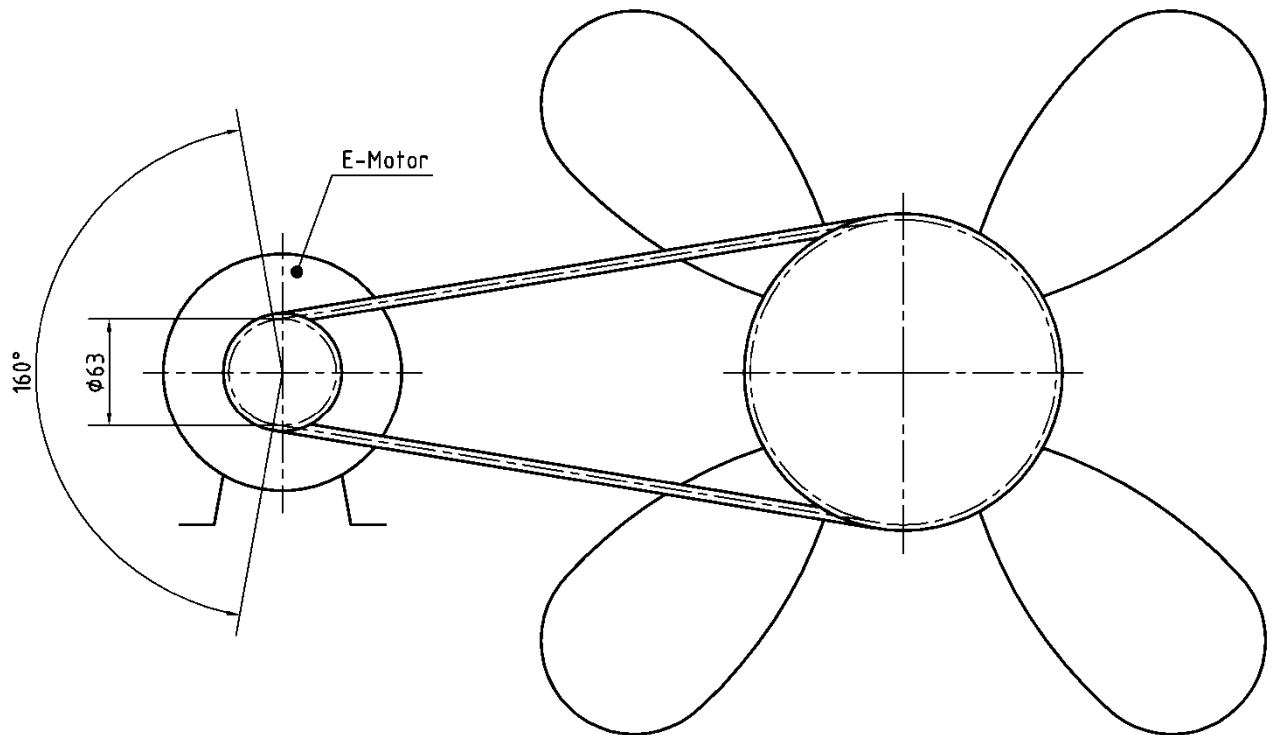
Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_N \cdot \sigma_w$	$\alpha_A \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_A \cdot \sigma_w$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	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		$\alpha_N \cdot \tau_{sch N}$ 70..110	$\alpha_N \cdot \tau_w N$ 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	E-RK 3		Σ
Max. Pktzahl	1	2,5	4,5		8
Erreichte Pktzahl					




Ein Lüfterrad soll von einem Elektromotor angetrieben werden. Hierzu ist ein Riemengetriebe auszulegen, das den Motor ($n_M = 2800 \text{ }^1/\text{min}$) den Lüfter im Betriebspunkt ($n_L = 900 \text{ }^1/\text{min}$, $M_L = 50 \text{ Nm}$) antreiben lässt.

Auf dem Motor ist eine Riemenscheibe mit einem Wirkdurchmesser von $d_{wk} = 63 \text{ mm}$ montiert.

Der Riementrieb hat eine Wirklänge von $l_w = 1120 \text{ mm}$ und einen Umschlingungswinkel an der Riemenscheibe des Motors von $\beta_k = 160^\circ$. Als scheinbarer Reibwert (Keilwirkung bereits berücksichtigt) kann $\mu_G = 3$ angenommen werden.

Der Elektromotor ist als leichte Antriebsmaschine und der Lüfter als leichte Arbeitsmaschine anzusehen, wobei ein 24 h Betrieb vorgesehen ist.

Aus Tabellen / Diagrammen entnommene Werte sind eindeutig zu markieren.

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-RK- pal 24.08.10 Seite 2 von 7 Name: Künne / Mitarbeiter

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

E-RK 1

Wählen Sie ein Riemenprofil aus, das den Anforderungen genügt.

Lösung:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M = 2 \cdot \pi \cdot 900 \frac{1}{\text{min}} \cdot 50 \text{ Nm} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ sec}} \approx 4.712,39 \text{ W}$$

$$c_2 = 1,2$$

$$P \cdot c_2 = 4.712,39 \text{ W} \cdot 1,2 \approx 5.654,87 \text{ W}$$

$$n_k = 2.800 \frac{1}{\text{min}}$$

Riemenprofil: **SPZ**

E-RK 2

Nennen Sie die Anzahl z der Riemen, die benötigt wird, um die Leistung zu übertragen.

Lösung:

$$n_k = n_{\text{an}} = 2.800 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{\text{ab}} = 900 \text{ min}^{-1}$$

$$i = \frac{n_{\text{an}}}{n_{\text{ab}}} = \frac{2.800 \text{ min}^{-1}}{900 \text{ min}^{-1}} \approx 3,11$$

$$d_{\text{wk}} = 63 \text{ mm}$$


$$c_1 = 0,95$$

$$c_2 = 1,2$$

$$c_3 = 0,93$$

$$P = 4.712,39 \text{ W}$$

$$z \geq \frac{P \cdot c_2}{P_N \cdot c_1 \cdot c_3} = \frac{4.712,39 \text{ W} \cdot 1,2}{2.030 \text{ W} \cdot 0,95 \cdot 0,93} \approx 3,15 \Rightarrow 4$$

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-RK- pal 24.08.10 Seite 3 von 7 Name: Künne / Mitarbeiter

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

E-RK 3

Berechnen Sie die Achskraft F_A , die auf die Welle des Elektromotors wirkt.

Lösung:

$$M_{\text{an}} = \frac{M_{\text{ab}}}{i} = \frac{50 \text{ Nm}}{3,11} = 16,07 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{an Grenz}} = \frac{d_k}{2} \cdot F_2 \cdot (e^{\mu_G \cdot \beta} - 1)$$

$$\Leftrightarrow F_2 = \frac{M_{\text{an Grenz}} \cdot 2}{d_k \cdot (e^{\mu_G \cdot \beta} - 1)} = \frac{16,07 \text{ Nm} \cdot 2}{0,063 \text{ m} \cdot (e^{3 \cdot 2,79} - 1)} \approx 0,1182 \text{ N}$$

$$F_{1 \text{ Grenz}} = F_2 \cdot e^{\mu_G \cdot \beta} = 0,1174 \text{ N} \cdot e^{3 \cdot 2,79} \approx 510,108 \text{ N}$$

$$F_A = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \beta}$$

$$F_A = \sqrt{(510,1)^2 \text{ N} + (0,1182)^2 \text{ N} - 2 \cdot 510,1 \text{ N} \cdot 0,1182 \text{ N} \cdot \cos 160^\circ} = 510,21 \text{ N}$$

Name: *Musterlösung*

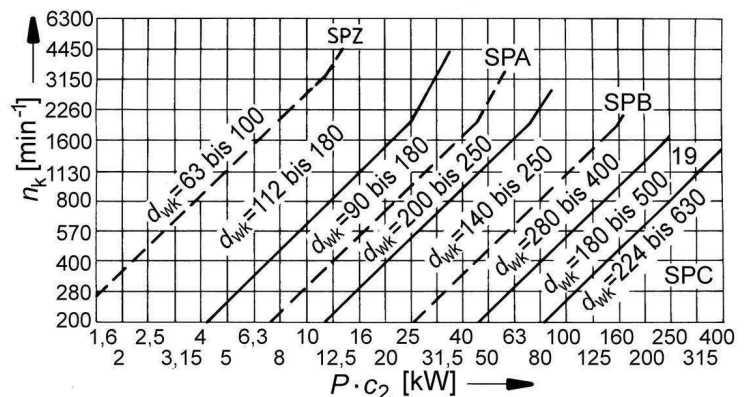
Matr.-Nr.: -----

Auszug aus den Vorlesungsumdrucken

Betriebsfaktor c_2

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

Riemenprofil und Bereich des kleinen Scheibendurchmessers



Wirklänge des Riemens l_w und Längenfaktor c_3

SPZ	l_w	630	710	800	900	1000	1120
	c_3	0,82	0,84	0,86	0,88	0,9	0,93
	l_w	1250	1400	1600	1800	2000	2240
SPA	c_3	0,94	0,96	1	1,01	1,02	1,05
	l_w	2500	2800	3150	3550		
	c_3	1,07	1,09	1,11	1,13		
SPB	l_w	800	900	1000	1120	1250	1400
	c_3	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,91
	l_w	1600	1800	2000	2240	2500	2800
SPC	c_3	0,93	0,95	0,96	0,98	1	1,02
	l_w	3150	3550	4000	4500		
	c_3	1,04	1,06	1,08	1,09		
19	l_w	1250	1400	1600	1800	2000	2240
	c_3	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92
	l_w	2500	2800	3150	3550	4000	4500
19	c_3	0,94	0,96	0,98	1	1,02	1,04
	l_w	5000	5600	6300	7100	8000	
	c_3	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	
19	l_w	2240	2500	2800	3150	3550	4000
	c_3	0,83	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94
	l_w	4500	5000	5600	6300	7100	8000
19	c_3	0,96	0,98	1	1,02	1,04	1,06
	l_w	9000	10000	11200	12500		
	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
19	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	

Winkelfaktor c_1

$\frac{d_{wg} - d_{wk}}{e}$	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

$$\text{Anzahl } z \text{ der Riemen: } z \geq \frac{P \cdot c_2}{P_N \cdot c_1 \cdot c_3}$$

$$\text{Achskraft: } F_A = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \beta}$$

$$\text{Seilreibung: } F_{1 \text{ grenz}} = F_2 \cdot e^{\mu_G \cdot \beta}$$

$$\text{Umfangskraft: } M_{\text{an grenz}} = \frac{d_R}{2} \cdot F_2 \cdot (e^{\mu_G \cdot \beta} - 1)$$

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: <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																	
90	1	0,43	0,75	1,17	1,30	1,48	1,76	2,02	2,16	2,49	2,77	3,00	3,16	3,26	3,29	3,24	3,07	2,77	2,34
	1,05	0,45	0,80	1,25	1,39	1,59	1,90	2,18	2,34	2,72	3,05	3,32	3,53	3,67	3,76	3,76	3,64	3,40	3,03
	1,2	0,47	0,85	1,34	1,49	1,70	2,04	2,35	2,53	2,96	3,33	3,64	3,90	4,09	4,22	4,28	4,22	4,04	3,72
	1,5	0,50	0,89	1,42	1,58	1,81	2,18	2,52	2,71	3,19	3,60	3,96	4,27	4,50	4,68	4,80	4,80	4,67	4,41
	≥ 3	0,52	0,94	1,50	1,67	1,92	2,32	2,69	2,90	3,42	3,88	4,29	4,83	4,92	5,14	5,32	5,37	5,31	5,10
100	1	0,53	0,94	1,49	1,65	1,89	2,27	2,61	2,80	3,27	3,67	3,99	4,25	4,42	4,50	4,48	4,31	3,97	3,46
	1,05	0,55	0,99	1,57	1,75	2,00	2,41	2,78	2,99	3,50	3,94	4,32	4,61	4,83	4,96	5,00	4,89	4,61	4,15
	1,2	0,57	1,03	1,65	1,84	2,11	2,54	2,95	3,17	3,73	4,22	4,64	4,98	5,25	5,43	5,52	5,46	5,24	4,84
	1,5	0,60	1,08	1,73	1,93	2,22	2,68	3,11	3,36	3,96	4,50	4,96	5,35	5,66	5,89	6,04	6,04	5,88	5,53
	≥ 3	0,62	1,131	1,81	2,02	2,33	2,82	3,28	3,54	4,19	4,78	5,29	5,72	6,08	6,35	6,56	6,62	6,51	6,22
112	1	0,64	1,18	1,86	2,07	2,38	2,86	3,31	3,57	4,18	4,71	5,15	5,49	5,72	5,85	5,83	5,61	5,16	4,47
	1,05	0,67	1,21	1,94	2,16	2,49	3,00	3,48	3,75	4,41	4,99	5,47	5,86	6,14	6,31	6,35	6,18	5,80	5,17
	1,2	0,69	1,26	2,02	2,26	2,60	3,14	3,65	3,94	4,64	5,27	5,79	6,23	6,55	6,77	6,87	6,76	6,43	5,86
	1,5	0,71	1,30	2,10	2,35	2,71	3,28	3,82	4,12	4,87	5,54	6,12	6,60	6,97	7,23	7,39	7,34	7,06	6,55
	≥ 3	0,74	1,35	2,18	2,44	2,82	3,42	3,98	4,30	5,11	5,82	6,44	6,96	7,38	7,69	7,91	7,91	7,70	7,24
125	1	0,77	1,40	2,25	2,52	2,90	3,50	4,06	4,38	5,15	5,80	6,34	6,76	7,03	7,16	7,09	6,75	6,11	5,14
	1,05	0,79	1,45	2,33	2,61	3,01	3,64	4,23	4,56	5,38	6,08	6,67	7,13	7,45	7,62	7,61	7,33	6,74	5,83
	1,2	0,82	1,50	2,42	2,70	3,12	3,78	4,40	4,75	5,61	6,36	6,99	7,49	7,86	8,08	8,13	7,90	7,37	6,52
	1,5	0,84	1,54	2,50	2,80	3,23	3,92	4,56	4,93	5,84	6,63	7,31	7,86	8,28	8,54	8,65	8,48	8,01	7,21
	≥ 3	0,86	1,59	2,58	2,89	3,34	4,06	4,73	5,12	6,07	6,91	7,63	8,23	8,69	9,01	9,17	9,06	8,64	7,91
140	1	0,92	1,68	2,71	3,03	3,49	4,23	4,91	5,29	6,22	7,01	7,64	8,11	8,39	8,48	8,27	7,69	6,71	5,28
	1,05	0,94	1,72	2,79	3,12	3,60	4,37	5,07	5,48	6,45	7,29	7,97	8,48	8,81	8,94	8,79	8,27	7,34	5,97
	1,2	0,96	1,77	2,87	3,21	3,71	4,50	5,24	5,66	6,68	7,56	8,29	8,85	9,22	9,40	9,31	8,85	7,98	6,66
	1,5	0,99	1,82	2,95	3,31	3,82	4,64	5,41	5,84	6,91	7,84	8,61	9,22	9,64	9,86	9,83	9,42	8,61	7,35
	≥ 3	1,01	1,86	3,03	3,40	3,93	4,78	5,58	6,03	7,14	8,12	8,94	9,59	10,05	10,32	10,35	10,00	9,25	8,05
160	1	1,11	2,04	3,30	3,70	4,27	5,17	6,01	6,47	7,60	8,53	9,24	9,72	9,94	9,87	9,34	8,28	6,62	4,31
	1,05	1,13	2,08	3,38	3,79	4,38	5,31	6,17	6,66	7,83	8,80	9,57	10,09	10,35	10,33	9,86	8,85	7,25	5,00
	1,2	1,15	2,13	3,46	3,88	4,49	5,45	6,34	6,84	8,06	9,08	9,89	10,46	10,77	10,79	10,38	9,43	7,88	5,70
	1,5	1,18	2,18	3,55	3,98	4,60	5,59	6,51	7,03	8,29	9,36	10,21	10,83	11,18	11,25	10,90	10,01	8,25	6,39
	≥ 3	1,20	2,22	3,63	4,07	4,71	5,73	6,68	7,21	8,52	9,63	10,53	11,20	11,60	11,72	11,42	10,58	9,15	7,08
180	1	1,30	2,39	3,89	4,36	5,04	6,10	7,07	7,62	8,90	9,93	10,67	11,09	11,15	10,81	9,78	7,99	5,38	1,88
	1,05	1,32	2,44	3,97	4,45	5,15	6,23	7,24	7,80	9,13	10,21	11,00	11,46	11,56	11,27	10,29	8,57	6,02	2,57
	1,2	1,34	2,49	4,05	4,54	5,25	6,37	7,41	7,99	9,37	10,49	11,32	11,83	11,98	11,73	10,81	9,15	6,65	3,26
	1,5	1,37	2,53	4,13	4,64	5,36	6,51	7,57	8,17	9,60	10,76	11,64	12,20	12,39	12,19	11,33	9,72	7,29	3,95
	≥ 3	1,39	2,58	4,21	4,73	5,47	6,65	7,74	8,35	9,83	11,04	11,96	12,56	12,81	12,65	11,85	10,30	7,92	4,64
200	1	1,49	2,75	4,47	5,01	5,79	7,00	8,10	8,72	10,13	11,22	11,92	12,19	11,98	11,25	9,50	6,75	2,89	
	1,05	1,51	2,79	4,55	5,10	5,89	7,14	8,27	8,90	10,37	11,49	12,24	12,56	12,40	11,71	10,02	7,33	3,52	
	1,2	1,53	2,84	4,63	5,19	6,00	7,27	8,44	9,08	10,60	11,77	12,56	12,93	12,81	12,17	10,54	7,91	4,16	
	1,5	1,55	2,89	4,71	5,29	6,11	7,41	8,61	9,27	10,83	12,05	12,89	13,30	13,23	12,63	11,06	8,48	4,79	
	≥ 3	1,58	2,93	4,79	5,38	6,22	7,55	8,77	9,45	11,06	12,32	13,21	13,67	13,64	13,09	11,58	9,06	5,43	
224	1	1,71	3,17	5,16	5,77	6,67	8,05	9,30	9,97	11,51	12,59	13,15	13,13	12,45	11,04	8,15	3,87		
	1,05	1,73	3,21	5,24	5,87	6,78	8,19	9,46	10,16	11,74	12,86	13,47	13,49	12,86	11,50	8,67	4,44		
	1,2	1,75	3,26	5,32	5,96	6,89	8,33	9,63	10,34	11,97	13,14	13,79	13,86	13,28	11,96	9,19	5,02		
	1,5	1,78	3,30	5,40	6,05	6,99	8,46	9,80	10,53	12,20	13,42	14,12	14,23	13,69	12,42	9,17	5,60		
	≥ 3	1,80	3,35	5,48	6,14	7,10	8,60	9,96	10,71	12,43	13,69	14,44	14,60	14,11	12,89	10,23	6,17		
250	1	1,95	3,62	5,88	6,59	7,60	9,15	10,53	11,26	12,85	13,84	14,13	13,62	12,22	9,83	5,29			
	1,05	1,97	3,66	5,97	6,68	7,71	9,29	10,69	11,44	13,08	14,12	14,45	13,99	12,64	10,29	5,81			
	1,2	1,99	3,71	6,05	6,77	7,82	9,43	10,86	11,63	13,31	14,39	14,77	14,36	13,05	10,75	6,33			
	1,5	2,02	3,75	6,13	6,87	7,93	9,56	11,03	11,81	13,54	14,67	15,10	14,73	13,47	11,21	6,85			
	≥ 3	2,04	3,80	6,21	6,96	8,04	9,70	11,19	12,00	13,77	14,95	15,42	15,10	13,88	11,67	7,36			
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 SPA (Stufenlinien sind Linien etwa gleicher Riemengeschwindigkeit v)

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	1800	2000	2200	2400	2800	3200	3600	4000	4500				
		Nennleistung P _N in kW																				
140	1	1,08	1,92	3,02	3,35	3,83	4,55	5,19	5,54	5,95	6,31	6,62	6,86	7,15	7,17	6,89	6,28	5,00				
	1,05	1,12	2,02	3,19	3,55	4,06	4,84	5,55	5,93	6,39	6,80	7,15	7,44	7,84	7,95	7,77	7,25	6,10				
	1,2	1,17	2,12	3,36	3,74	4,29	5,14	5,90	6,32	6,83	7,29	7,69	8,03	8,52	8,73	8,65	8,23	7,20				
	1,5	1,22	2,21	3,53	3,94	4,52	5,43	6,25	6,71	7,27	7,78	8,23	8,61	9,20	9,15	9,52	9,20	8,30				
	≥ 3	1,27	2,31	3,70	4,13	4,76	5,72	6,61	7,10	7,71	8,26	8,76	9,20	9,89	10,29	10,40	10,18	9,39				
160	1	1,37	2,47	3,92	4,37	5,01	5,98	6,86	7,33	7,89	8,38	8,80	9,13	9,52	9,53	9,10	8,21	6,36				
	1,05	1,41	2,57	4,10	4,57	5,24	6,28	7,21	7,72	8,33	8,87	9,33	9,71	10,20	10,31	9,98	9,18	7,46				
	1,2	1,46	2,66	4,27	4,76	5,47	6,57	7,56	8,11	8,77	9,36	9,87	10,30	10,89	11,09	10,86	10,16	8,55				
	1,5	1,51	2,76	4,44	4,96	5,70	6,86	7,92	8,50	9,21	9,85	10,41	10,88	11,57	11,87	11,74	11,13	9,65				
	≥ 3	1,56	2,86	4,61	5,15	5,93	7,15	7,27	8,89	9,65	10,33	10,94	11,47	12,25	12,65	12,61	12,11	10,75				
180	1	1,65	3,01	4,82	5,37	6,16	7,38	8,46	9,05	9,74	10,34	10,83	11,21	11,62	11,49	10,77	9,40	6,68				
	1,05	1,70	3,11	4,99	5,57	6,40	7,67	8,82	9,44	10,18	10,83	11,37	11,80	12,30	12,27	11,65	10,37	7,77				
	1,2	1,75	3,20	5,16	5,76	6,63	7,97	9,17	9,83	10,62	11,32	11,91	12,39	12,98	13,05	12,52	11,35	8,87				
	1,5	1,80	3,30	5,33	5,96	6,86	8,26	9,53	10,22	11,06	11,80	12,44	12,97	13,66	13,83	13,40	12,32	9,97				
	≥ 3	1,85	3,40	5,50	6,15	7,09	8,55	9,88	10,61	11,50	12,29	12,98	13,56	14,35	14,61	14,28	13,30	11,07				
200	1	1,94	3,54	5,69	6,35	7,30	8,74	10,02	10,70	11,50	12,18	12,72	13,11	13,41	13,01	11,83	9,77	5,85				
	1,05	1,99	3,64	5,86	6,55	7,53	9,04	10,37	11,09	11,94	12,67	13,25	13,69	14,10	13,79	12,71	10,75	6,95				
	1,2	2,03	3,74	6,03	6,75	7,76	9,33	10,73	11,48	12,38	13,155	13,79	14,28	14,78	14,57	13,59	11,72	8,04				
	1,5	2,08	3,84	6,21	6,94	7,99	9,62	11,08	11,87	12,82	13,64	14,33	14,86	15,46	15,36	14,46	12,70	9,14				
	≥ 3	2,13	3,93	6,38	7,14	8,23	9,91	11,43	12,26	13,26	14,13	14,86	15,45	16,14	16,14	15,34	13,68	10,24				
224	1	2,28	4,18	6,73	7,52	8,63	10,33	11,81	12,59	13,49	14,21	14,76	15,10	15,14	14,22	12,23	9,04	3,18				
	1,05	2,32	4,28	6,90	7,71	8,86	10,62	12,17	12,98	13,93	14,70	15,29	15,69	15,83	15,00	13,11	10,01	4,28				
	1,2	2,37	4,37	7,07	7,91	9,10	10,92	12,52	13,37	14,37	15,19	15,83	16,27	16,51	15,78	13,98	10,99	5,38				
	1,5	2,42	4,47	7,24	8,10	9,33	11,21	12,87	13,76	14,80	15,68	16,37	16,86	17,19	16,57	14,86	11,96	6,47				
	≥ 3	2,47	4,57	7,41	8,30	9,56	11,50	13,23	14,15	15,24	16,16	16,90	17,44	17,87	17,35	15,74	12,94	7,57				
250	1	2,64	4,86	7,84	8,75	10,04	11,99	13,66	14,51	15,47	16,19	16,68	16,89	16,44	14,69	11,48	6,63					
	1,05	2,69	4,96	8,01	8,94	10,27	12,28	14,01	14,90	15,91	16,68	17,21	17,47	17,13	15,47	12,36	7,61					
	1,2	2,74	5,05	8,18	9,14	10,50	12,57	14,37	15,29	16,35	17,17	17,75	18,06	17,81	16,25	13,23	8,58					
	1,5	2,79	5,15	8,35	9,33	10,74	12,87	14,72	15,68	16,78	17,66	18,28	18,65	18,49	17,03	14,11	9,56					
	≥ 3	2,83	5,25	8,52	9,53	10,97	13,16	15,07	16,07	17,22	18,15	18,82	19,23	19,17	17,81	14,99	10,53					
280	1	3,05	5,63	9,09	10,14	11,62	13,82	15,65	16,56	17,52	18,17	18,48	18,43	17,13	14,04	8,92	1,55					
	1,05	3,10	5,73	9,26	10,33	11,85	14,11	16,01	16,95	17,96	18,65	19,01	19,01	17,81	14,82	9,80	2,53					
	1,2	3,15	5,83	9,43	10,53	12,08	14,41	16,36	17,34	18,39	19,14	19,55	19,60	18,49	15,60	10,68	3,50					
	1,5	3,20	5,93	9,60	10,72	12,32	14,70	16,72	17,73	18,83	19,63	20,09	20,18	19,18	16,38	11,56	4,48					
	≥ 3	3,25	6,02	9,77	10,92	12,55	14,99	17,07	18,12	19,27	20,12	20,62	20,77	19,86	17,16	12,43	5,45					
315	1	3,53	6,53	10,51	11,71	13,40	15,84	17,79	18,70	19,56	20,00	19,97	19,44	16,71	11,47	3,40						
	1,05	3,58	6,62	10,68	11,91	13,63	16,13	18,15	19,09	20,00	20,49	20,51	20,03	17,39	12,25	4,28						
	1,2	3,63	6,72	10,85	12,11	13,86	16,43	18,50	19,48	20,44	20,97	21,05	20,61	18,07	13,03	5,16						
	1,5	3,68	6,82	11,02	12,30	14,09	16,72	18,85	19,87	20,88	21,46	21,58	21,20	18,76	13,81	6,04						
	≥ 3	3,73	6,92	11,19	12,50	14,32	17,01	19,21	20,26	21,32	21,95	22,12	21,78	19,44	14,59	6,91						
355	1	4,08	7,53	12,10	13,46	15,33	17,99	19,96	20,78	21,39	21,42	20,79	19,46	14,45	5,91							
	1,05	4,12	7,63	12,27	13,65	15,57	18,28	20,31	21,17	21,83	21,91	21,33	20,05	15,13	6,69							
	1,2	4,17	7,73	12,44	13,85	15,80	18,57	20,67	21,56	22,27	22,39	21,87	20,63	15,81	7,47							
	1,5	4,22	7,82	12,61	14,04	16,03	18,86	21,02	21,95	22,71	22,88	22,40	21,22	16,50	8,25							
	≥ 3	4,27	7,92	12,78	14,24	16,26	19,16	21,37	22,34	23,15	23,37	22,94	21,80	17,18	9,03							
400	1	4,68	8,64	13,82	15,34	17,39	20,17	22,02	22,62	22,76	22,07	20,46	17,87	9,37								
	1,05	4,73	8,74	13,99	15,53	17,62	20,46	22,37	23,01	23,19	22,55	21,00	18,46	10,05								
	1,2	4,78	8,84	14,16	15,73	17,85	20,75	22,72	23,40	23,63	23,04	21,54	19,04	10,74								
	1,5	4,83	8,94	14,33	15,92	18,09	21,05	23,08	23,79	24,07	23,53	22,07	19,63	11,42								
	≥ 3	4,87	9,03	14,50	16,12	18,32	21,34	23,43	24,18	24,51	24,02	22,61	20,21	12,10								
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 SPB (Stufenlinien sind Linien etwa gleicher Riemengeschwindigkeit v)

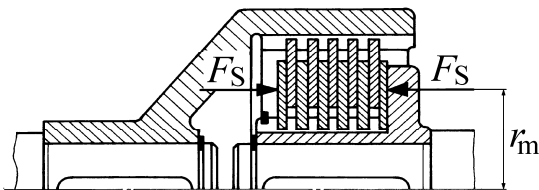
Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

Aufgabe E KB
(Kupplungen)

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

Im Automatikgetriebe eines Fahrzeugs ist eine Lamellenkupplung gemäß unten stehender Abbildung verbaut.



E-KB 1 Wie groß ist das maximal übertragbare Drehmoment, wenn die mit Hilfe eines Hydraulikzylinders aufgebrachte Schaltkraft F_S einen Wert von 5 kN annimmt? Die Kupplung ist ölgekühlt und besitzt einen mittleren Reibdurchmesser von $d_m = 250$ mm. In der Kupplung kommen metallische Sinterbeläge zum Einsatz.

Hilfe: $T_r = F_S \cdot r_m \cdot \mu \cdot z$

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:

$$F_S = 5 \text{ kN}; r_m = 0,125 \text{ m}; \mu = 0,05; z = 10$$

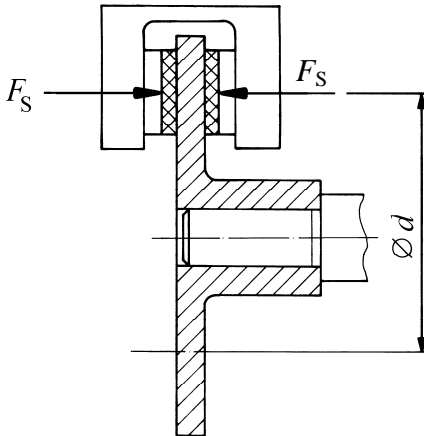
$$T_r = F_S \cdot r_m \cdot \mu \cdot z = 5.000 \text{ N} \cdot 0,125 \text{ m} \cdot 0,05 \cdot 10$$

$$T_r = 312,5 \text{ Nm}$$

Name: *Musterlösung*

Matr.-Nr.:

E-KB 2 Ein anderes Fahrzeug mit Automatikgetriebe und Hinterradantrieb verfügt über vier Scheibenbremsen mit je einem mittleren Reibdurchmesser von $d = 300$ mm. Jede Scheibenbremse besitzt einen Radbremszylinder, der die Kraft F_S gemäß nachfolgender Abbildung aufbringt.



Wie groß ist die Kraft F_S , die von jedem der vier Radbremszylinder aufgebracht werden muss, um das Fahrzeug an einer Ampel im Stillstand zu halten? Gehen Sie davon aus, dass der Motor bei Leerlaufdrehzahl arbeitet und in diesem Zustand ein Drehmoment von 30 Nm an die Eingangswelle des Automatikgetriebes geleitet wird. Es ist anzunehmen, dass der 1. Gang eingelegt ist, der eine Übersetzung von $i_1 = 3,5$ besitzt. Die Übersetzung des Hinterachsdifferentials beträgt $i_2 = 2,7$. Für die Reibzahl Bremsscheibe/Bremsbelag ist ein Wert von 0,38 anzunehmen.

Hilfe: $T_r = F_S \cdot r_m \cdot \mu \cdot z$

Lösung:

$$T_r = 30 \text{ Nm} \cdot 3,5 \cdot 2,7 = 283,5 \text{ Nm}$$

$$T_r = F_S \cdot r_m \cdot \mu \cdot z \Leftrightarrow \frac{T_r}{r_m \cdot \mu \cdot z} = F_S$$

$$\Rightarrow \frac{283,5 \text{ Nm}}{0,15 \text{ m} \cdot 0,38 \cdot 2} = F_S = 2.486,84 \text{ N}$$

$$F_{S \text{ Radbremszylinder}} = 621,71 \text{ N}$$