

# FACHPRÜFUNG

## MASCHINENELEMENTE

07.03.2005 - 09:00 bis 13:00 Uhr (4 Stunden)

<b>Bearbeiter:</b>
<b>Matr.-Nr. :</b>

**Umfang:**

Maschinenelemente I, II, III

(200 Punkte)

**$\Sigma = 200$  Punkte**

Die Klausur ist bestanden, wenn mindestens 80 Punkte erreicht wurden.

**Hinweise zur Bearbeitung:**

- Alle Blätter sind mit dem Namen und der Matrikel-Nr. zu beschriften. **Bei fehlender Beschriftung werden die Aufgaben ggf. nicht bewertet.**
- Alle Aufgaben sind auf den Aufgabenblättern zu bearbeiten. Zusätzliche Blätter sind beim Aufsichtspersonal erhältlich.
- **Zugelassene Hilfsmittel: Keine** (außer Taschenrechner, Schreib- und Zeichenwerkzeug)

**Bewertung:** (Nicht vom Bearbeiter auszufüllen)

E VE	E AW	E WN	E WL	E GL	E NT	E FE	E SW	E SR	E ZR	E RK	E KB	E FÜ	E GG	$\Sigma$
$P_{max}$ 5	$P_{max}$ 13	$P_{max}$ 9	$P_{max}$ 12	$P_{max}$ 9	$P_{max}$ 9	$P_{max}$ 4,5	$P_{max}$ 9	$P_{max}$ 4,5	$P_{max}$ 12	$P_{max}$ 9	$P_{max}$ 9	$P_{max}$ 6	$P_{max}$ 89	<b><math>P_{max}</math> 200</b>



	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	<b>Konstruktionselemente / Maschinenelemente</b> <b>Fachprüfung</b>	KL. E
			E-AW 13 han 05.03 Bl. 1 v. 1 Name: Künne / Mitarbeiter

Name:	Matr.-Nr.:
-------	------------

**Aufgabe E VE (Versagenskriterien)**

Teilaufgabe	E-VE 1	E-VE 2	$\Sigma$
<b>Max. Pktzahl</b>	2,5	2,5	5,0
<b>Erreichte Pktzahl</b>			

**Aufgabenstellung**

**E-VE 1**

Es werden zwei Verformungsarten unterschieden.

Benennen Sie diese beiden Verformungsarten und beschreiben Sie ihren wesentlichen Unterschied.

Welche(r) Werkstoffkennwert(e) sind maßgebend für das Verformungsverhalten?

**E-VE 2**

Es werden zwei Brucharten unterschieden.

Benennen Sie diese und beschreiben Sie die Bruchprozesse sowie das entstehende Bruchbild.

Welche(r) Werkstoffkennwert(e) sind maßgebend für das Bruchverhalten?

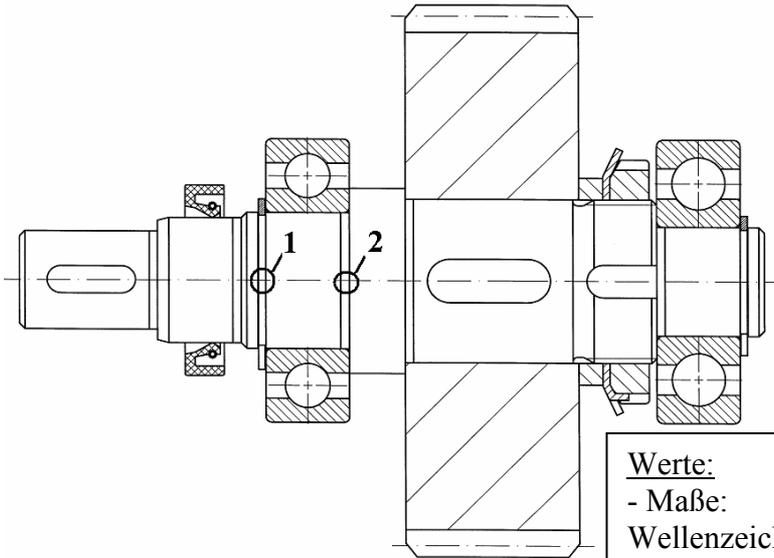
Name:

Matr.-Nr.:

**Aufgabe E AW**  
(Achsen und Wellen)

Teilaufgabe	E-AW 1	E-AW 2	E-AW 3	E-AW 4	$\Sigma$
Max. Pktzahl	3,0	4,0	5,0	1,0	13,0
Erreichte Pktzahl					

**Aufgabenstellung**



<u>Werte:</u>	
- Maße:	siehe Wellenzeichnung
- Gesamtkraft am Zahnrad, radial wirkend:	$F_r = 500 \text{ N}$
- Antriebsmoment:	$T = 65 \text{ Nm}$
- sonst. äußere Belastungen:	keine
- Sicherheitsbeiwert:	1,25
- Anstrengungsverhältnis:	$\alpha_0 = 0,7$

**E-AW 1**

Zeichnen Sie für die oben dargestellte Getriebewelle ein Freikörperbild in der oben dargestellten Lage; incl. der Bemaßung der Abstände (Abstände der Lager zum Zahnrad und zur Passfeder des linken Wellenzapfens).

Für das Freikörperbild sind als Wirkstellen der Kräfte jeweils der axiale Mittelpunkt der Lager bzw. der Passfeder zu wählen.

**E-AW 2**

Zeichnen Sie in Verbindung zu dem Freikörperbild die Kräfte- und Momentenverläufe.

**E-AW 3**

Prüfen Sie für die kritischere der beiden gekennzeichneten Stellen ① und ② mit Hilfe eines Spannungsnachweises, ob die Getriebewelle den gegebenen Belastungen standhält.

**E-AW 4**

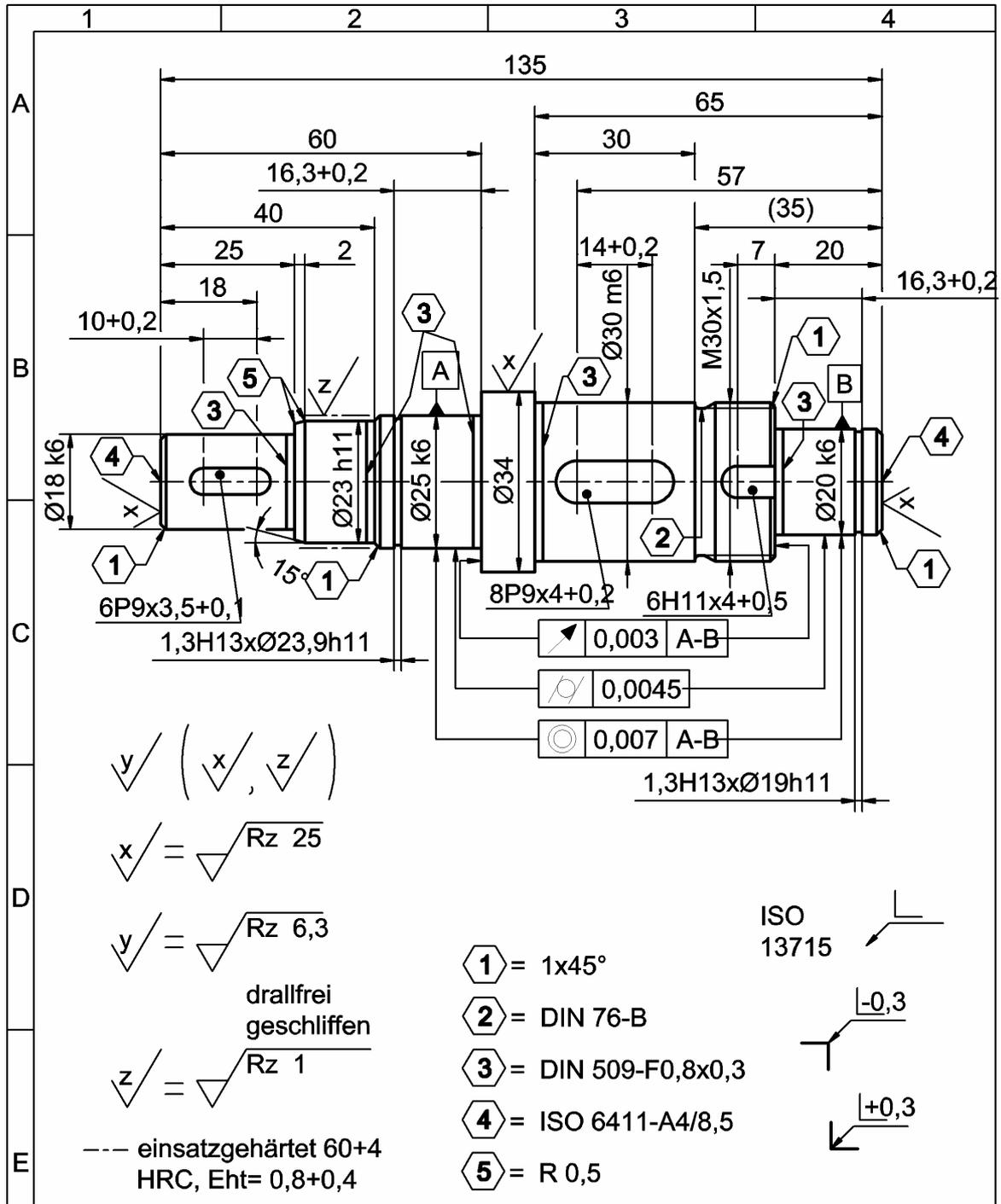
Begründen Sie warum die von Ihnen gewählte Stelle die kritischere ist.

---

Name:

Matr.-Nr.:

E-AW Wellenzeichnung



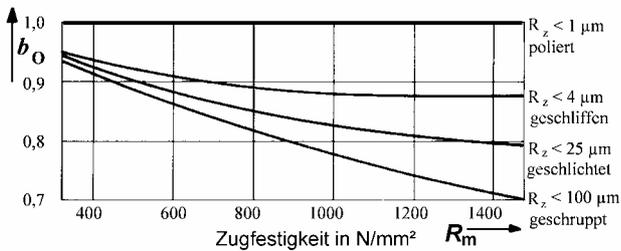
Name:

Matr.-Nr.:

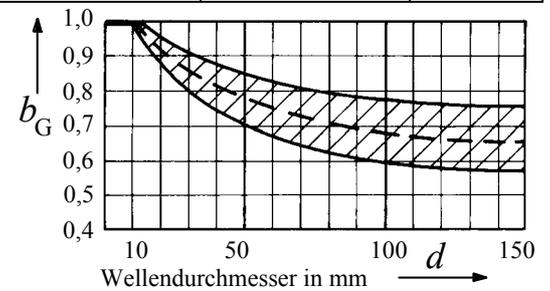
**E-AW** Formeln und Diagramme

$$\sigma_v = \sqrt{(\sigma_z + \sigma_b)^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot (\tau_t + \tau_s))^2}$$

$$\sigma_{zul} = \frac{b_G \cdot b_O \cdot \sigma_{b\text{grenz}}}{\beta_k \cdot S} = \frac{b_G \cdot b_O \cdot \sigma_{bw}}{\beta_k \cdot S}$$



Kerbenform		Kerbfaktor $\beta_k$
Welle glatt, poliert		1
Passfedernut, mit Fingerfräser gefertigt		2
Passfedernut, mit Scheibenfräser gefertigt		2
Rundkerbe, r/d = 0,1		2
Presssitz, Nabe steif		2
Presssitz, Nabe nachgiebig („entlastet“)		1,6
Sicherungsringnut		3



Dauerfestigkeitskennwerte N/mm²:

Werkstoff	$\sigma_{z\text{sch}}$	$\sigma_{z\text{sch}}$	$\sigma_{zw}$	$\sigma_{b\text{sch}}$	$\sigma_{bw}$	$\tau_{t\text{sch}}$	$\tau_{tw}$
St 37	340	240	175	340	200	170	140
St 42	410	260	190	360	220	180	150
St 50	490	300	230	420	260	210	180
St 60	570	340	270	470	300	230	210
St 70	670	370	320	520	340	260	240

Name:	Matr.-Nr.:
-------	------------

**Aufgabe E-WN**

Teilaufgabe	E-WN	$\Sigma$
Max. Pktzahl	9	9
Erreichte Pktzahl		

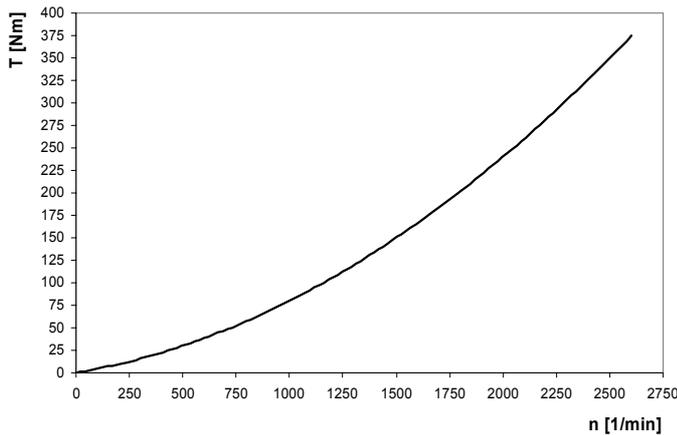
**E-WN** An der Abtriebswelle eines Boot-Außenbordmotors ist ein Propeller mit der in Bild 1 dargestellten Lastkennlinie aufgesetzt. Als Welle-Nabe-Verbindung (Bild 2) dient eine Querstiftverbindung (**Welle aus Edelstahl -> Festigkeit ersatzweise durch Werkstoff E360; Nabe aus GG, Stift nach DIN EN ISO 2338**). Der Otto-Motor liefert an der senkrecht liegenden Kurbelwelle eine **maximale Antriebsleistung von 110 kW bei 5000 min<sup>-1</sup>**. (Drehzahl bei 5000 min<sup>-1</sup> begrenzt). Zwischen Kurbelwelle und Abtriebswelle sitzt eine **Kegelradstufe mit  $i = 2$** .

Hält die Verbindung den maximal auftretenden Belastungen stand?

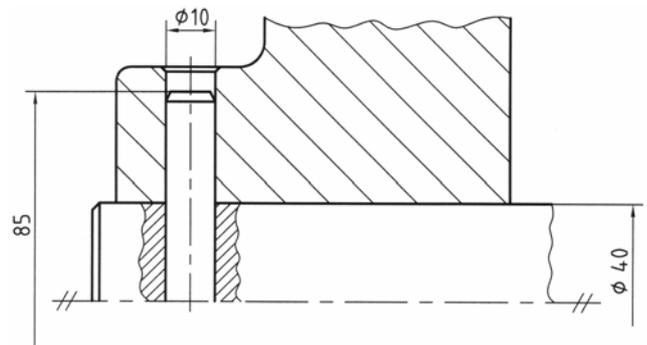
**Berechnen Sie dazu die Scherspannung  $\tau_s$  im Zylinderstift sowie die Flächenpressung in der Nabe  $p_a$  und vergleichen Sie die errechneten mit den zulässigen Werten. Zur Berechnung der Flächenpressung  $p_a$  sind folgende Annahmen zu berücksichtigen:**

- a) **die Kraft verteilt sich gleichmäßig auf die in Belastungsrichtung projizierte Stiftfläche,**
- b) **die Kraft wird konzentriert in einem Punkt angenommen, der sich in Radialrichtung mittig auf der projizierten Fläche befindet.**

(Hinweise: Wirkungsgrad der Getriebestufe  $\eta = 1$ )



**Bild 1:** Propellerkennlinie



**Bild 2:** Querstiftverbindung

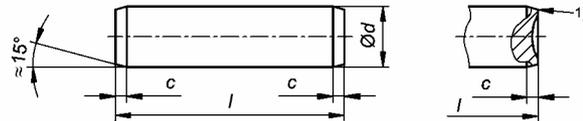
Name:

Matr.-Nr.:

**Auszüge aus Kühne, B.; Willms, U.: Konstruktionstabellen**

**Zylinderstifte aus ungehärtetem Stahl und austenitischem nichtrostendem Stahl DIN EN ISO 2338**

1) Radius und Einsenkung am Stiftende zulässig



<i>d</i>	m6/h8	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>
<i>c</i>	ca.	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,63	0,8	1,2	1,6	2	2,5	3	3,5	4	5	6,3	8
<i>l</i>	von bis	2 6	2 8	4 10	4 12	4 16	6 20	6 24	8 30	8 40	10 50	12 60	14 80	18 95	20 140	26 180	35 200	50 200	60 200	80 200	95 200

**Zulässige Scherspannung  $\tau_{zul}$  in N/mm<sup>2</sup>:**

Werkstoffbezeichnung des Stifts	Werkstoff	Norm	Krafteinleitung		
			ruhend	schwellen d	wechseln d
Stahl	S235JR (St37)	DIN EN 10025	140	110	70
Automatenstahl	11SMnPb30+C	DIN EN 10277-3	160	120	80
Federstahl	56Si7	DIN EN 10132-4	720	540	360
Austenitischer nichtrostender Stahl	A1	ISO 3506-1	140	105	70
Martensitischer nichtrostender Stahl	C1	ISO 3506-1	167	125	85

**Zulässige Flächenpressung der Bauteile  $p_{zul}$  in N/mm<sup>2</sup>:**

Bauteilwerkstoff	$p_{zul}$ in N/mm <sup>2</sup>		
	ruhend	schwellen d	wechseln d
CuSn, CuZn	30	20	15
EN-GJL (GG)	70	50	30
GS	80	60	40
S235JR (St37)	85	65	50
E295 (St50)	120	90	60
E335 (St60)	150	105	65
E360 (St70); geh. St	180	120	70

Name:

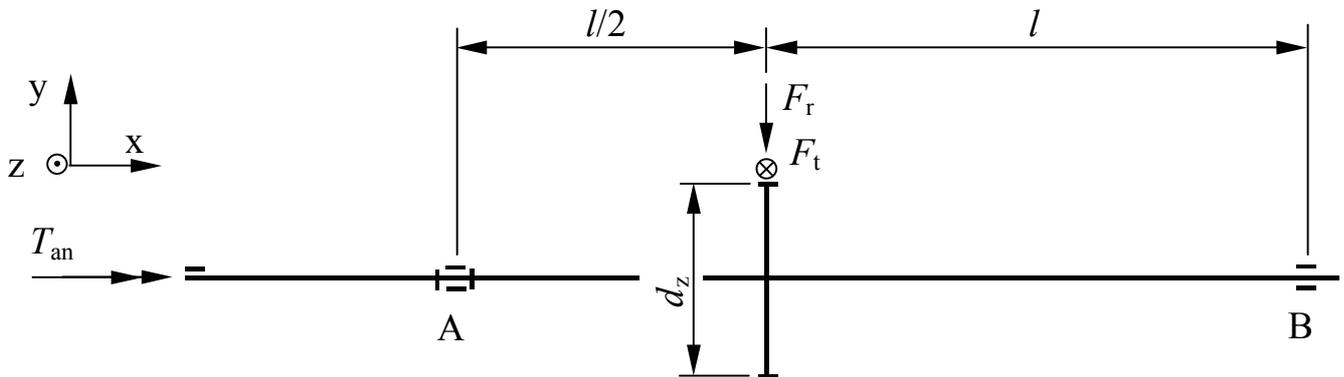
Matr.-Nr.:

**Aufgabe E-WL**

Teilaufgabe	E-WL	$\Sigma$
Max. Pktzahl	12	12
Erreichte Pktzahl		

**E-WL** Für das Festlager (A) der Antriebswelle eines Zahnradgetriebes (siehe Skizze) ist ein geeignetes **Rillenkugellager mit zwei Dichtscheiben (Bauart .2RSR)** aus dem **Lagerkatalog (siehe Anlage)** auszuwählen. Dabei ist der **Innendurchmesser des Lagers möglichst klein** zu halten. Das Lager soll für eine Betriebsdauer  $L_{h10} = 14.000$  h bemessen werden. Führen Sie die notwendigen Berechnungen durch, und **markieren Sie Ihre Auswahl deutlich in der Tabelle!**

Das maximal zu erwartende Antriebsmoment  $T_{an} = 132$  Nm ergibt sich bei einer Maximalleistung von **71,88 kW**. Das geradzahnnte Stirnrad ( $d_z = 100$  mm) weist einen Regeleingriffswinkel  $\alpha_R = 20^\circ$  auf.  $l = 200$  mm.



**Auszug aus Lagerkatalog zu E-WL 1**

Lager	d [mm]	D [mm]	B [mm]	C [kN]	C <sub>0</sub> [kN]	Grenzdrehzahl [1/min]
6008.2RSR	40	68	15	16,6	11,6	6700
6208.2RSR	40	80	18	29	18	5600
6308.2RSR	40	90	23	42,5	25	5000
6009.2RSR	45	75	16	20	14,3	6000
6209.2RSR	45	85	19	31	20,4	5300
6309.2RSR	45	100	25	53	31,5	4500
6010.2RSR	50	80	16	20,8	15,6	5600
6210.2RSR	50	90	20	36,5	24	4800
6310.2RSR	50	110	27	62	38	4000

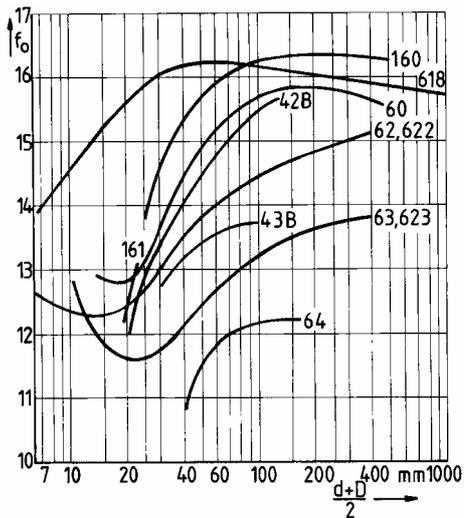
Name:

Matr.-Nr.:

**Auszug aus den Vorlesungsumdrucken und einem Lagerkatalog:**

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

$$L_{10U} = L_U = \left( \frac{C}{P} \right)^p \cdot 10^6 \text{ Umdrehungen}$$



Kennwert	Grenze	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
$\frac{f_0 \cdot F_a}{C_0}$	e				
0,3	0,22	1	0	0,56	2
0,5	0,24	1	0	0,56	1,8
0,9	0,28	1	0	0,56	1,5
1,6	0,32	1	0	0,56	1,4
3	0,36	1	0	0,56	1,2
6	0,43	1	0	0,56	1

Name:	Matr.-Nr.:
-------	------------

**Aufgabe E NT (Nieten)**

Teilaufgabe	E-NT 1	E-NT 2	E-NT 3	$\Sigma$
<b>Max. Pktzahl</b>	2	2	5	<b>9</b>
<b>Erreichte Pktzahl</b>				

**E-NT 1** Wie kann eine **kraftschlüssige** Nietverbindung hergestellt werden? Erläutern Sie kurz die Vorgehensweise.

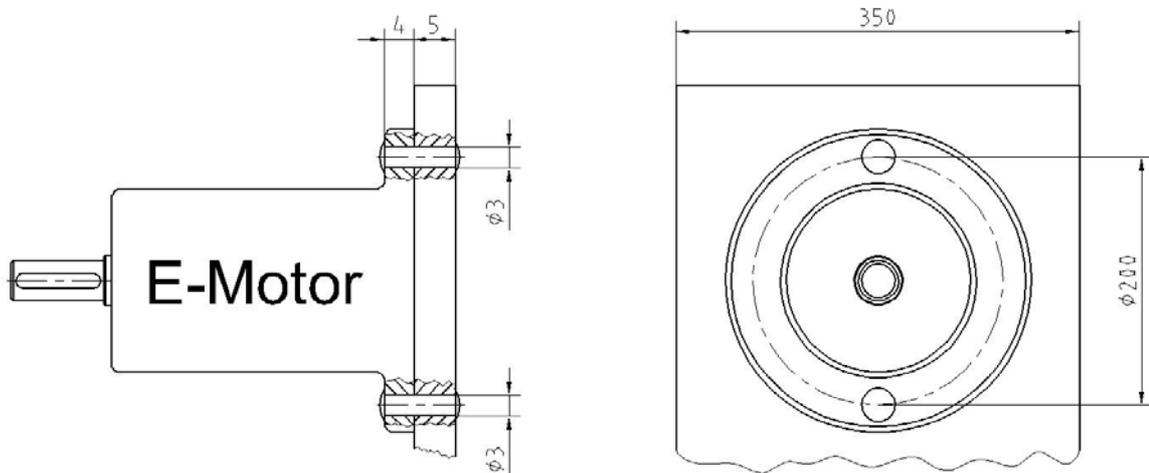
**E-NT 2** Beschreiben Sie kurz die Vorgehensweise bei der Nietlochherstellung für eine **besonders hohe** Belastung. Gehen Sie dabei davon aus, dass in das Werkstück mehrere Nietlöcher eingebracht werden sollen.

**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. Die Drehzahl des Motors beträgt  $720 \text{ min}^{-1}$ . Beide Nieten sollen identisch sein und aus dem Werkstoff St 36 bestehen. Verwenden Sie den Lastfall H.

Wie groß ist die maximal übertragbare Leistung des Motors bei einer Sicherheit von 4? Überprüfen Sie dazu den Lochleibungsdruck und die Abscherspannung.

Name:

Matr.-Nr.:



**Auszug aus dem Skript:**

**Lochleibungsdruck:**

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

- $\sigma_l$  = 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:**

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

- $\tau_a$  = Abscherspannung
- $\tau_{a \text{ zul}}$  = zulässige Abscherspannung
- $m$  = Schnittigkeit
- $A_{\text{Niet}}$  = 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/mm<sup>2</sup>:

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

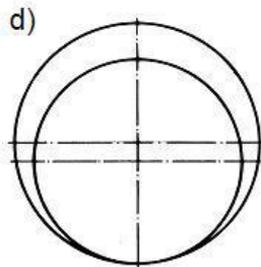
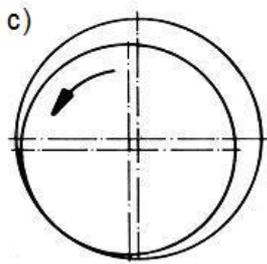
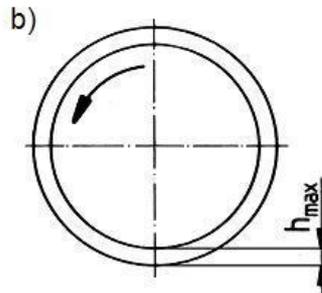
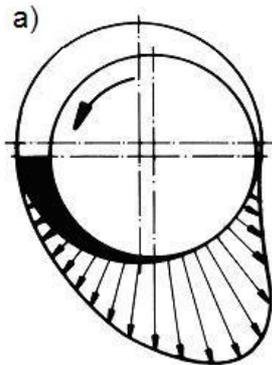
Name:

Matr.-Nr.:

**Aufgabe E GL (Gleitlager)**

Teilaufgabe	E-GL 1	E-GL 2	E-GL 3	E-GL 4	$\Sigma$
Max. Pktzahl	2	2	3	2	9
Erreichte Pktzahl					

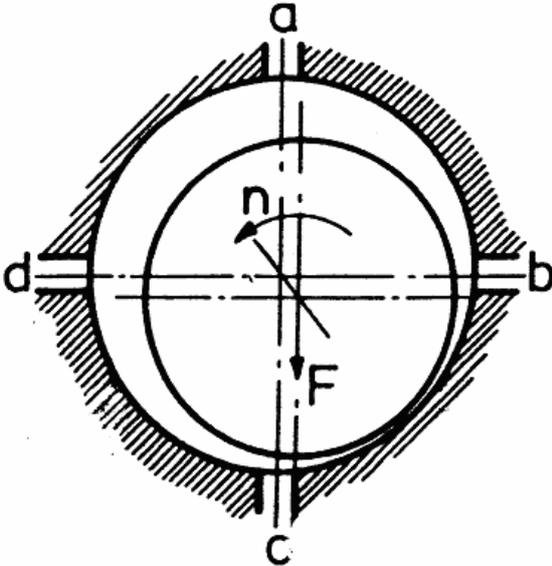
**E-GL 1** Beschreiben Sie kurz die dargestellten Betriebszustände.



Name:

Matr.-Nr.:

**E-GL 2** An welcher Stelle des hydrodynamischen Lagers sollte das Schmiermittel zugeführt werden? An welcher Stelle sollte es wieder abgeführt werden? Gebens Sie eine kurze Begründung.



**E-GL 3** Skizzieren Sie den Aufbau eines Ringkammerlagers (hydrostatisches Axiallager).

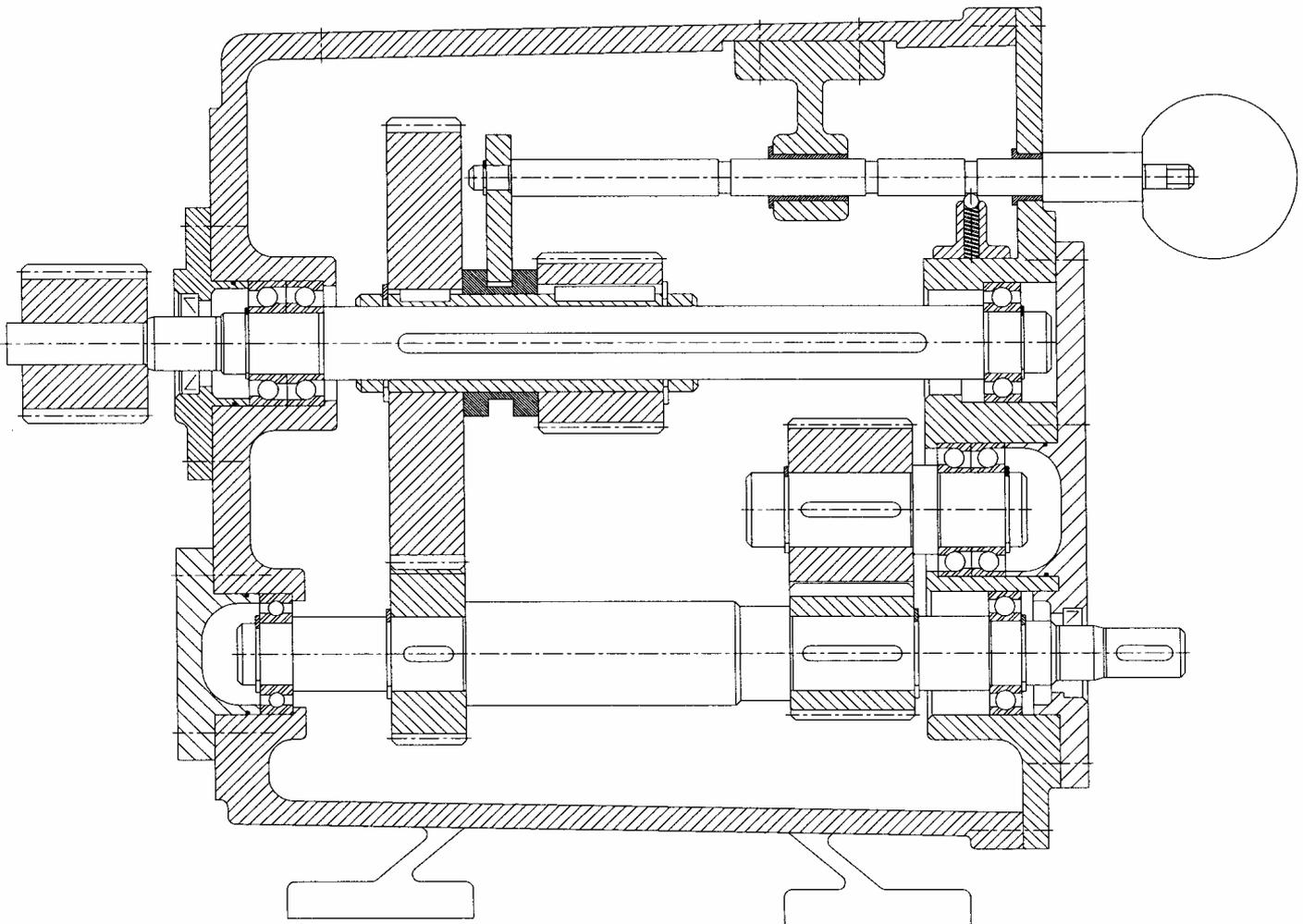
**E-GL 4** Wie kann der Instabilität eines hydrostatischen Radiallagers konstruktiv entgegengewirkt werden (Einfache Skizze oder kurze Beschreibung).

Name:	Matr.-Nr.:
-------	------------

**Aufgabe E GG 12 (Konstruktionsaufgabe Getriebe)**

Teilaufgabe	E-GG 1	E-GG 2	$\Sigma$
<b>Max. Pktzahl</b>	<b>9</b>	<b>80</b>	<b>89</b>
<b>Erreichte Pktzahl</b>			

**E-GG 1** Die folgende Konstruktion enthält leider einige Fehler. Kennzeichnen Sie 18 Fehler in der Konstruktion deutlich und beschreiben Sie die Fehler kurz (z. B. Abhilfe nennen o. ä.). Doppelt gekennzeichnete Fehler werden nur einmal gewertet.



Name:

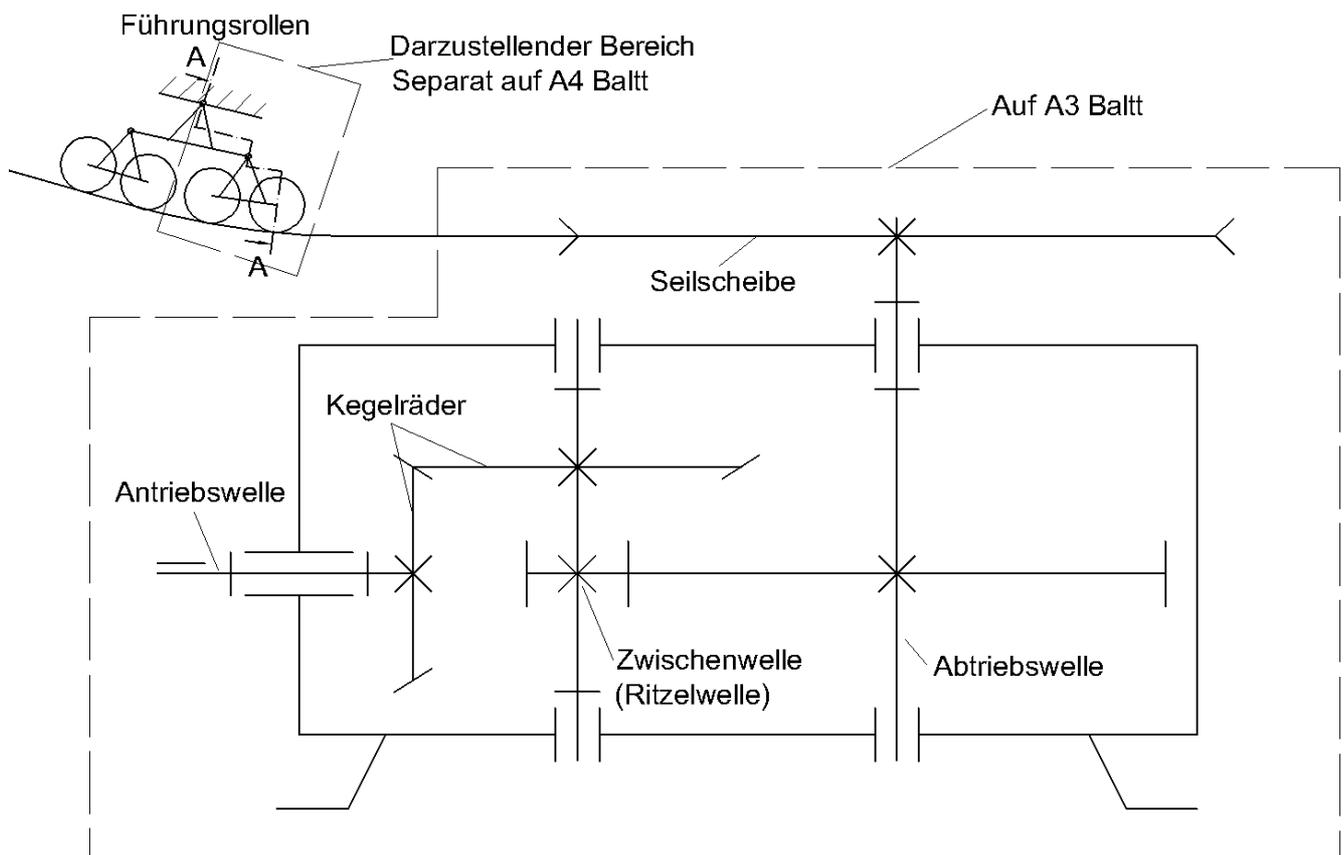
Matr.-Nr.:

**E-GG 2** Es ist ein Getriebe für eine Skiliftanlage gemäß untenstehender Skizze zu konstruieren. Auf die Abtriebswelle ist eine Seilscheibe für das Schleppseil aufgesetzt. Das Seil wird durch 4 Führungsrollen geführt.

**Berücksichtigen Sie bei Ihrer Konstruktion folgendes:**

- Gestaltung des **Getriebegehäuses** als **Gusskonstruktion**.
- Gestaltung der **Führungsrollen** als **Schweißkonstruktion**.
- Die Führungsrollen sind mit einer **Gleitlagerung** zu lagern.
- Lagerung der Wellen in **Wälzlagern** mit **ölgeschmierten** Zahnrädern
- Für die **Antriebswelle** ist eine **fliegende Trag-Stütz-Lagerung in O-Anordnung** vorzusehen.
- Für die **Zwischenwelle** ist eine **Trag-Stütz-Lagerung in X-Anordnung** vorzusehen.
- Die Zwischenwelle ist als **Ritzelwelle** zu gestalten (i ist frei wählbar), das Kegelrad ist aufgesetzt.
- Für die **Abtriebswelle** ist eine **Fest-Los-Lagerung** vorzusehen.
- An der Antriebswelle ist ein geeignetes **Wellenende** mit Passfeder vorzusehen
- Das Gehäuse ist mit **Füßen** zu versehen
- **Eine Schraubenverbindung** und die **Ölschrauben** sind darzustellen (sonst nur Mittellinien)

Die Konstruktion ist auf den beiliegenden Aufgabenblättern **freihändig** auszuführen. Alle Details müssen hinreichend erkennbar sein. Die Mittellinien der Wellen, ein Kegelrad, die Außenkonturen zweier Führungsrollen sowie die Aufhängung am Mast sind auf den beiliegenden Aufgabenblättern bereits als Hilfe vorgegeben, müssen allerdings nicht verwendet werden. Bei der Konstruktion der Führungsrollen ist neben der Hauptansicht eine Schnittansicht A-A notwendig. Es ist in der Hauptansicht nur ein Rollenpaar darzustellen.



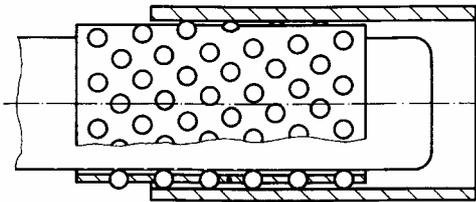
Name:

Matr.-Nr.:

**Aufgabe E-FÜ (Führungen)**

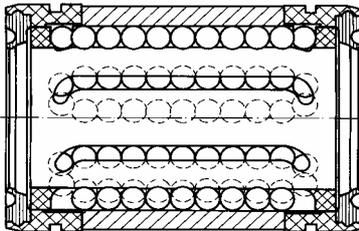
Teilaufg.	E-FÜ.1	Summe
Max. Pktzahl	6	6
Erreichte Punktzahl		

E-FÜ.1 Nennen Sie für die dargestellten Führungselemente jeweils zwei charakteristische Eigenschaften (Vorteile, Nachteile oder prinzipielle Anwendungsgebiete) sowie deren Bezeichnung.



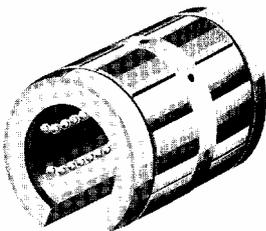
Bezeichnung:

2 (Vorteil/Nachteil/ prinzipielle Anwendungsgebiete):



Bezeichnung:

2 (Vorteil/Nachteil/ prinzipielle Anwendungsgebiete):



Bezeichnung:

2 (Vorteil/Nachteil/ prinzipielle Anwendungsgebiete):

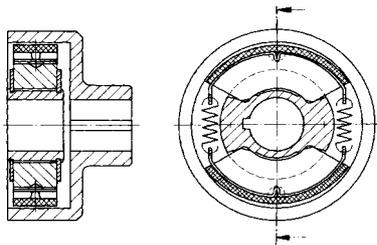
Name:

Matr.-Nr.:

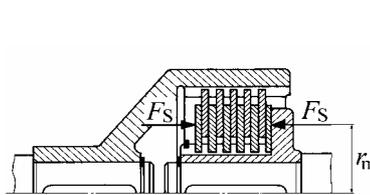
**Aufgabe E KB**  
(Kupplungen und Bremsen)

Teilaufgabe	E-KB 1	E-KB 2	E-KB 3	$\Sigma$
Max. Punktzahl	2	4	3	9
Erreichte Punktzahl				

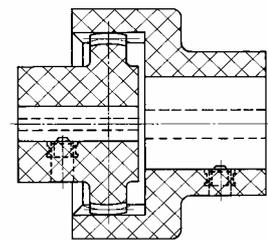
**E-KB 1** Tragen Sie die Bezeichnung der dargestellten Kupplungen in das Textfeld unter der Abbildung ein.



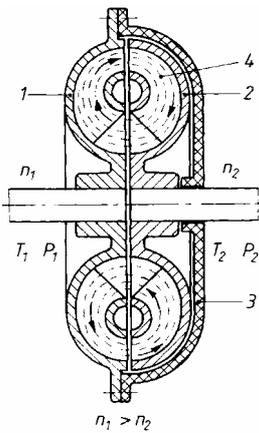
**1** *Fliehkraftkupplung*



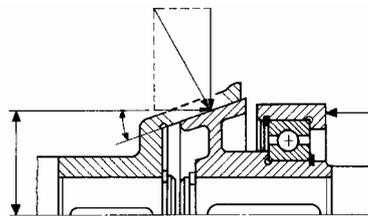
**2**



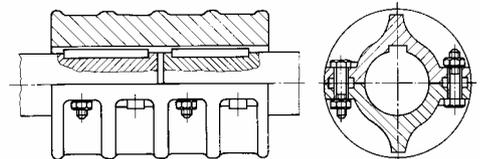
**3**



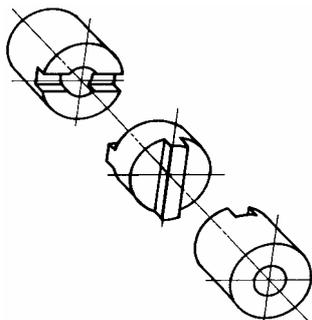
**4**



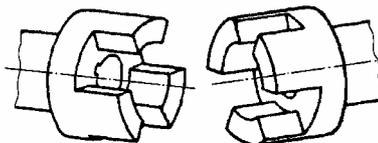
**5**



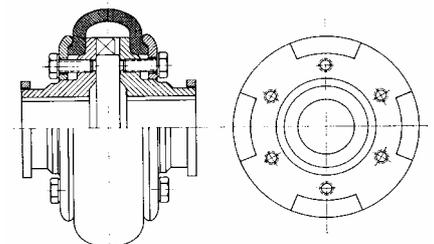
**6**



**7**



**8**



**9**

Name:

Matr.-Nr.:

**E-KB 2** Welche der auf der vorherigen Seite abgebildeten Kupplungen eignet sich für die Anwendungsfälle a-c (*Mehrfachnennung möglich, Kennziffer 1-9 eintragen*)?

- a) Schwingungsdämpfung
- b) Anlaufkupplung (selbstschaltend o. fremdbetätigt)
- c) Ausgleichskupplung bei **radialem** Versatz

**E-KB 3** Das nachfolgende Diagramm 1 zeigt die Kennlinie der Fliehkraftkupplung aus Abbildung 1. Nennen Sie mindestens drei Maßnahmen zur Erhöhung des übertragbaren Drehmoments bei einer vorgegebenen Drehzahl.

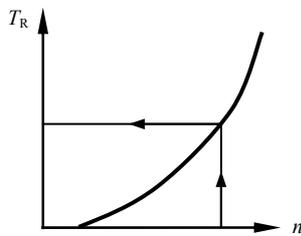


Diagramm 1



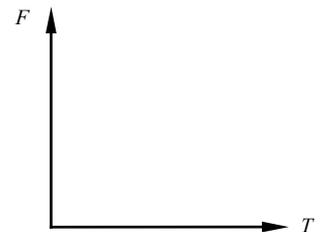
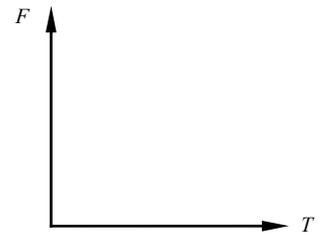
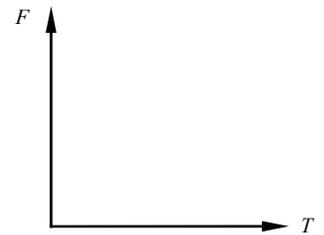
Name:

Matr.-Nr.:

**Aufgabe E RK (Riemen und Ketten)**

Teilaufgabe	E-RK 1	E-RK 2	E-RK3	E-RK4	$\Sigma$
<b>Max. Pktzahl</b>	3	1,5	2,5	2	9
<b>Erreichte Pktzahl</b>					

**E-RK 1** Nennen und skizzieren Sie drei Prinzipien der Riemenvorspannung an Riemengetrieben, und tragen Sie jeweils qualitativ die Kennlinien der Achskraft  $F_a$  sowie der Trumkräfte  $F_1$  und  $F_2$  als Funktion des Antriebsmomentes  $T$  in das vorbereitete Diagramm ein.



**E-RK 2** Nennen Sie drei Riemenarten und geben Sie jeweils einen typischen Anwendungsfall an.



Name:

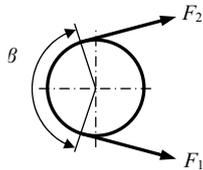
Matr.-Nr.:

**E-RK 3** Vergleichen Sie reibschlüssige Riemengetriebe mit Zahnradgetrieben und geben Sie die Vor- und Nachteile der Riemengetriebe an.

Vorteile:

Nachteile:

**E-RK 4** Berechnen Sie die an der Riemenscheibe übertragbare Leistung.



Drehzahl	$n = 3000 \text{ min}^{-1}$
Reibungsbeiwert	$\mu_G = 0,5$
Umschlingungswinkel	$\beta = 120^\circ$
Wirkdurchmesser	$d_K = 200 \text{ mm}$
Trumkraft	$F_2 = 100 \text{ N}$

Name:	Matr.-Nr.:
-------	------------

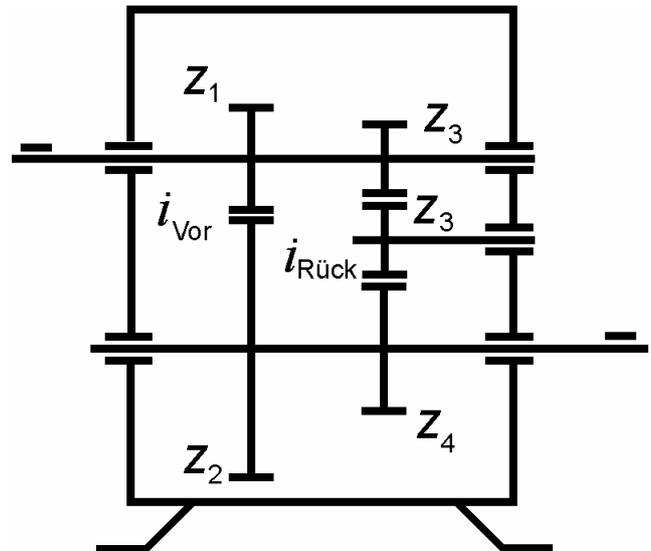
**Aufgabe E-ZR (Zahnräder)**

Teilaufg.	E-ZR.1	E-ZR.2	Summe
Max. Pktzahl	5	7	12
Erreichte Punktzahl			

Bei dem dargestellten Getriebe sind bei Instandsetzungsarbeiten alle Zahnräder verloren gegangen. Auf dem Typenschild stehen folgende Daten:

$$m = 2 \text{ mm}, a = 80 \text{ mm}, i_{\text{Vor}} = 3, i_{\text{Rück}} = 3,5$$

E-ZR.1 Berechnen Sie alle Zähnezahlen. Welche Besonderheit weisen die beiden Zahnräder  $z_3$  auf und welche Gründe gibt es dafür?



	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	<b>Konstruktionselemente / Maschinenelemente</b>  <b>Fachprüfung</b>	Kl. E
			E-ZR 11 wil 05.03 Bl. 2 v. 5 Name: Künne / Mitarbeiter

Name:	Matr.-Nr.:
-------	------------

E-ZR.2 Bei einem geradzahnten Stirnradgetriebe ist  $z_1 = 20$ ;  $x_1 = +1$ ;  $z_2 = 35$ ;  $x_2 = +1,4$ ;  $m = 2$  mm.  
Berechnen Sie den Achsabstand (nächstliegende Werte nehmen, Interpolation nicht erforderlich).

Wie groß ist das vorhandene Kopfspiel (ohne Kopfkürzung)? Welcher Kopfkürzungsfaktor ist für das Rad 2 erforderlich, um ein Kopfspiel von  $0,25 \cdot m$  zu erhalten?

Wie groß ist dann der Kopfkreisdurchmesser des Rades 2?

Wie groß ist der Überdeckungsgrad? Ist dieser Wert im sinnvollen Bereich?  
(Wenn die vorherigen Aufgabenteile nicht gelöst wurden, ist mit Achsabstand 60 mm, Kopfkürzungsfaktor 0,5 und  $\alpha_w = 30^\circ$  zu rechnen)



Name:	Matr.-Nr.:
-------	------------

## Formelsammlung

### Evolverten-Funktion

$$\text{inv } \alpha \equiv \text{ev } \alpha = \tan \alpha - \hat{\alpha}$$

$\alpha$ in °	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
10	0,001794	0,001848	0,001904	0,001961	0,002020	0,002079	0,002140	0,002201	0,002264	0,002328
11	0,002394	0,002460	0,002528	0,002597	0,002667	0,002739	0,002812	0,002886	0,002962	0,003038
12	0,003117	0,003196	0,003277	0,003359	0,003443	0,003528	0,003615	0,003702	0,003792	0,003883
13	0,003975	0,004069	0,004164	0,004261	0,004359	0,004459	0,004560	0,004663	0,004768	0,004874
14	0,004981	0,005091	0,005202	0,005314	0,005429	0,005544	0,005662	0,005781	0,005902	0,006025
15	0,006149	0,006276	0,006403	0,006533	0,006665	0,006798	0,006933	0,007070	0,007209	0,007350
16	0,007492	0,007637	0,007783	0,007931	0,008082	0,008234	0,008388	0,008544	0,008702	0,008862
17	0,009024	0,009188	0,009355	0,009523	0,009693	0,009866	0,010040	0,010217	0,010396	0,010577
18	0,010760	0,010964	0,011133	0,011323	0,011515	0,011709	0,011906	0,012105	0,012306	0,012509
19	0,012715	0,012923	0,013134	0,013346	0,013562	0,013779	0,013999	0,014222	0,014447	0,014674
20	0,014904	0,015137	0,015372	0,015609	0,015850	0,016092	0,016337	0,016585	0,016836	0,017089
21	0,017345	0,017603	0,017865	0,018129	0,018395	0,018665	0,018937	0,019212	0,019490	0,019770
22	0,020054	0,020340	0,020629	0,020921	0,021217	0,021514	0,021815	0,022119	0,022426	0,022736
23	0,023049	0,023365	0,023684	0,024006	0,024332	0,024660	0,024992	0,025326	0,025664	0,026005
24	0,026350	0,026697	0,027048	0,027402	0,027760	0,028121	0,028485	0,028852	0,029223	0,029600
25	0,029975	0,030357	0,030741	0,031129	0,031521	0,031916	0,032315	0,032718	0,033124	0,033534
26	0,033947	0,034364	0,034785	0,035209	0,035637	0,036069	0,036505	0,036945	0,037388	0,037835
27	0,038287	0,038742	0,039201	0,039664	0,040131	0,040602	0,041076	0,041556	0,042039	0,042526
28	0,043017	0,043513	0,044012	0,044516	0,045024	0,045537	0,046054	0,046575	0,047100	0,047630
29	0,048164	0,048702	0,049245	0,049792	0,050344	0,050901	0,051462	0,052027	0,052597	0,053172
30	0,053751	0,054336	0,054924	0,055518	0,056116	0,056720	0,057328	0,057940	0,058558	0,059181
31	0,059809	0,060441	0,061079	0,061721	0,062369	0,063022	0,063680	0,064343	0,065012	0,065685
32	0,066364	0,067048	0,067738	0,068432	0,069133	0,069838	0,070549	0,071266	0,071988	0,072716
33	0,073449	0,074188	0,074932	0,075683	0,076439	0,077200	0,077968	0,078741	0,079520	0,080306
34	0,081097	0,081894	0,082697	0,083506	0,084321	0,085142	0,085970	0,086804	0,087644	0,088490
35	0,089342	0,090201	0,091067	0,091938	0,092816	0,093701	0,094592	0,095490	0,096395	0,097306
36	0,098224	0,099149	0,100080	0,101019	0,101964	0,102916	0,103875	0,104841	0,105814	0,106795
37	0,107782	0,108777	0,109779	0,110788	0,111805	0,112829	0,113860	0,114899	0,115945	0,116999
38	0,118061	0,119130	0,120207	0,121291	0,122384	0,123484	0,124592	0,125709	0,126833	0,127965
39	0,129106	0,130254	0,131411	0,132576	0,133750	0,134931	0,136122	0,137320	0,138528	0,139743
40	0,140968	0,142201	0,143443	0,144694	0,145954	0,147222	0,148500	0,149787	0,151083	0,152388
41	0,153702	0,155025	0,156348	0,157700	0,159052	0,160414	0,161785	0,163165	0,164556	0,165956
42	0,167366	0,168786	0,170216	0,171656	0,173106	0,174566	0,176037	0,177518	0,179009	0,180511
43	0,182024	0,183547	0,185080	0,186625	0,188180	0,189746	0,191324	0,192912	0,194511	0,196122
44	0,197744	0,199377	0,201022	0,202678	0,204346	0,206026	0,207717	0,209420	0,211135	0,212863
45	0,21460	0,21635	0,21812	0,21989	0,22168	0,22348	0,22530	0,22712	0,22896	0,23081
46	0,23268	0,23456	0,23645	0,23835	0,24027	0,24220	0,24415	0,24611	0,24808	0,25006
47	0,25206	0,25408	0,25611	0,25815	0,26021	0,26228	0,26436	0,26646	0,26858	0,27071
48	0,27285	0,27501	0,27719	0,27938	0,28159	0,28381	0,28605	0,28830	0,29057	0,29286
49	0,29516	0,29747	0,29981	0,30216	0,30453	0,30691	0,30931	0,31173	0,31417	0,31663

Name:

Matr.-Nr.:

## Geometrie Geradverzahnung

### Durchmesser:

Teilkreis:  $d = m \cdot z$

Kopfkreis:  $d_a = d + 2 \cdot m + 2 \cdot x \cdot m$  ( $-2 \cdot k \cdot m$  für Kopfkürzung)

Fußkreis:  $d_f = d - 2,5 \cdot m + 2 \cdot x \cdot m$  (für Spiel =  $0,25 \cdot m$ )

Grundkreis:  $d_b = d \cdot \cos \alpha_R$  mit  $\alpha_R = 20^\circ$

Betriebswälzkreis:  $d_w = \frac{d_b}{\cos \alpha_w}$

### Fall 1: Berechnung des Achsabstandes bei gegebener Profilverchiebung (auch $x_1 = x_2 = 0$ ):

①  $\text{inv } \alpha_w$  ermitteln:

$$\text{inv } \alpha_w = \frac{2 \cdot (x_1 + x_2) \cdot \tan \alpha_R}{z_1 + z_2} + \text{inv } \alpha_R \quad \text{inv } \alpha_R = \text{inv } 20^\circ = 0,014904$$

②  $\alpha_w$  ermitteln (Tabelle s. vorn)

③ Achsabstand berechnen:

$$a = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot m \cdot \frac{\cos \alpha_R}{\cos \alpha_w}; \quad \alpha_R = 20^\circ$$

### Fall 2: Achsabstand gegeben, Profilverchiebungen gesucht:

① Betriebseingriffswinkel  $\alpha_w$  aus

$$\cos \alpha_w = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot a} \cdot m \cdot \cos \alpha_R \quad \text{mit } \alpha_R = 20^\circ$$

② Profilverchiebungssumme

$$x_1 + x_2 = (z_1 + z_2) \cdot \frac{\text{inv } \alpha_w - \text{inv } \alpha_R}{2 \cdot \tan \alpha_R}$$

③ Überschlägige Aufteilung:  $\frac{x_1}{x_2} \approx \frac{z_2}{z_1}$ , insb. bei  $x_1 + x_2 > 0$ , Unterschnittsgrenze beachten!

Profilüberdeckung:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2}}{m \cdot \pi \cdot \cos \alpha_R} + \frac{\sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2}}{m \cdot \pi \cdot \cos \alpha_R} - \frac{a \cdot \sin \alpha_w}{m \cdot \pi \cdot \cos \alpha_R} \quad \text{mit } \alpha_R = 20^\circ$$

Kopfspiel:

$$c = 0,25 \cdot m - m \cdot \left( \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \left( 1 - \frac{\cos \alpha_R}{\cos \alpha_w} \right) + (x_1 + x_2) \right)$$

Erforderliche Kopfkürzung:

$$k \cdot m = m \cdot \left( \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \left( 1 - \frac{\cos \alpha_R}{\cos \alpha_w} \right) + (x_1 + x_2) \right)$$

Kopfkreisdurchmesser:

$$d_a = d + 2 \cdot m + 2 \cdot x \cdot m - 2 \cdot k \cdot m$$

Name:

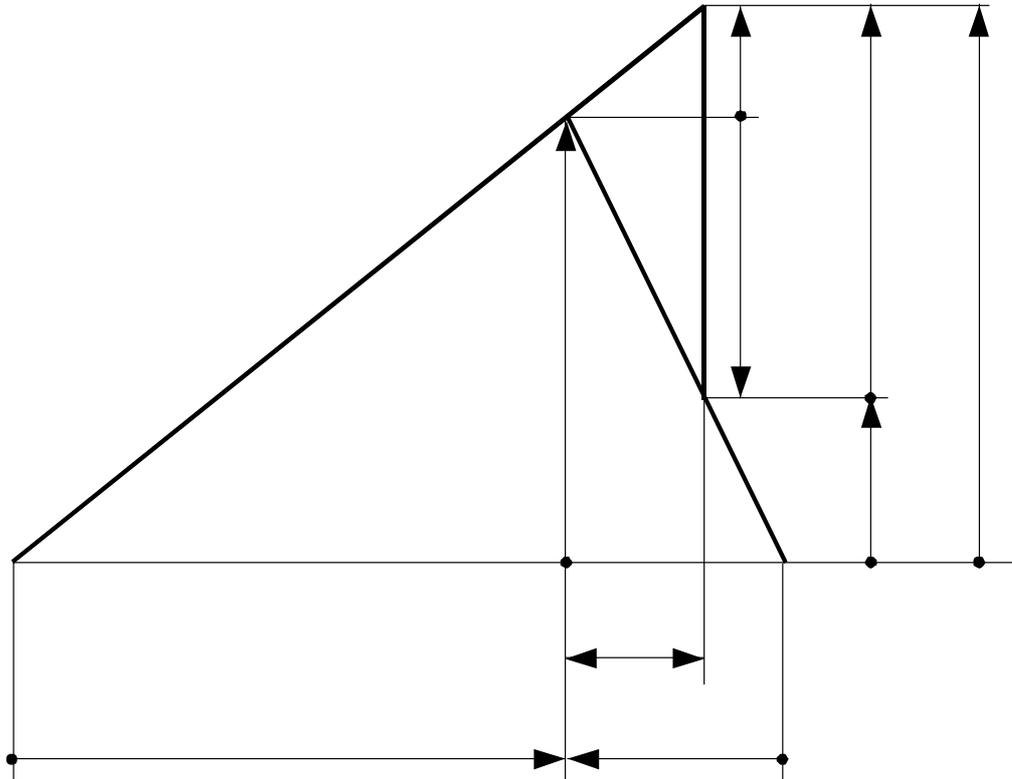
Matr.-Nr.:

**Aufgabe E SR (Kapitel der Aufgabe)**

Teilaufgabe	E-SR 1	E-SR 2	$\Sigma$
Max. Pktzahl	2	2,5	4,5
Erreichte Pktzahl			

**E-SR 1** Das nachfolgende Diagramm zeigt ein Verspannungsschaubild im Betriebszustand. Bitte tragen Sie folgende Größen ein:

- $F_{KI}$  = (Rest-)Klemmkraft
- $F_V$  = Vorspannkraft
- $F_{PA}$  = Entlastungskraft der Platten
- $F_S$  = gesamte Schraubenkraft
- $F_{SA}$  = Schraubenzusatzkraft
- $F_A$  = in Längsrichtung wirkende Betriebskraft
- $f_S$  = Längenänderung der Schraube
- $f_p$  = Längenänderung der Platten



	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	<b>Konstruktionselemente / Maschinenelemente</b>  Fachprüfung	Kl. E
			E-SR 6 lan 05.03 Bl. 2 v. 2 Name: Künne / Mitarbeiter

Name:	Matr.-Nr.:
-------	------------

**E-SR 2** Fragen zum Thema Schrauben:

a) Die Kennzeichnung der Festigkeitsklasse für Schrauben besteht aus zwei Zahlen, die durch einen Punkt getrennt sind. Geben Sie die Bedeutung der Zahlen an:

1. Zahl:

2. Zahl:

b) Nennen Sie ein Verfahren und 2 Vorteile für das torsionsfreie Anziehen von Schrauben.

c) Ein Bauteil wird mit 4 Senkschrauben befestigt. Welche Problematik besteht dort?

d) Welche Funktion erfüllt eine Passschraube?

---

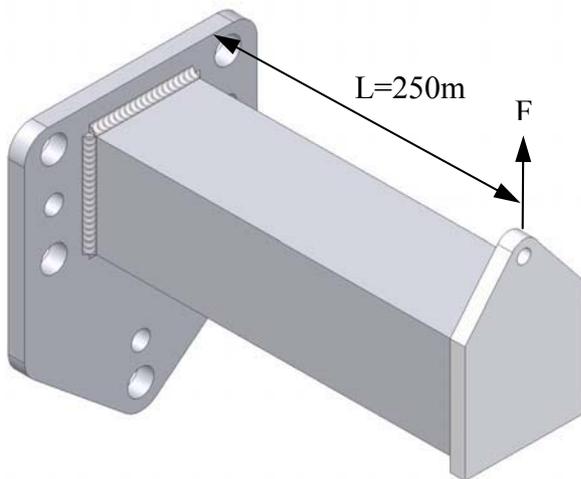
Name:	Matr.-Nr.:
-------	------------

**Aufgabe E-SW (Schweißverbindungen)**

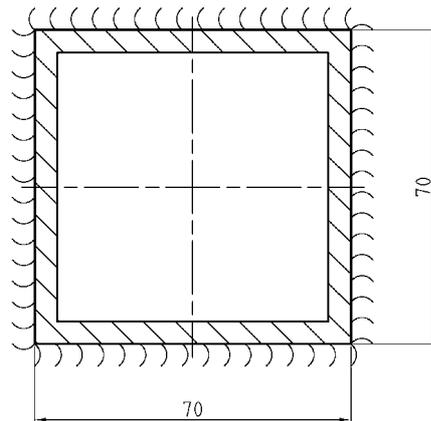
Teilaufgabe	E-SW 1	$\Sigma$
Max. Pktzahl	9	9
Erreichte Pktzahl		

**E-SW 1** Der abgebildete Träger wird mit einer schwellenden Zugkraft von 10.000 N belastet. Die Kraft wird an der vorderen Kante in der Mitte des Profils eingeleitet. Die Punkt der Kräfteinleitung 250 mm von der Schweißnaht entfernt. Die Schweißnahtdicke beträgt 5 mm. Die Güte der Schweißnähte entspricht der Bewertungsgruppe B. Als Werkstoff wird St 37 verwendet. Sind die Schweißnähte ausreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



**Bild 01:** Träger



**Bild 02:** Abmessungen

Name:	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 $\sigma_b$ und $\tau_s$	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
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 $\sigma_b$ und $\tau_t$	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{32 \cdot d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$  = 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:**

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

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

( $\tau_{zul}$  entsprechend)

$\alpha_0$  = 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

$\alpha_N$  = Formzahl der Naht gemäß Bild unten  
 $\alpha_A$  = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten  
 $\sigma_{Grenz}$  = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart  
 $= \sigma_{sch}$  bei schwellender Zug-/Druckbelastung  
 $= \sigma_w$  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:	Matr.-Nr.:
-------	------------

Kennwerte für  $\sigma_{\text{Grenz}}$  in N/mm<sup>2</sup>:

	$\sigma_{\text{sch}}$	$\sigma_{\text{w}}$	$\sigma_{\text{h sch}}$	$\sigma_{\text{h w}}$	$\tau_{\text{t sch}}$	$\tau_{\text{t w}}$
<b>1.0037 (St 37)</b>	230	130	300	160	140	100
<b>1.0052 (St 52)</b>	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
		$\alpha_{\text{N}} \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_{\text{N}} \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_{\text{A}} \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_{\text{A}} \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_{\text{N}}$	$\alpha_{\text{A}}$	$\alpha_{\text{N}}$	$\alpha_{\text{N}}$
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		$\alpha_{\text{N}} \cdot \tau_{\text{t sch N}}$ $\alpha_{\text{N}} \cdot \tau_{\text{t w N}}$ 70..110 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_{\text{N}} \approx 0,5$	

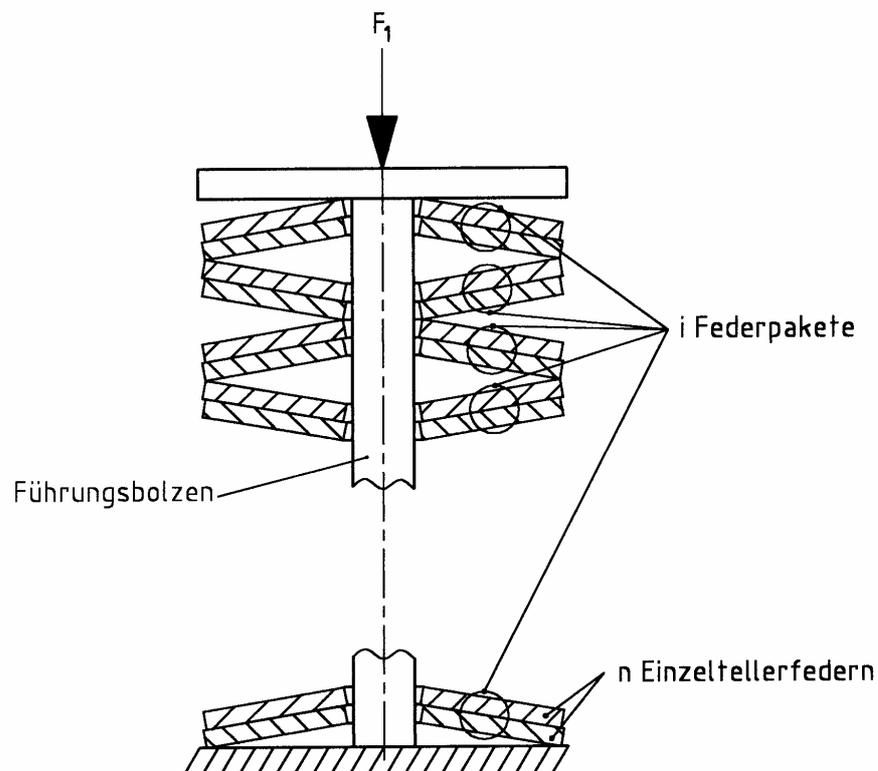
Name:

Matr.-Nr.:

**Aufgabe E-FE (Federn)**

Teilaufgabe	E-FE 1	E-FE 2	E-FE 3	E-FE 4	$\Sigma$
Max. Pktzahl	0,5	1,0	2,0	1,0	4,5
Erreichte Pktzahl					

Für eine Druckkraft  $F_1 = 45.000 \text{ N}$  und einen Federweg  $f_1 = 20 \text{ mm}$  (oder geringfügig mehr) ist eine Federsäule aus Tellerfedern zu berechnen. Für den Führungsbolzen ist ein Durchmesser  $d = 30 \text{ mm}$  vorgesehen. Die Federsäule soll den folgenden prinzipiellen Aufbau besitzen.



**E-FE 1:**

Aus der auf der nächsten Seite gezeigten Tabelle ist eine geeignete Einzeltellerfeder herauszusuchen, wobei die Federrate möglichst hoch sein sollte. Markieren Sie Ihre Auswahl in der Tabelle.

**E-FE 2:**

Wie groß ist die Anzahl  $n$  der Einzelfedern pro Tellerfederpaket, um die Druckkraft  $F_1$  aufnehmen zu können?



Name:

Matr.-Nr.:

### Normen der Original-SCHNORR-Tellerfedern

für harte Federn:  $\frac{h}{s} \approx 0,4$  und weiche Federn:  $\frac{h}{s} \approx 0,75$

Größe			Federkraft $F$ in N, Federweg $f$ in mm und Spannung $\sigma$ in N/mm <sup>2</sup>										
$D_a$	$D_i$	$s$	$h$	$h + s$	$\frac{h}{s}$	bei $f = 0,75 h$				bei $f = h$			
						$F$	$f$	$\sigma_I$	$\sigma_{II}$	$F$	$f$	$\sigma_I$	$\sigma_{II}$
8	4,2	0,3	0,25	0,55	0,833	120	0,187	2364	1312	144	0,250	2943	1625
8	4,2	0,4	0,20	0,60	0,500	212	0,150	2188	1199	273	0,200	2796	1516
10	5,2	0,4	0,30	0,70	0,750	212	0,225	2335	1286	260	0,300	2923	1598
10	5,2	0,5	0,25	0,75	0,500	330	0,187	2197	1185	424	0,250	2796	1502
12,5	6,2	0,5	0,35	0,85	0,700	295	0,262	2109	1143	366	0,350	2659	1399
12,5	6,2	0,7	0,30	1,00	0,428	665	0,225	2266	1174	863	0,300	2904	1496
14	7,2	0,5	0,40	0,90	0,800	283	0,300	2011	1109	342	0,400	2522	1373
14	7,2	0,8	0,30	1,10	0,375	804	0,225	2021	1074	1050	0,300	2600	1379
16	8,2	0,6	0,45	1,05	0,750	414	0,337	2041	1117	507	0,450	2560	1388
16	8,2	0,9	0,35	1,25	0,389	1025	0,262	2041	1086	1334	0,350	2629	1391
18	9,2	0,7	0,50	1,20	0,715	574	0,375	2060	1125	709	0,500	2590	1399
18	9,2	1,0	0,40	1,40	0,400	1275	0,300	2060	1097	1654	0,400	2659	1399
20	10,2	0,8	0,55	1,35	0,690	758	0,412	2080	1128	942	0,550	2619	1411
20	10,2	1,1	0,45	1,55	0,409	1536	0,337	2060	1103	1991	0,450	2649	1409
22,5	11,2	0,8	0,65	1,45	0,813	716	0,487	2031	1089	865	0,650	2541	1364
22,5	11,2	1,25	0,50	1,75	0,400	1942	0,375	2060	1066	2541	0,500	2649	1360
25	12,2	0,9	0,70	1,60	0,778	869	0,525	1962	1030	1060	0,700	2453	1280
25	12,2	1,5	0,55	2,05	0,367	2943	0,412	2158	1100	3855	0,550	2786	1409
28	14,2	1,0	0,80	1,80	0,800	1118	0,600	2011	1099	1354	0,800	2511	1355
28	14,2	1,5	0,65	2,15	0,433	2874	0,487	2099	1115	3728	0,650	2698	1419
31,5	16,3	1,25	0,90	2,15	0,720	1933	0,675	2168	1197	2394	0,900	2737	1482
31,5	16,3	1,75	0,70	2,45	0,400	3924	0,525	2060	1107	5101	0,700	2659	1412
35,5	18,3	1,25	1,00	2,25	0,800	1717	0,750	1962	1079	2090	1,000	2462	1333
35,5	18,3	2,00	0,80	2,80	0,400	5258	0,600	2119	1139	6847	0,800	2727	1452
40	20,4	1,5	1,15	2,65	0,767	2649	0,862	2099	1148	3237	1,150	2629	1387
40	20,4	2,25	0,90	3,15	0,400	6553	0,675	2099	1125	8535	0,900	2717	1435
45	22,4	1,75	1,30	3,05	0,744	3679	0,975	2148	1158	4513	1,300	2698	1434
45	22,4	2,5	1,00	3,50	0,400	7799	0,750	2050	1068	10144	1,000	2639	1362
50	25,4	2,0	1,40	3,40	0,700	4807	1,050	2119	1148	5965	1,400	2668	1431
50	25,4	3,0	1,10	4,10	0,367	12106	0,825	2158	1142	15794	1,100	2796	1464
56	28,5	2,0	1,60	3,60	0,800	4513	1,200	2011	1099	5445	1,600	2521	1355
56	28,5	3,0	1,30	4,30	0,433	11527	0,975	2099	1115	14931	1,300	2698	1419
63	31	2,5	1,75	4,25	0,700	7259	1,312	2080	1099	8996	1,750	2619	1371
63	31	3,5	1,40	4,90	0,400	15206	1,050	2050	1059	19718	1,400	2639	1350
71	36	2,5	2,00	4,50	0,800	6798	1,500	1962	1060	8240	2,000	2453	1318
71	36	4,0	1,60	5,60	0,400	20797	1,200	2109	1119	26978	1,600	2717	1427
80	41	3,0	2,30	5,30	0,767	10644	1,725	2099	1148	13008	2,300	2629	1429
80	41	5,0	1,70	6,70	0,340	34041	1,275	2158	1143	44537	1,700	2796	1467
90	46	3,5	2,50	6,00	0,715	14421	1,875	2060	1118	17756	2,500	2590	1403
90	46	5,0	2,00	7,00	0,400	31784	1,500	2060	1097	41398	2,000	2649	1399
100	51	3,5	2,80	6,30	0,800	13224	2,100	1933	1060	16030	2,800	2423	1313
100	51	6,0	2,20	8,20	0,367	48560	1,650	2158	1152	63373	2,200	2796	1476
112	57	4,0	3,20	7,20	0,800	17952	2,400	2011	1167	21778	3,200	2511	1355
112	57	6,0	2,50	8,50	0,417	44145	1,875	2011	1065	57389	2,500	2580	1356
125	64	5,0	3,50	8,50	0,700	30411	2,625	2129	1246	37572	3,500	2678	1445
125	64	8,0	2,60	10,60	0,325	87113	1,950	2148	1138	114188	2,600	2786	1461
140	72	5,0	4,00	9,00	0,800	28253	3,000	2011	1197	34237	4,000	2521	1357
140	72	8,0	3,20	11,20	0,400	86328	2,400	2178	1171	112325	3,200	2806	1494
160	82	6,0	4,50	10,50	0,750	41594	3,375	2041	1197	50816	4,500	2560	1388
160	82	10,0	3,50	13,50	0,350	140283	2,625	2227	1186	183055	3,500	2874	1517
180	92	6,0	5,10	11,10	0,850	38063	3,825	1903	1128	45617	5,100	2374	1289
180	92	10,0	4,00	14,00	0,400	127138	3,000	2060	1097	165495	4,000	2659	1399
200	102	8,0	5,60	13,60	0,700	77499	4,200	2129	1226	95746	5,600	2668	1430
200	102	12,0	4,20	16,20	0,350	185409	3,150	2060	1091	242307	4,200	2649	1396

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	<b>Konstruktionselemente / Maschinenelemente</b>  Fachprüfung	Kl. E
			E-FE-10 sej 05.03 <b>Bl. 3 v. 3</b> Name: Künne / Mitarbeiter

Name:	Matr.-Nr.:
-------	------------

**E-FE 3:**

Wie groß ist die Anzahl  $i$  der Federpakete in der Federsäule, um den gewünschten Federweg  $f_1$  realisieren zu können?

**E-FE 4:**

Wie groß ist die Länge  $L_0$  der unbelasteten Federsäule?

---