

FACHPRÜFUNG

MASCHINENELEMENTE I

16.08.2007 - 9:00 bis 10:30 Uhr (1,5 Stunden)

Bearbeiter:	
Matr.-Nr. :	

Musterlösung

Umfang:

Maschinenelemente I

$\Sigma = 60$ Punkte

Die Klausur ist bestanden, wenn mindestens 24 Punkte erreicht wurden.

Hinweise zur Bearbeitung:

- Alle Blätter sind mit dem Namen und der Matrikel-Nr. zu beschriften. **Beschriftung werden die Aufgaben auf bestimmten Teilbereichen sehr ausführlich**
- Alle Aufgaben sind zu bearbeiten. Zusätzliche Blätter sind erlaubt, wenn diese ordnungsgemäß erhalten.
- **Zugelassene Hilfsmittel: Keine** (außer Taschenrechner, Schreib- und Zeichenwerkzeug)
- **Bitte schreiben Sie das Ergebnis** (gesehene Lösungsweg nachvollziehbar sein; das Ergebnis ist nicht ausreichend).

Die Musterlösung ist in bestimmten Teilbereichen sehr ausführlich
 dies dient dem Zwecke das Selbststudium zu erleichtern.

Bewertung: (Nicht vom Bearbeiter auszufüllen)

E GG	E VE	E AW	E WN	Σ
P_{\max} 30	P_{\max} 6	P_{\max} 9	P_{\max} 15	P_{\max} 60

Name:

Musterlösung

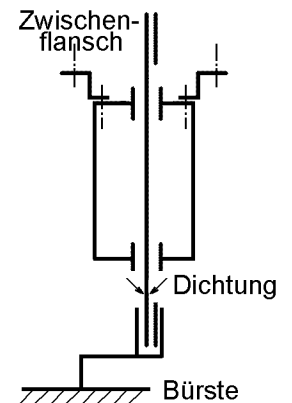
Matr.-Nr.: -----

Aufgabe E GG (Gestaltung)

Teilaufgabe	E-GG 1	E-GG 2	Σ
Max. Pktzahl	18	12	30
Erreichte Pktzahl			

E-GG 1 Es ist eine Antriebswelle für eine rotierende Reinigungsbürste zu konstruieren. Der Antrieb erfolgt oben über ein Wellenende mit Passfeder; die (exzentrische) Reinigungsbürste wird unten ebenfalls über ein Wellenende mit Passfeder fixiert. Das Gehäuse wird mittels des bereits dargestellten Zwischenflanschs festgeschraubt. Berücksichtigen Sie bitte folgendes:

- **Freihändige** Konstruktion, Maßstab ca. 1:1
- Fest-Los-Lagerung mit Wälzlagern, hohe axiale Kräfte
- Die Antriebswelle ist fettgeschmiert. Die Welle ist im Bereich der Reinigungsbürste nur gegen **eintretende Feuchtigkeit** abzudichten; am oberen Wellenende ist **keine** Dichtung erforderlich.
- Das Gehäuse ist als **Schweißkonstruktion** zu gestalten.
- Alle Abmessungen sind zu schätzen.
- Die Darstellung der linken Hälfte im Schnitt ist ausreichend.

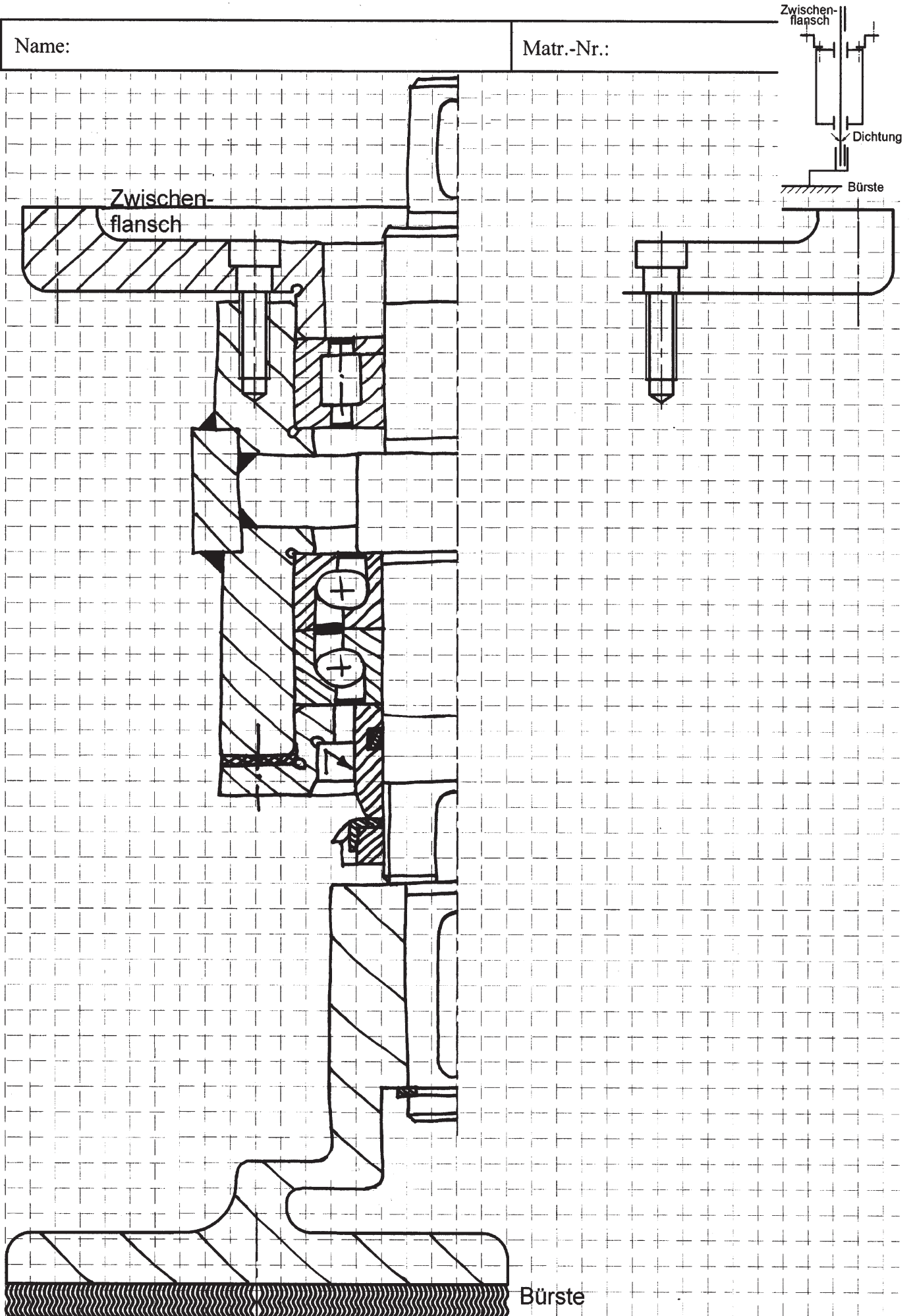


Geben Sie an, welche Wälzlager Sie gewählt haben: **oben:** _____

unten: _____

Name:

Matr.-Nr.:



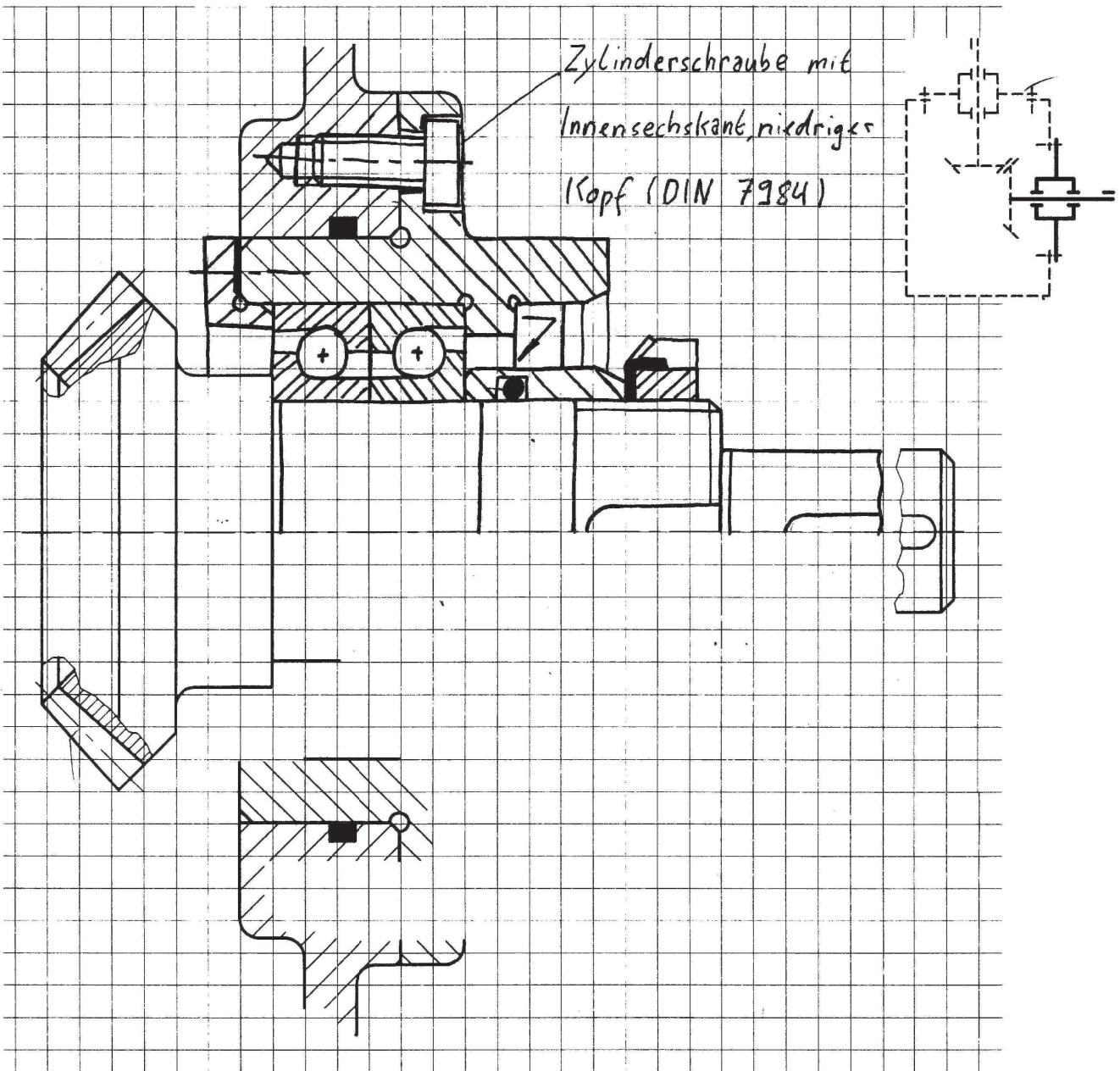
Ergänzende Anmerkungen:

- O-Ring/ Lager verschiedene Passungen
- begrenzte Passung am Los-Lager.
- Sicherungsring: Anlagefläche an Bürste spangebend bearbeitet.

Name:

Matr.-Nr.:

E-GG 2 Es ist die Ritzelwelle eines Getriebes gemäß Skizze zu konstruieren. Das Ritzel ist fliegend in einer **Trag-Stütz-Lagerung** gelagert. Am rechten Wellenende wird das Drehmoment mittels einer Passfederverbindung eingeleitet. Die Ritzelwelle befindet sich in einem kleinen Gehäuse, das als komplette Einheit in das Getriebegehäuse eingebaut werden soll. Das Getriebe ist ölgeschmiert. Die Ritzelwelle einschließlich Lagerung ist für hohe Belastungen auszulegen. Skizzieren Sie eine entsprechende Konstruktion **freihändig** im Maßstab 1:1; es sind dabei alle konstruktiven Details wie Fasen, Freistiche und mindestens eine Schraubenverbindungen darzustellen. Die Darstellung der oberen Hälfte ist ausreichend.



Ergänzende Anmerkungen:

- Zylinderschraube mit Innensechskant, niedriger Kopf (DIN 7984)
- O-Ring/ Lager verschiedene Passungen
- Deckel links anstatt rechts um die Montierbarkeit zu gewährleisten
- kompakte Bauweise.

Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: -----

Aufgabe E VE (Versagenskriterien)

Teilaufgabe	E-VE 1	E-VE 2	E-VE 3	E-VE 4	Σ
Max. Pktzahl	2	2	1	1	6
Erreichte Pktzahl					

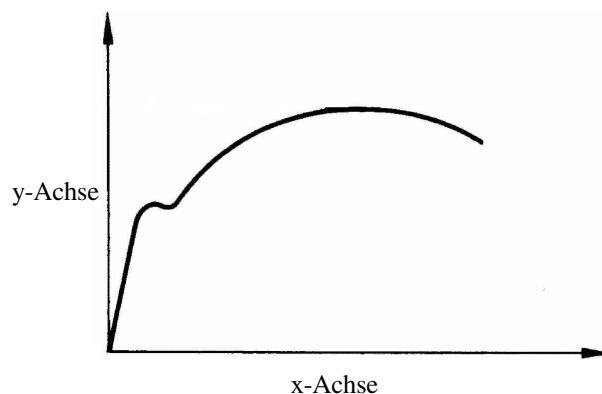
E-VE 1 Prinzipiell werden Verformungen in zwei verschiedene Arten unterschieden. Geben Sie die beiden Verformungsarten an und beschreiben Sie kurz ihre wesentlichen Unterschiede.

Aufgabenteil VE 1: insgesamt 2 Punkte

Lösung:

Verformungsarten:	elastisch	plastisch
Unterschiede:	<ul style="list-style-type: none"> • Ein durch eine äußere Belastung elastisch verformter Körper kehrt nach Entlastung wieder in seine ursprüngliche Form zurück. • Es werden ein Bereich linearer Verformung (Hook'sche Gerade) und ein Bereich nichtproportionaler elastischer Verformung unterschieden 	<ul style="list-style-type: none"> • Ein durch eine äußere Belastung plastisch verformter Körper kehrt nach Entlastung nicht wieder in seine ursprüngliche Form zurück. Er bleibt plastisch verformt. • Einer plastischen Verformung geht immer eine elastische Verformung voraus, daher sind reale Verformung bei Belastungen oberhalb der Streckgrenze teils elastische und teils plastische Verformungen.

E-VE2 Geben Sie für das angegebene Spannungs-Dehnungs-Diagramm die Beschriftung der Achsen in den entsprechenden Feldern an. Geben Sie für den linearen Teil des Diagramms einen Formelausdruck an, der die Steigung beschreibt. Welcher Werkstoffkennwert entspricht dieser Steigung (und welche Einheit besitzt er)?



Aufgabenteil VE 2: insgesamt 2 Punkte

Lösung:

x-Achse:	Dehnung ε	Formelausdruck:	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$
		Bezeichnung des Werkstoffkennwertes:	Elastizitätsmodul
y-Achse:	Spannung σ	Einheit:	$\frac{N}{mm^2}$

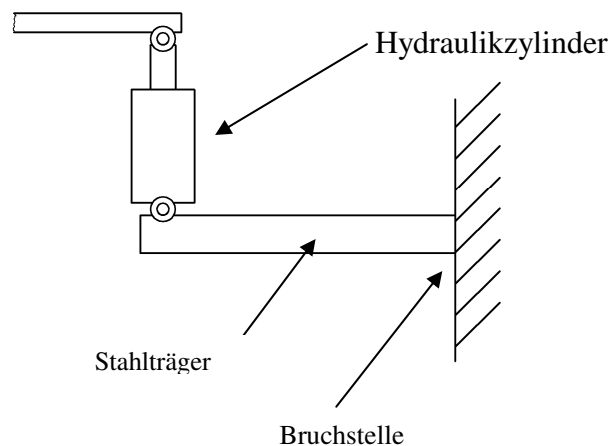
Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

E-VE3 Bei einem hydraulischen Hubwerk gemäß Skizze wird (unter anderem) der unten gezeigte Stahlträger aus S235JR/St37 belastet. Das Hubwerk soll nun für eine höhere Belastung verwendet werden. Zusätzlich werden über den Hydraulikzylinder Schwingungen in den Balken eingeleitet. Nach der Belastungserhöhung verformt sich der Träger sehr stark; bei Entlastung verformt er sich jedoch vollständig zurück; außerdem bricht er trotz der hohen Belastung nicht.

Um die sehr starke Verformung zu vermeiden schlägt ein Praktikant vor, einen Stahlträger aus einem höherfesten Stahl zu verwenden. Welche Vorteile bezüglich der Biegesteifigkeit ergeben sich durch diese Maßnahme? Begründen Sie ihre Antwort.



Aufgabenteil VE 3: insgesamt 1 Punkt

Lösung: Die Biegesteifigkeit wird maßgeblich durch den Elastizitätsmodul beeinflusst. Da der E-Modul aber bei jeder Stahlart konstant ist, sind keine Vorteile durch einen höherfesten Stahl zu erwarten.

E-VE4 Nach einer längeren Betriebszeit des Hubwerks unter den genannten Betriebsbedingungen bricht der Träger an der markierten Stelle ab. Die Bruchfläche verläuft senkrecht und ist zum größten Teil sehr glatt. Um welche Bruchart handelt es sich? Begründen Sie ihre Antwort.

Aufgabenteil VE 4: insgesamt 1 Punkt

Lösung: Hierbei handelt es sich um einen Dauerbruch (glatt) infolge einer Biegebelastung (senkrecht zum Profil).

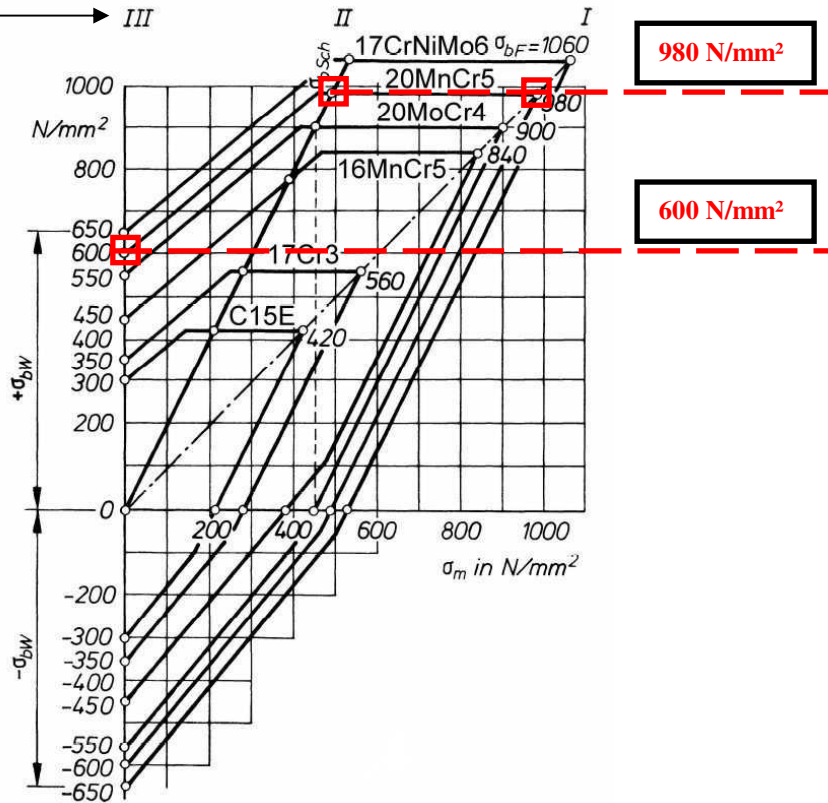
Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.:

Aufgabe E AW (Achsen und Wellen)

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

römische Zahlen → III



I. ruhend
II. schwellend
III. wechselnd

E-AW 1 Gegeben sind folgende Werte für die Biegedauerfestigkeit eines Werkstoffes:

980 N/mm² 980 N/mm² 600 N/mm²

Ordnen Sie die durch römische Zahlen im Diagramm gekennzeichneten Linien sowie die gegebenen Werte den entsprechenden Arten der Belastungen zu:

Aufgabenteil AW 1: insgesamt 2 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$\sigma_{x1} = 980 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{x2} = 980 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{x3} = 600 \text{ N/mm}^2$

ruhend:	I	980 N/mm ²
schwellend:	II	980 N/mm ²
wechselnd	III	600 N/mm ²

Identifizieren Sie anhand der gegebenen Werte und mit Hilfe des Diagramms den Werkstoff. Markieren Sie zusätzlich alle Werte im Diagramm.

Werkstoff: **20 MnCr5**

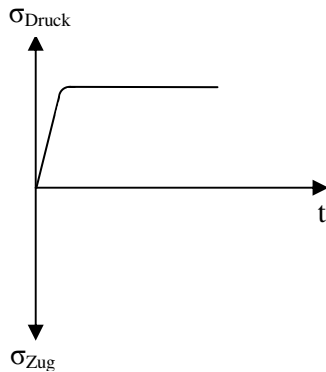
Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: -----

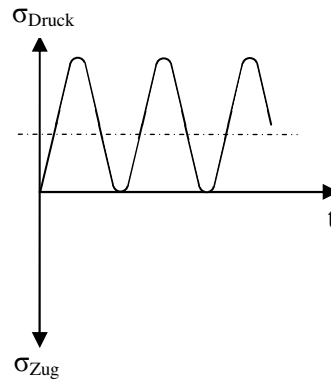
E-AW 2 Zeichnen Sie in die untenstehenden Diagramme die qualitativen Spannungsverläufe der drei verschiedenen Belastungsarten.

Aufgabenteil AW 2: insgesamt 1,5 Punkte

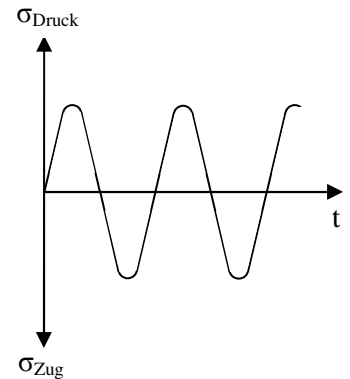
Lösung:



ruhend I

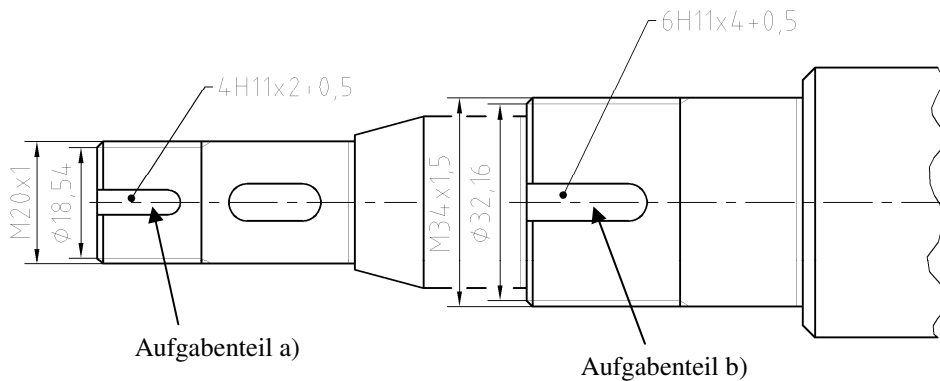


schwellend II



wechselnd III

E-AW 3 a) Berechnen Sie für die dargestellte Welle an der mit a) gekennzeichneten Stelle den einbeschriebenen Durchmesser, der für einen Spannungsnachweis verwendet werden muss.



Aufgabenteil AW 3 a: insgesamt 0,5 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

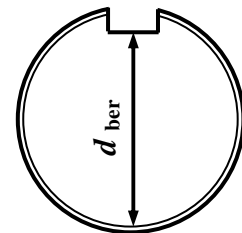
$$d = 20 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Kern}} = 18,54 \text{ mm}$$

$$t_{\text{max}} = 2,5 \text{ mm}$$

Formeln:

$$d_{\text{ber}} = d - \frac{d - d_{\text{Kern}}}{2} - t$$



Ermittle den einbeschriebenen Durchmesser d_{ber} :

$$d_{\text{ber}} = 20 - \frac{20 - 18,54}{2} - 2,5 = 16,77 \text{ mm}$$

einbeschriebenen Durchmesser d_{ber} : **16,77 mm**

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

- b) Auf den Absatz $\varnothing 34$ mm wird ein Kegelrad montiert, so dass an der mit b) gekennzeichneten Stelle die unten genannten Belastungen wirken. Die Welle ist aus E335 (St60) gefertigt. Führen Sie für die mit b) gekennzeichnete Stelle einen Spannungsnachweis durch. Der einbeschriebene Durchmesser an dieser Stelle beträgt 28,58 mm. Wie groß ist die Vergleichsspannung? Wie groß ist die zulässige Spannung unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 1,9? Hält die Welle der Belastung stand? Alle ermittelten Werte müssen als Zahlenwert angegeben und zusätzlich in den beiliegenden Diagrammen oder Tabellen gekennzeichnet werden.

Torsionsmoment	$T = 167$ Nm
Biegemoment	$M_b = 436$ Nm
gemittelte Rautiefe	$R_z = 25$ μ m

Querkraft	$F_q = 8907$ N
Axialkraft	$F_a = 1473$ N

Aufgabenteil AW 3 b: insgesamt 5 Punkte

Lösung:

gegebene Daten:

$d = 35$ mm
 $d_{\text{Kern}} = 32,16$ mm
 $t_{\text{max}} = 4,5$ mm
 $T = 167$ Nm
 $S = 1,9$
 $M_b = 436$ Nm
 $F_q = 8907$ N
 $F_a = 1473$ N
 $R_z = 25$ μ m
 Werkstoff: E335 (St60)

Formeln:

$$d_{\text{ber}} = d - \frac{d - d_{\text{Kern}}}{2} - t$$

$$\sigma_{\text{zul}} = \frac{b_G \cdot b_o \cdot \sigma_{\text{bw}}}{S \cdot \beta_K}$$

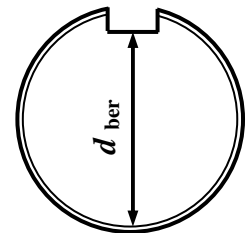
$$\sigma_V = \sqrt{(\sigma_Z + \sigma_b)^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot (\tau_t + \tau_S))^2}$$

$$\sigma_Z = \frac{F_A}{A} \quad \tau_S = \frac{F_q}{A}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \quad W_b = \frac{\pi}{32} \cdot d^3$$

$$\tau_t = \frac{T}{W_t} \quad W_t = \frac{\pi}{16} \cdot d^3$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{\text{bw}}}{1,73 \cdot \tau_{\text{sch}}}$$



Ermittle den einbeschriebenen Durchmesser d_{ber} :

$$d_{\text{ber}} = 34 - \frac{34 - 32,16}{2} - 4,5 = 28,58 \text{ mm}$$

Spannungsnachweis an der Stelle b

Ermittle die Vergleichsspannung σ_V :

$$\sigma_V = \sqrt{(\sigma_Z + \sigma_b)^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot (\tau_t + \tau_S))^2}$$

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Ermittle σ_z :

$$\sigma_z = \frac{1473 \text{ N}}{A}$$

Ermittle A :

$$A = \frac{\pi \cdot 28,58^2 \text{ mm}^2}{4} = 641,5261 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_z = \frac{1473 \text{ N}}{641,5261 \text{ mm}^2} = 2,2961 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Ermittle σ_b :

$$\sigma_b = \frac{436000 \text{ Nmm}}{W_b}$$

Ermittle W_b :

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot 28,58^3 \text{ mm}^3 = 2291,852 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_b = \frac{436000 \text{ Nmm}}{2291,852 \text{ mm}^3} = 190,2392 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Ermittle α_0 :

$$\alpha_0 = \frac{300}{1,73 \cdot 230} = 0,754$$

aus Tabelle entnommen: $\sigma_{bw} = 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ und $\tau_{sch} = 230 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Ermittle τ_t :

$$\tau_t = \frac{167000 \text{ Nmm}}{W_t}$$

Ermittle W_t :

$$W_t = \frac{\pi}{16} \cdot 28,58^3 \text{ mm}^3 = 4583,704 \text{ mm}^3$$

$$\tau_t = \frac{167000 \text{ Nmm}}{4583,704 \text{ mm}^3} = 36,4334 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Ermittle τ_s :

$$\tau_s = \frac{8907 \text{ N}}{641,5261 \text{ mm}^2} = 13,8841 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\left(2,2961 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 190,2392 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(0,754 \cdot \left(36,4334 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 13,8841 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)\right)^2}$$

$$\sigma_v = 203,4405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Ermittle die zulässige Spannung σ_{zul} :

Aus Tabelle/Diagrammen entnommene Werte:

$$\sigma_{bw} = 300 \frac{N}{mm^2}$$

$$b_G = 0,86$$

$$b_O = 0,88$$

$$\beta_k = 2,8$$

$$\sigma_{zul} = \frac{0,86 \cdot 0,88 \cdot 300 \frac{N}{mm^2}}{1,9 \cdot 2,8} = 42,6767 \frac{N}{mm^2}$$

Spannungsvergleich:

$$\sigma_V \leq \sigma_{zul}$$

$$203,4405 \frac{N}{mm^2} \leq 42,6767 \frac{N}{mm^2}$$

die Welle hält nicht!!!

Vergleichsspannung:

zulässige Spannung:

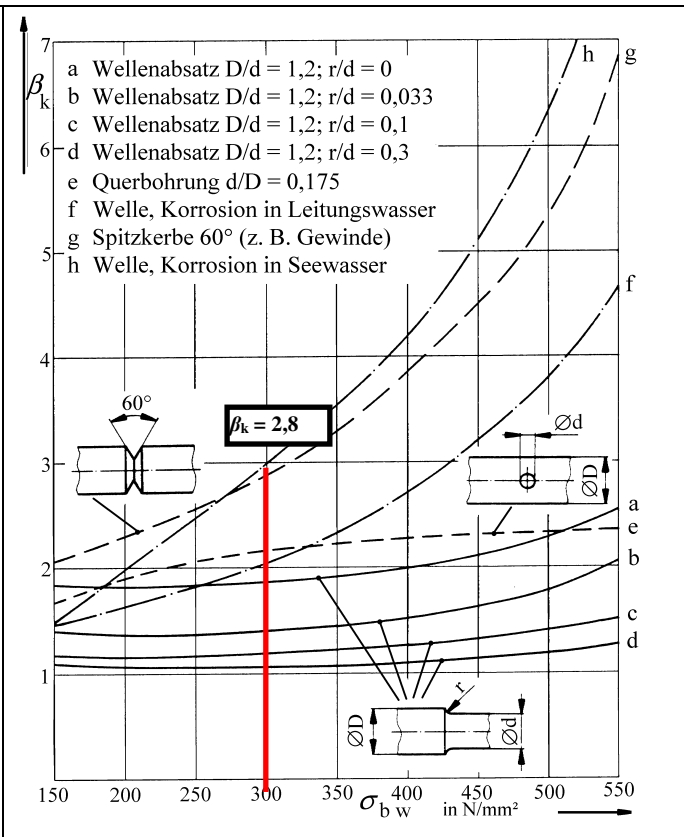
Hält die Welle den Belastungen Stand?

$203,4405 \frac{N}{mm^2}$
$42,6767 \frac{N}{mm^2}$
Nein!

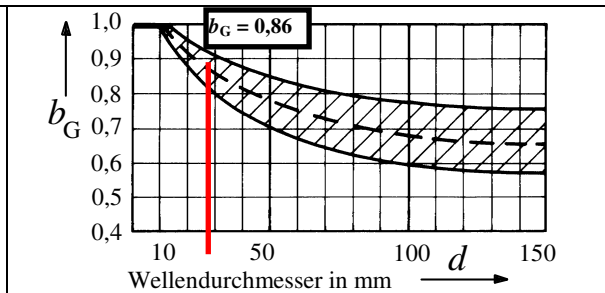
Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.:

Kerbenform		Kerbfaktor β_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



Werkstoff	R_m	σ_{zsch}	σ_{zw}	σ_{bsch}	σ_{bw}	τ_{tsch}	τ_{tw}
Allgemeine Baustähle:							
S235JR (St 37)	340	240	175	340	200	170	140
S275JR (St 42)	410	260	190	360	220	180	150
E295 (St 50)	490	300	230	420	260	210	180
E335 (St 60)	570	340	270	470	300	230	210
E360 (St 70)	670	370	320	520	340	260	240

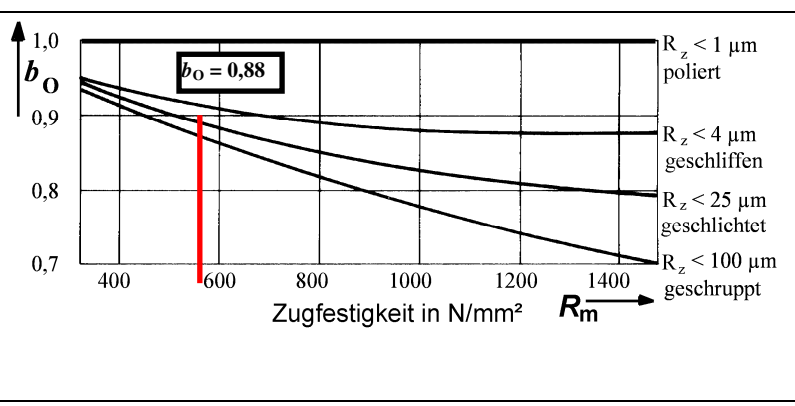


$$\sigma_z = \frac{F_a}{A}; \sigma_b = \frac{M_b}{W_b}; \tau_t = \frac{T}{W_t}; \tau_s = \frac{F_q}{A}$$

$$W_b = \frac{\pi \cdot d^3}{32}; W_t = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{bw}}{1,73 \cdot \tau_{tsch}}; \sigma_{zul} = \frac{b_G \cdot b_O \cdot \sigma_{bw}}{\beta_k \cdot S}$$

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



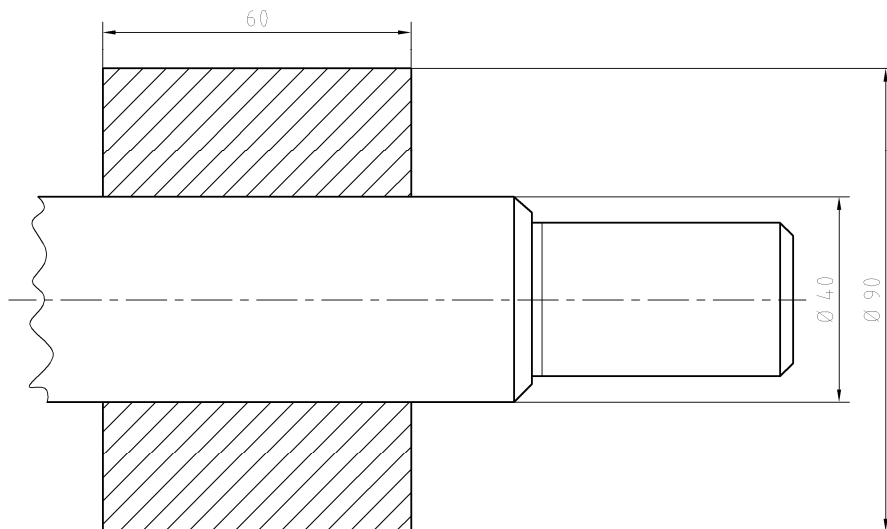
Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: -----

Aufgabe E WN
(Welle-Nabe-Verbindung)

Teilaufgabe	E-WN 1	E-WN 2	E-WN 3	E-WN 4	E-WN 5	Σ
Max. Pktzahl	2	5	5	2	1	15
Erreichte Pktzahl						

E-WN 1 Gegeben ist die abgebildete Welle-Nabe-Pressverbindung:



Die minimale Flächenpressung beträgt $p_{\min} = 16 \text{ N/mm}^2$. Zwischen Welle und Nabe wirkt ein Reibbeiwert $\mu = 0,08$. Welches maximale Drehmoment lässt sich mit der Welle-Nabe-Verbindung übertragen?

Aufgabenteil WN 1: insgesamt 2 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$p_{\min} = 16 \text{ N/mm}^2$$

$$\mu = 0,08$$

$$D_F = 40 \text{ mm}$$

$$b = 60 \text{ mm}$$

Formeln:

$$p_{\min} = \frac{2 \cdot T}{\mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b}$$

Ermittle das maximale Drehmoment T :

$$T = \frac{p_{\min} \cdot \mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b}{2}$$

$$T_{\max} = \frac{16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,08 \cdot \pi \cdot 40^2 \text{ mm}^2 \cdot 60 \text{ mm}}{2} = 193019,45 \text{ Nmm}$$

maximal übertragbares Drehmoment:

193,02 Nm

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

E-WN 2 Die unter Aufgabe E-WN 1 dargestellte Pressverbindung (Skizze) verfügt über Oberflächenrauigkeiten $R_{ZA} = R_{ZI} = 16 \mu\text{m}$. Die maximal zulässige Flächenpressung beträgt $p_{\text{max}} = 60 \text{ N/mm}^2$. Welle und Nabe sind aus St 37 gefertigt. Wie groß sind die erforderlichen Übermaße U_{min} und U_{max} für die Pressverbindung?

Aufgabenteil WN 2: insgesamt 5 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$\begin{aligned} p_{\text{min}} &= 16 \text{ N/mm}^2 \\ p_{\text{max}} &= 60 \text{ N/mm}^2 \\ D_F &= 40 \text{ mm} \\ D_{aA} &= 90 \text{ mm} \\ R_{ZI} &= 16 \mu\text{m} \\ R_{ZA} &= 16 \mu\text{m} \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Formeln:

$$\begin{aligned} U_{\text{min}} &= Z_{\text{ges min}} + \Delta U \\ U_{\text{min}} &= \xi_{\text{ges min}} \cdot D_F + 0,8 \cdot (R_{ZA} + R_{ZI}) \\ U_{\text{max}} &= Z_{\text{ges max}} + \Delta U \\ U_{\text{max}} &= \xi_{\text{ges max}} \cdot D_F + 0,8 \cdot (R_{ZA} + R_{ZI}) \end{aligned}$$

Werkstoff = St37 (**Welle und Nabe!!!**)

Vereinfachung möglich **!!!**, da gleiche Werkstoffe:

$$\begin{aligned} \xi_{\text{ges min}} &= \frac{p_{\text{min}}}{E} \cdot \frac{2}{1 - Q_A^2} \\ \xi_{\text{ges max}} &= \frac{p_{\text{max}}}{E} \cdot \frac{2}{1 - Q_A^2} \\ Q_A &= \frac{D_F}{D_{aA}} \end{aligned}$$

Ermittle das erforderliche Übermaß U_{min} :

$$U_{\text{min}} = \xi_{\text{ges min}} \cdot 40 \text{ mm} + 0,8 \cdot (0,016 \text{ mm} + 0,016 \text{ mm})$$

Ermittle $\xi_{\text{ges min}}$:

$$\xi_{\text{ges min}} = \frac{16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \frac{2}{1 - Q_A^2}$$

Ermittle Q_A :

$$Q_A = \frac{40 \text{ mm}}{90 \text{ mm}} = 0,44$$

$$\xi_{\text{ges min}} = \frac{16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \frac{2}{1 - 0,44^2} = 0,1889 \cdot 10^{-3}$$

$$U_{\text{min}} = 0,1889 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \text{ mm} + 0,8 \cdot (0,016 \text{ mm} + 0,016 \text{ mm}) = 33,1586 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$



Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Ermittle das erforderliche Übermaß U_{\max} :

$$U_{\max} = \xi_{\text{ges max}} \cdot 40 \text{ mm} + 0,8 \cdot (0,016 \text{ mm} + 0,016 \text{ mm})$$

Ermittle $\xi_{\text{ges max}}$:
$$\xi_{\text{ges max}} = \frac{60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \frac{2}{1 - 0,44^2} = 0,7086 \cdot 10^{-3}$$

$$U_{\max} = 0,7086 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \text{ mm} + 0,8 \cdot (0,016 \text{ mm} + 0,016 \text{ mm}) = 53,9447 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

erforderliches Übermaß U_{\max} :

$53,9447 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

erforderliches Übermaß U_{\min} :

$33,1586 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: -----

E-WN 3 Gegeben ist eine Passfederverbindung. Die Nabe ist aus St 37 gefertigt und verfügt über eine Breite von 50 mm. Die Welle hat einen Durchmesser von $\varnothing = 40$ mm. Welche genormte Passfeder ist zu wählen, wenn die Nabe mindestens 10 mm breiter sein soll als die Passfeder insgesamt lang ist? Wie groß ist das maximale übertragbare konstante Drehmoment?

Aufgabenteil WN 3: insgesamt 5 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$b_N = 60 \text{ mm}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$\varphi = 1$$

$$z = 1$$

Formeln:

$$p = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot l \cdot z \cdot \varphi} \leq p_{zul}$$

$$l_{ges \max} = l + b$$

Werkstoff Nabe = St37

Ermittle das maximal übertragbare konstante Drehmoment T :

$$T \leq \frac{115 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 40 \text{ mm} \cdot (8 \text{ mm} - 5 \text{ mm}) \cdot l \cdot 1 \cdot 1}{2}$$

$$p_{zul} = 115 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$h = 8 \text{ mm}$$

$$t_1 = 5 \text{ mm}$$

$$l_{ges \max} = 40 \text{ mm}$$

Ermittle tragende Länge l : $l = 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} = 28 \text{ mm}$

$$T \leq \frac{115 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 40 \text{ mm} \cdot (8 - 5) \text{ mm} \cdot 28 \text{ mm} \cdot 1 \cdot 1}{2} = 193200 \text{ Nmm}$$

Breite b : 12 mm

Höhe h : 8 mm

Wellennuttiefe t_1 : 5 mm

mögl. Passfederlänge l : 28 mm

32 mm

36 mm

40 mm

maximales Torsionsmoment T : 193,2 Nm

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

E-WN 4 Eine andere Passfederverbindung überträgt ein Drehmoment von 200 Nm. Nennen Sie eine konstruktive Änderung, die vorgenommen werden kann, wenn die Passfederverbindung $T = 350$ Nm übertragen soll. Begründen Sie Ihren Vorschlag kurz.

Aufgabenteil WN 3: insgesamt 5 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

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

$$T^{\text{neu}} = 350 \text{ Nm}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

Formeln:

$$p = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot l \cdot z \cdot \varphi} \leq p_{\text{zul}}$$

$$l_{\text{ges max}} = l + b$$

Werkstoff Nabe = St37

1. Vorschlag: mehrere Passfedern (genau 3 Passfedern)

$$z \cdot \varphi \geq \frac{350000 \text{ Nmm} \cdot 2}{115 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 40 \text{ mm} \cdot (8 \text{ mm} - 5 \text{ mm}) \cdot 28 \text{ mm}} = 1,8116$$

daraus folgt, dass $z = 3$ mit $\varphi = 0,66$ sein muss, denn $3 \cdot 0,66 = 1,98 \geq 1,8116$

Passfederanzahl z :

3

Tragzahl φ :

0,66

2. Vorschlag: längere Passfederlänge l

$$l \geq \frac{350000 \text{ Nmm} \cdot 2}{115 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 40 \text{ mm} \cdot (8 \text{ mm} - 5 \text{ mm}) \cdot 1 \cdot 1} = 50,7246 \text{ mm}$$

$$l = 50,7246 \text{ mm} - 12 \text{ mm} = 62,7246 \text{ mm}$$

gewählte mindest Länge: 63 mm

E-WN 5 Mit welchem Zukaufteil lässt sich der gestalterisch nutzbare Durchmesser der Welle vergrößern (im Gegensatz zur Passfederverbindung)?

Lösung:

- Spannsatz
- Druckhülse
- Toleranzring

Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.:

Auszug aus dem Skript:

Mindestflächenpressung p_{\min}	$p_{\min} = \frac{2 \cdot T}{D_F} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \pi \cdot D_F \cdot b} = \frac{2 \cdot T}{\mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b}$
Hilfswerte (Durchmesserverhältnisse Q_I und Q_A):	$Q_I = \frac{D_{iI}}{D_F} \quad \text{und} \quad Q_A = \frac{D_F}{D_{aA}}$
Relatives Haftmaß ξ :	$\xi_{\text{ges}} = \frac{Z_{\text{ges}}}{D_F} \quad \xi_I = \frac{Z_I}{D_F} \quad \xi_A = \frac{Z_A}{D_F}$
Relative Aufweitung des Außenteils:	$\xi_{A \min} = \frac{p_{\min}}{E_A} \cdot \left(\frac{1 + Q_A^2}{1 - Q_A^2} + m_A \right)$ $\xi_{A \max} = \frac{p_{\max}}{E_A} \cdot \left(\frac{1 + Q_A^2}{1 - Q_A^2} + m_A \right)$
Relative Zusammendrückung des Innenteils:	$\xi_{I \min} = \frac{p_{\min}}{E_I} \cdot \left(\frac{1 + Q_I^2}{1 - Q_I^2} - m_I \right)$ $\xi_{I \max} = \frac{p_{\max}}{E_I} \cdot \left(\frac{1 + Q_I^2}{1 - Q_I^2} - m_I \right)$
Relatives Gesamt-Haftmaß ξ_{ges} :	$\xi_{\text{ges min}} = \xi_{I \min} + \xi_{A \min} \quad \xi_{\text{ges max}} = \xi_{I \max} + \xi_{A \max}$
Vereinfachung für gleiche Werkstoffe für Vollwelle und Nabe ($E_A = E_I = E$; $m_A = m_I = m$):	
	$\xi_{\text{ges min}} = \frac{p_{\min}}{E} \cdot \frac{2}{1 - Q_A^2} \quad \xi_{\text{ges max}} = \frac{p_{\max}}{E} \cdot \frac{2}{1 - Q_A^2}$
Haftmaß Z_{ges} :	$Z_{\text{ges min}} = \xi_{\text{ges min}} \cdot D_F \quad Z_{\text{ges max}} = \xi_{\text{ges max}} \cdot D_F$
Übermaße U_{\min} und U_{\max} :	$U_{\min} = Z_{\text{ges min}} + \Delta U = \xi_{\text{ges min}} \cdot D_F + 0,8 \cdot (R_{zA} + R_{zI})$ $U_{\max} = Z_{\text{ges max}} + \Delta U = \xi_{\text{ges max}} \cdot D_F + 0,8 \cdot (R_{zA} + R_{zI})$
Einpresskraft:	$F_{L \max} = \mu \cdot F_N = \mu \cdot p_{\max} \cdot \pi \cdot D_F \cdot b$



Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Abmessungen der Passfedern nach DIN 6885 T1 (Auszug)

Wellendurchmesser d_1	über bis	8 10	10 12	12 17	17 22	22 30	30 38	38 44	44 50	50 58	58 65	65 75	75 85	85 95	95 110	110 130
Passfederquerschnitt	b	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
	h	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18
Wellennuttiefe	t_1	1,8	2,5	3	3,5	4	5	5	5,5	6	7	7,5	9	9	10	11
Nabennuttiefe mit Übermaß mit Rückenspiel	t_2	0,9	1,2	1,7	2,2	2,4	2,4	2,4	2,9	3,4	3,4	3,9	4,4	4,4	5,4	6,4
	t_2	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	3,3	3,3	3,8	4,3	4,4	4,9	5,4	5,4	6,4	7,4
Schrägung/Rundung	$r_{1\max}$	0,25	0,25	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	$r_{2\max}$	0,16	0,16	0,25	0,25	0,25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bohrungen der Passfeder (für Schrauben)	d_3					3,4	3,4	4,5	5,5	5,5	6,6	6,6	6,6	9	11	11
	d_4					6	6	8	10	10	11	11	11	15	18	18
	d_5, d_7					M3	M3	M4	M5	M5	M6	M6	M6	M8	M10	M10
Bohrungen der Welle	t_3					2,4	2,4	3,2	4,1	4,1	4,8	4,8	4,8	6	7,3	7,3
	t_5					4	5	6	6	6	7	6	8	9	9	11
	t_6					7	8	10	10	10	12	11	13	15	15	17
	t_6					7	8	10	10	10	12	11	13	15	15	17
Passfederlänge l	von	6	8	10	14	18	20	28	36	45	50	56	63	70	80	90
	bis	36	45	56	70	90	110	140	160	180	200	220	250	280	320	360

Stufung der Passfederlängen l:

Längentoleranz

Stufung der Passfederlängen l:												Längentoleranz		
												Passfeder	Nut	
6	8	10	12	14	16	18	20	22	15	28			- 0,2	+ 0,2
32	36	40	45	50	56	63	70	80					- 0,3	+ 0,3
90	110	125	140	160	180	200	220	250	280	320	360	400	- 0,5	+ 0,5

Flächenpressung p:

$$p = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot l \cdot z \cdot \varphi} \leq p_{zul}$$

$\varphi = 1$ bei $z = 1$; $\varphi = 0,75$ bei $z = 2$; $\varphi = 0,66$ bei $z = 3$

Zulässige Flächenpressung in N/mm²

Welle	Nabe	p_{zul} in N/mm ²	
		stoßhaft	konstant
St42, St50	GG	45	65
St50	St, GS	75	115
harter Stahl	St, GS	75	115