

FACHPRÜFUNG

MASCHINENELEMENTE I

12.03.2007 - 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**
- 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** (gesehenes 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} 8	P_{\max} 16	P_{\max} 60

Name:

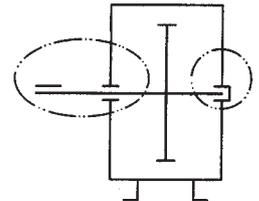
Matr.-Nr.:

Aufgabe E GG (Gestaltung)

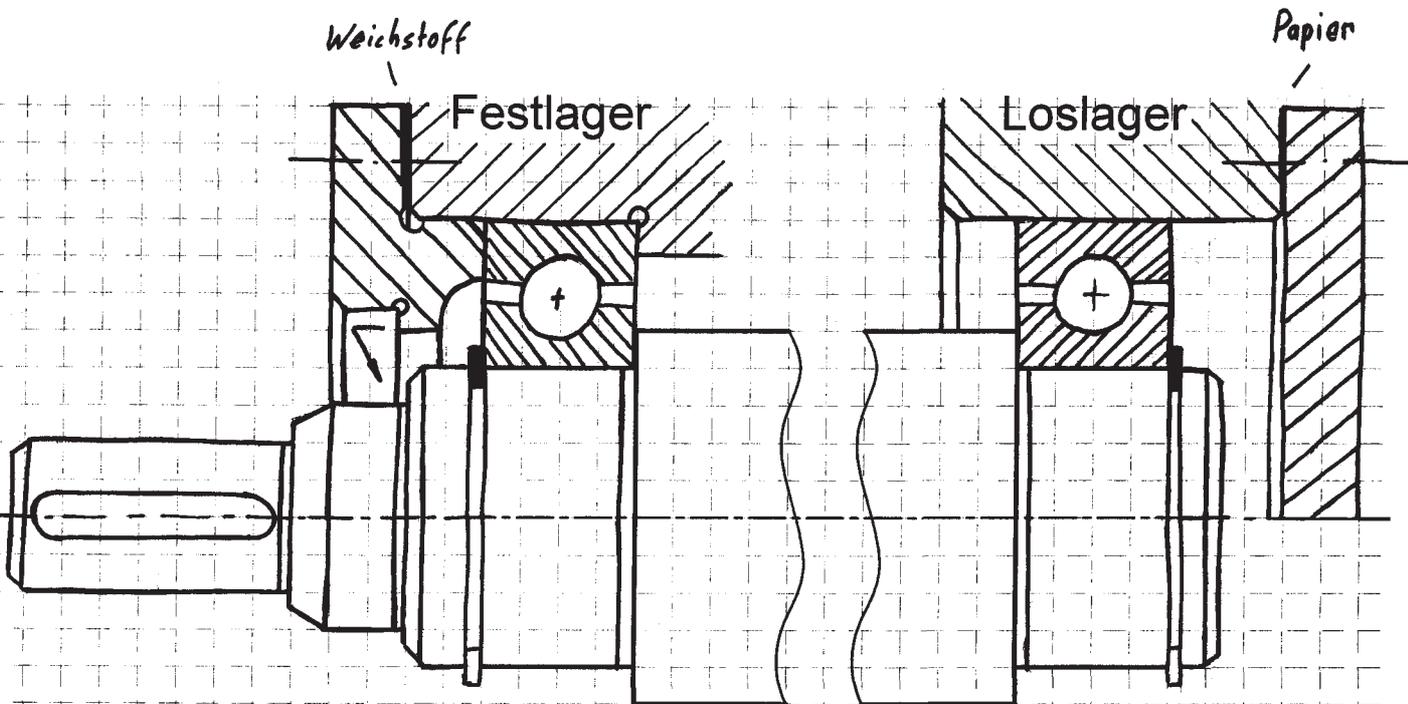
Teilaufgabe	E-GG 1	E-GG 2	Σ
Max. Pktzahl	12	18	30
Erreichte Pktzahl			

E-GG 1 Eine Welle trägt mittig ein Zahnrad und ist in einer Fest-Los-Lagerung mit Wälzlagern gelagert. Konstruieren Sie **freihändig** die Lagerung. Berücksichtigen Sie dabei folgendes:

- **Fest-Los-Lagerung** (für kleinere bis mittlere Kräfte ausreichend)
- Das Zahnrad muss **nicht** dargestellt werden (s. Skizze: gekennzeichnete Bereich, in der unteren Zeichnung ausgebrochen). Die Art der Dichtungen muss erkennbar sein.
- Links ist ein Wellenende mit Passfeder vorzusehen.
- Das Gehäuse ist nur im Bereich der Lager und Dichtungen zu gestalten; rechts außen ist ein Deckel vorzusehen, links zum Wellenende hin ein Radialwellendichtring; alle Dichtungen sind darzustellen.
- Alle Abmessungen sind zu schätzen.
- Schraubenverbindungen können durch die Mittellinien vereinfacht dargestellt werden.
- Die Darstellung der oberen Hälfte im Schnitt ist ausreichend.



Geben Sie an, welche Wälzlager Sie gewählt haben: Rillenkugellager



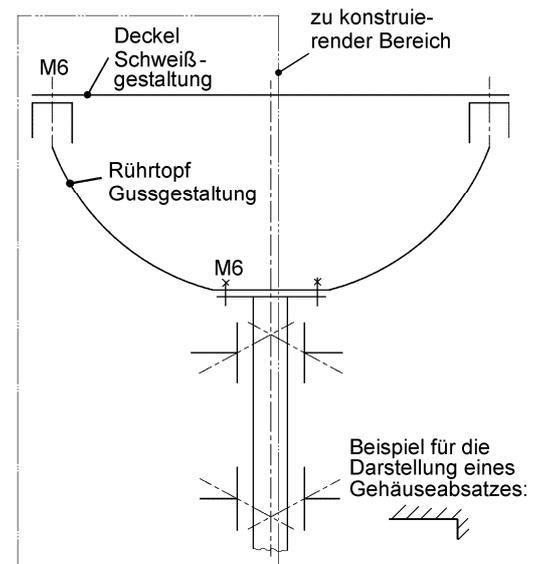
Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

E-GG 2 (s. nächste Seite) In einem stabil auszuführenden Rührtopf sollen schwere Teile dadurch entgratet werden, dass sie beim Drehen des Topfes aneinander scheuern. Ihre Aufgabe ist es, den Topf, den Deckel und die Lagerung zu konstruieren. Berücksichtigen Sie bei der Konstruktion folgendes: (s. nächste Seite)

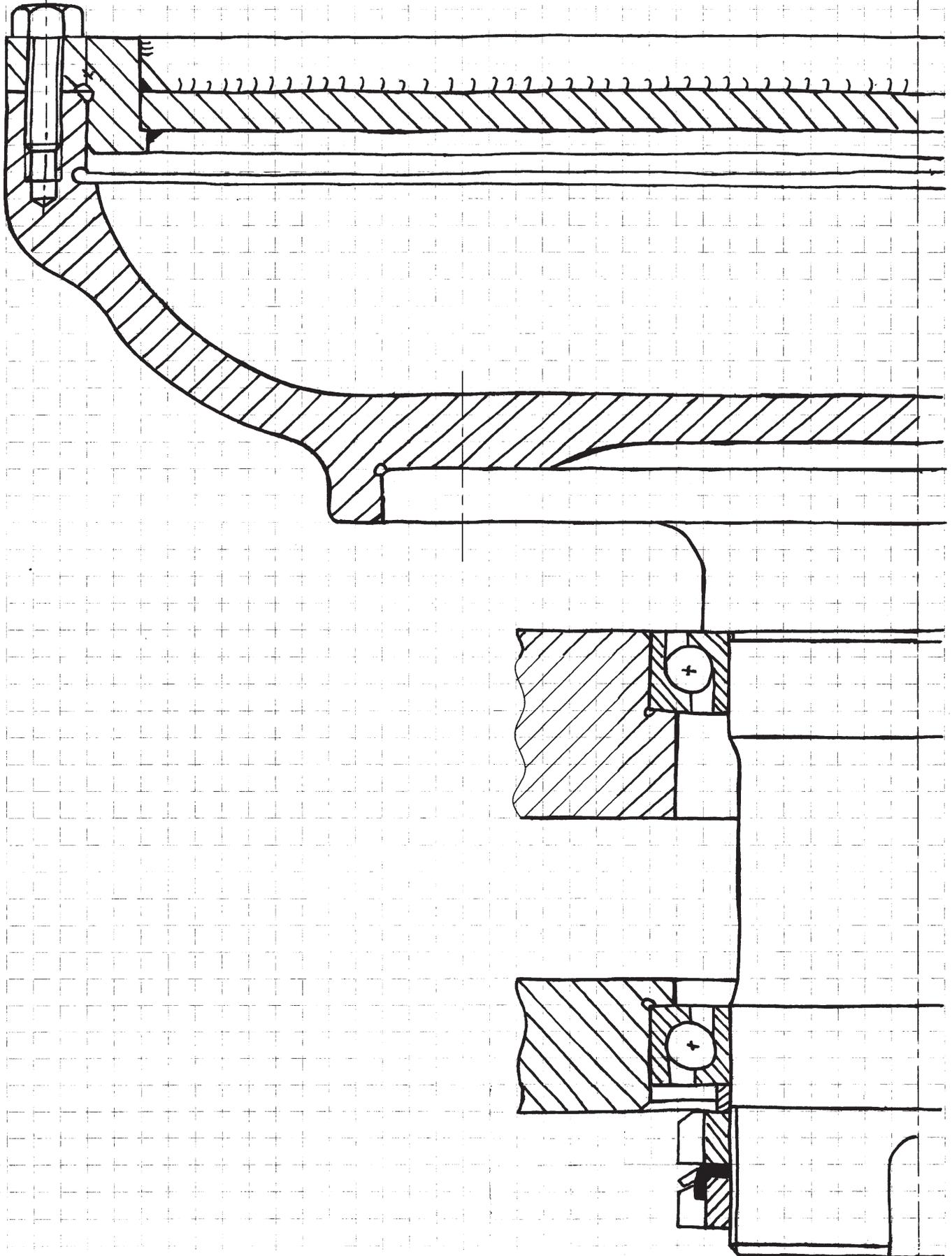
- Topf und Deckel sollen sehr stabil gestaltet werden, Wandstärke ca. 6...8 mm.
- Der Deckel soll im Topf **zentriert** werden und mit 12 Schrauben M6 aufgeschraubt werden; eine Schraubenverbindung ist darzustellen.
- Der Topf soll an einen Flansch, der Bestandteil der Welle ist, mittels der (bereits als Mittellinie dargestellten) Schraubenverbindung (ebenfalls M6) angeschraubt werden; eine **Zentrierung** ist erforderlich.
- Der Rührtopf muss als **Gussteil** gestaltet werden.
- Der Deckel muss als **Schweißteil** gestaltet werden.
- Lagerung der Welle als Trag-Stütz-Lagerung mit Wälzlagern **für hohe Kräfte**.
- Das Gehäuse für die Lager braucht nicht gestaltet zu werden, aber die Gehäuseabsätze, an denen die Lager anliegen, sind anzudeuten (s. nebenstehendes Beispiel).
- Alle Abmessungen sind zu schätzen.
- Die Darstellung der **linken Hälfte** im Schnitt ist ausreichend.



verwendete Wälzlager: _____

Name:

Matr.-Nr.: Lösung zu Aufgabe E-GG 2



Ergänzende Anmerkungen:

- Falsche Kante unter der Schraube, Vorlagenfehler.
- Vorlage bearbeitet, um die Wellenmutter zugänglich zu gestalten.

Name:

Musterlösung

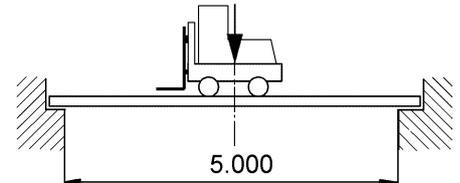
Matr.-Nr.:

Aufgabe E VE

(Versagenskriterien und Abhilfen)

Teilaufg.	E-VE a	E-VE b	E-VE c	Σ
Max. Pktzahl	2	2	2	6
Erreichte Punktzahl				

Eine Montagegrube von 5 m Länge soll so abgedeckt werden, dass ein Gabelstapler mit einer Masse von 1.000 kg darüberfahren kann. Es stehen IPB 100-Träger aus S235JR (St37) mit $\sigma_b_{St37} = 200 \text{ N/mm}^2$ zur Verfügung; die Sicherheit soll $S = 5$ sein.



a) Wie groß ist das maximale Biegemoment?

Aufgabenteil VE a: insgesamt 2 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$l_{\text{ges}} = 5000 \text{ mm}$$

$$m = 1000 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2 \quad \text{bzw.} \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Formeln:

$$M_b = F \cdot l$$

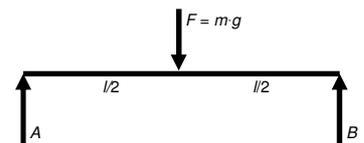
$$F = m \cdot g$$

Ermittlung des maximalen Biegemomentes M_b :

Auflagerreaktionen A und B:

$$A = \frac{F}{2}$$

$$B = \frac{F}{2}$$



Schnittgröße Biegemoment M_b :

$$0 = M_b - A \cdot x$$

$$M_{b \text{ max}} = \frac{m \cdot g}{2} \cdot \frac{l_{\text{ges}}}{2}$$

$$M_{b \text{ max}} = \frac{1000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} \cdot \frac{5 \text{ m}}{2} = 12500 \text{ Nm}$$

mit $g = 10 \text{ m/s}^2$

oder:

$$M_{b \text{ max}} = \frac{1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} \cdot \frac{5 \text{ m}}{2} = 12262,5 \text{ Nm}$$

mit $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

maximales Biegemoment $M_{b \text{ max}}$:

12500 Nm / 12262,5 Nm

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente	Kl. EI 07.03
		Fachprüfung	Bl. 6 v. 16 Name: Künne / Willms

Name: <b style="color: red;">Musterlösung	Matr.-Nr.: -----
---	------------------

b) Bei einer ähnlichen Anordnung tritt ein maximales Biegemoment von 14.000 Nm auf. Wie groß muss das Biegewidstandsmoment der Träger mindestens sein?

Aufgabenteil VE b: insgesamt 2 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$\begin{aligned}
 S &= 5 \\
 \sigma_{b \max} &= 200 \text{ N/mm}^2 \\
 M_{b \max} &= 14000 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Formeln:

$$\frac{\sigma_b}{2} = \frac{M_b}{W_b}$$

Ermittlung des Biegewidstandsmoment W_b :

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

$$W_b = \frac{14000000 \text{ Nmm}}{\frac{200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{5}} = 350000 \text{ mm}^3$$

Biegewidstandsmoment W_b :

350 cm³

c) Wie viele IPB 100-Träger müssen nebeneinander angeordnet werden, damit der Gabelstapler darüber fahren kann

Aufgabenteil VE b: insgesamt 2 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$W_{b \text{ zul}} = 89,9 \text{ cm}^3$$

Formeln:

$$\text{Anzahl } z = \frac{W_{b \text{ vorh}}}{W_{b \text{ zul}}}$$

Ermittlung der erforderlichen Anzahl:

$$\text{Anzahl } z = \frac{350}{89,9} = 3,8932$$

Anzahl z:

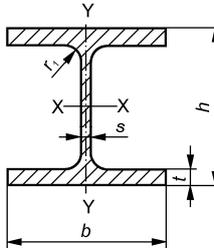
4 Stück

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Warmgewalzte I-Träger – IPB-Reihe DIN 1025-2 (11.1995)



Kurzzeichen	Maße (in mm)					Querschnitt cm ²	W _b cm ³
	h	b	s	t	r ₁		
IPB 100	100	100	6	10	12	26,0	89,9
IPB 120	120	120	6,5	11	12	34,0	144
IPB 140	140	140	7	12	12	43,0	216
IPB 160	160	160	8	13	15	54,3	311
IPB 180	180	180	8,5	14	15	65,3	426
IPB 200	200	200	9	15	18	78,1	570
IPB 220	220	220	9,5	16	18	91,0	736
IPB 240	240	240	10	17	21	106	938
IPB 260	260	260	10	17,5	24	118	1150
IPB 280	280	280	10,5	18	24	131	1380
IPB 300	300	300	11	19	27	149	1680
IPB 320	320	300	11,5	20,5	27	161	1930
IPB 340	340	300	12	21,5	27	171	2160

Name: **Musterlösung** Matr.-Nr.:

Aufgabe E AW (Achsen und Wellen)

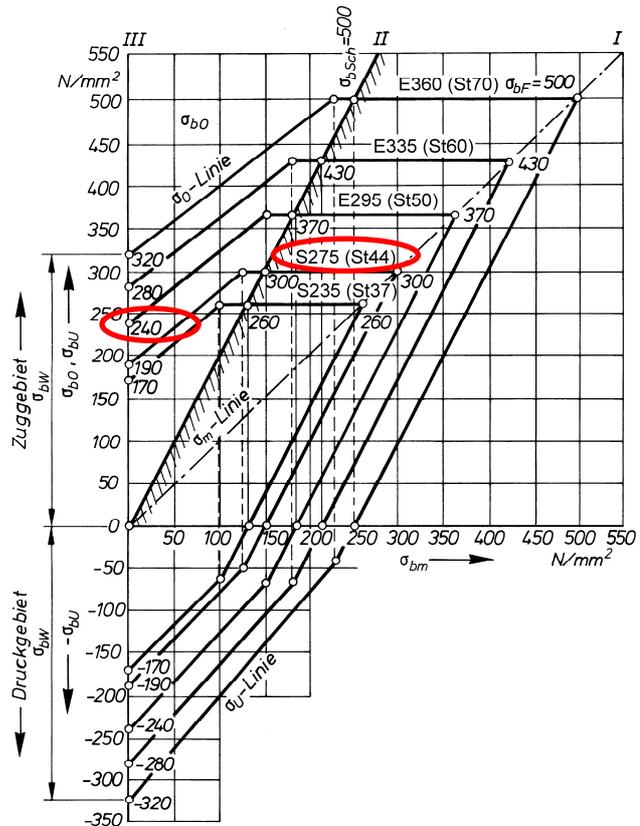
Teilaufg.	Σ
Max. Pktzahl	8
Erreichte Punktzahl	

E-AW 1

Ein einfacher Anhänger hat als Achse ein gelagertes, also umlaufendes Rohr mit einem Innendurchmesser von 40 mm und einem Außendurchmesser von 45 mm. Es wirkt in Folge der Gewichtskräfte ein maximales Biegemoment von 268,5 Nm. Die Sicherheit soll 3 betragen. Wählen Sie (nach entsprechender Berechnung) einen geeigneten Werkstoff aus, bei dem die Achse dauerhaft ist.

Auszug Skript:

Querschnitt	Äquatoriales	
	Trägheitsmoment $I_{\text{äq}}$	Widerstandsmoment $W_{\text{äq}}$ gegen Biegung
	$\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$\frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D}$
	$\pi \cdot s \cdot r^3$	$\frac{\pi}{4} s D^2$
	$\frac{\pi}{64} D^4$	$\frac{\pi}{32} D^3$



Aufgabenteil AW 1: insgesamt 8 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

- $d = 40 \text{ mm}$
- $D = 45 \text{ mm}$
- $M_{b \text{ max}} = 268,5 \text{ Nm}$
- $S = 3$

Formeln:

$$W_{\text{äq}} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$$

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



Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Ermittlung des Widerstandsmoment $W_{\text{äq}}$:

$$W_{\text{äq}} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{45^4 \text{ mm}^4 - 40^4 \text{ mm}^4}{45 \text{ mm}} = 3361,1223 \text{ mm}^3$$

Ermittlung der Biegespannung σ_b :

ohne Sicherheit:

$$\sigma_b = \frac{268500 \text{ Nmm}}{3361,1223 \text{ mm}^3} = 79,8840 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

mit Sicherheit:

$$\sigma_b (S) = \frac{268500 \text{ Nmm}}{3361,1223 \text{ mm}^3} \cdot 3 = 239,652 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Bedingung:

$$\sigma_b (S) \leq \sigma_{\text{zul}}$$

Werkstoff: **E 295 (St 50)**

Name: **Musterlösung** Matr.-Nr.: -----

Aufgabe E-WN (Welle-Nabe-Verbindungen)

Teilaufgabe	E-WN 1	E-WN 2	E-WN 3	E-WN 4	Σ
Max. Pktzahl	4	1	5	6	16
Erreichte Pktzahl					

E-WN 1 Eine Antriebswelle mit $d = 45$ mm soll ein konstantes Drehmoment von $T = 210$ Nm übertragen. Das Drehmoment wird über eine Kupplungsnabe aus C 60 eingeleitet und soll mit einer Passfeder übertragen werden. Wählen Sie eine genormte Passfeder Verbindung aus und berechnen Sie die **Gesamtlänge** der Passfeder.

Passfeder- querschnitt	h9 h9	b h	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Wellendurch- messer d_1	über bis	d_1	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75
Wellennuttiefe zul. Abw.	t_1		1,2	1,8	2,5	3	3,5	4	5	5	5,5	6	7	7,5	9
Naben- nut- tiefe	m. Übermaß m. Rückenspiel zul. Abw.	t_2	0,5	0,9	1,2	1,7	2,2	2,4	2,4	2,4	2,9	3,4	3,4	3,9	4,4
Passfederlänge von bis	l		6	6	8	10	14	18	22	28	36	45	50	56	63
			20	36	45	56	70	90	110	140	160	180	200	220	250

1) DIN EN ISO 1207, DIN 7984 oder DIN 6912 2) DIN EN ISO 8752

Stufung der Passfederlängen l											Längentoleranz			
											Passfeder	Nut		
6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	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 $p = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot l \cdot z \cdot \varphi} \leq p_{zul}$

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

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

Aufgabenteil WN 1: insgesamt 4 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$d = 45$ mm
 $T = 210$ Nm
 $z = 1$
 $\varphi = 1$
Werkstoff: C60

Formeln:

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

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

Ermittlung der Gesamtlänge l_{ges} :

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

Ermittlung der tragenden Länge l :

$$l \geq \frac{2 \cdot 210000 \text{ Nmm}}{45 \text{ mm} \cdot (9 - 5,5) \text{ mm} \cdot 115 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1 \cdot 1} = 23,1884 \text{ mm}$$



Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

aus Tabellen entnommene Daten:

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

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

$$l_{\text{ges}} = 23,1884 \text{ mm} + 9 \text{ mm} = 32,1884 \text{ mm}$$

Wähle: $l_{\text{ges, min}} = 36 \text{ mm}$

Höhe h :

14 mm

Breite b :

9 mm

Gesamtlänge l_{ges} :

36 mm

E-WN 2 Welche Leistung P kann für diesen Fall bei einer Drehzahl von 1450 min^{-1} übertragen werden?

Aufgabenteil WN 2: insgesamt 1 Punkt

Lösung: **gegebene Daten:**

$$n = 1450 \text{ min}^{-1}$$

$$T = 210 \text{ Nm}$$

Formeln:

$$P = T \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$$

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

Ermittlung der übertragbaren Leistung P :

$$P = 210 \text{ Nm} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1450}{60} \text{ s}^{-1} = 31887,1654 \text{ W}$$

1. $J = \text{Nm}$

2. $J = \text{Ws} \Rightarrow \text{Ws} = \text{Nm} \Leftrightarrow \text{W} = \text{Nm/s}$

Leistung P :

31,8872 KW

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

E-WN 3

Eine ähnliche Antriebswelle aus S355 (St 52-3) mit $d = 45$ mm soll für eine andere Anwendung ein stoßhaftes Drehmoment von $T = 210$ Nm übertragen. Das Drehmoment soll mit einer Querpresspassung übertragen werden. Die aufgesetzte Nabe ist aus C60. Sie hat einen Außendurchmesser von 90 mm; die Breite der Verbindung beträgt 45 mm; der Reibbeiwert ist $\mu = 0,15$. Berechnen Sie die minimale und die maximale Flächenpressung für eine Sicherheit von 1,5.

Aufgabenteil WN 3: insgesamt 5 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$D_F = 45 \text{ mm}$$

$$T = 210 \text{ Nm}$$

$$D_{aA} = 90 \text{ mm}$$

$$b = 45 \text{ mm}$$

$$\mu = 0,15$$

$$S_F = 1,5$$

Werkstoff: Welle S355 (St 52-3)
Nabe C60

Formeln:

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

$$p_{\text{zulA}} = R_e \cdot \frac{1 - Q_A^2}{\sqrt{3} \cdot S_F}$$

$$p_{\text{zulII}} = R_e \cdot \frac{2}{\sqrt{3} \cdot S_F}$$

$$Q_A = \frac{D_F}{D_{aA}}$$

$$Q_I = \frac{D_{iI}}{D_F}$$

Ermittlung der minimalen Flächenpressung p_{\min} :

$$p_{\min} = \frac{2 \cdot 210000 \text{ Nmm}}{0,15 \cdot \pi \cdot 45^2 \text{ mm}^2 \cdot 45 \text{ mm}} = 9,7807 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Ermittlung der maximalen Flächenpressung p_{\max} :

$$p_{\max} = \min\{p_{\text{zulA}}; p_{\text{zulII}}\}$$

Bestimme p_{zulA} (zäher Wst.): $p_{\text{zulA}} = R_e \cdot \frac{1 - 0,5^2}{\sqrt{3} \cdot S_F}$

Bestimme Q_A : $Q_A = \frac{45 \text{ mm}}{90 \text{ mm}} = 0,5$

ermittle R_e aus Tabelle: $R_{e(C60)} = 490 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$p_{\text{zulA}} = 490 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{1 - 0,5^2}{\sqrt{3} \cdot 1,5} = 141,4508 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Name: **Musterlösung** Matr.-Nr.: -----

Bestimme p_{zulII} (Vollwelle):
$$p_{zulII} = R_e \cdot \frac{2}{\sqrt{3} \cdot 1,5}$$

ermittle R_e aus Tabelle:
$$R_e (S355) = 345 \frac{N}{mm^2}$$

$$p_{zulII} = 345 \frac{N}{mm^2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3} \cdot 1,5} = 265,5811 \frac{N}{mm^2}$$

$p_{zulA} \leq p_{zulII}$ daraus folgt: $p_{max} = p_{zulA}$

minimalen Flächenpressung p_{min} :
maximale Flächenpressung p_{max} :

9,78 N/mm²
141,45 N/mm²

Auszug Skript:

Mindestflächenpressung:

$$p_{min} = \frac{2 \cdot T}{D_F} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \pi \cdot D_F \cdot b} = \frac{2 \cdot T}{\mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b}$$

Maximale zulässige Flächenpressung p_{max} :

$$p_{max} = \min(p_{zulI}, p_{zulA})$$

Zulässige Flächenpressung p_{zulA} für Außenteil:

$$p_{zulA} = R_e \cdot \frac{1 - Q_A^2}{\sqrt{3} \cdot S_F} \quad (\text{zähe Werkst.})$$

Zulässige Flächenpressung p_{zulI} für Innenteil:

$$p_{zulI} = R_e \cdot \frac{1 - Q_I^2}{\sqrt{3} \cdot S_F} \quad (\text{für Hohlwellen})$$

$$p_{zulA} = R_m \cdot \frac{1 - Q_A^2}{(1 + Q_A^2) \cdot S_B} \quad (\text{spröde Werkst.})$$

$$p_{zulI} = R_e \cdot \frac{2}{\sqrt{3} \cdot S_F} \quad (\text{für Vollwellen})$$

$$Q_I = \frac{D_{iI}}{D_F} \quad \text{und} \quad Q_A = \frac{D_F}{D_{aA}}$$

Hilfswerte (Durchmesserverhältnisse Q_I und Q_A):

Werkstoff		R_e in N/mm ²
S235JR (St37-2)	1.0038	225
S355 (St52-3)	1.0570	345
E355 (St60-2)	1.0060	325
E360 (St70-2)	1.0070	355
C35	1.0501	365
C45	1.0503	410
C60	1.0601	490
16MnCr5	1.7131	590
20MnCr5	1.7147	700
17CrNiMo6	1.6587	785
18CrNi8	1.5920	800

Werkstoff		R_m in N/mm ²
EN-GJL-150 (GG-15)	0.6015	150
EN-GJL-200 (GG-20)	0.6020	200
EN-GJL-350 (GG-35)	0.6035	350
EN-GJL-400 (GG-40)	0.6040	400
EN-GJS-400 (GGG-40)	0.7040	400
EN-GJS-600 (GGG-60)	0.7050	600
EN-GJMB-450 (GTS-45)	0.8145	450
EN-GJMB-650 (GTS-65)	0.8165	650
GS-38	1.0416	380
GS-45	1.0443	450
GS-60	1.0553	600

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

E-WN 4

Bei einer ähnlichen Anordnung ist $Q_A = 0,4$, $p_{\min} = 20 \text{ N/mm}^2$ und $p_{\max} = 140 \text{ N/mm}^2$. Beide Teile sind aus Stahl mit $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$ und $m = 0,3$. Berechnen Sie das relative Gesamt-Haftmaß; wie groß müssen das minimale und das maximale Haftmaß Z_{\min} und Z_{\max} sein?

Aufgabenteil WN 4: insgesamt 6 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$\begin{aligned} Q_A &= 0,4 \\ p_{\min} &= 20 \text{ N/mm}^2 \\ p_{\max} &= 140 \text{ N/mm}^2 \\ E &= 210.000 \text{ N/mm}^2 \\ m &= 0,3 \end{aligned}$$

Formeln:

$$\xi_{A \min} = \frac{p_{\min}}{E_A} \cdot \left(\frac{1 + Q_A^2}{1 - Q_A^2} + m_A \right)$$

$$\xi_{A \max} = \frac{p_{\max}}{E_A} \cdot \left(\frac{1 + Q_A^2}{1 - Q_A^2} + m_A \right)$$

Werkstoff: Welle S355 (St 52-3)
Nabe C60

$$\xi_{I \min} = \frac{p_{\min}}{E_A} \cdot \left(\frac{1 + Q_I^2}{1 - Q_I^2} - m_A \right)$$

$$\xi_{I \max} = \frac{p_{\max}}{E_A} \cdot \left(\frac{1 + Q_I^2}{1 - Q_I^2} - m_A \right)$$

$$\xi_{\text{ges max}} = \xi_{I \max} + \xi_{A \max}$$

$$\xi_{\text{ges min}} = \xi_{I \min} + \xi_{A \min}$$

$$Z_{\text{ges max}} = \xi_{\text{ges max}} \cdot D_F$$

$$Z_{\text{ges min}} = \xi_{\text{ges min}} \cdot D_F$$

Ermittlung des relativen minimalen Gesamt-Haftmaßes ξ_{\min} :

$$\xi_{\text{ges min}} = \xi_{I \min} + \xi_{A \min}$$

Bestimme $\xi_{I \min}$:
$$\xi_{I \min} = \frac{20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \left(\frac{1 + 0^2}{1 - 0^2} - 0,3 \right) = 0,067 \cdot 10^{-3}$$

Bestimme $\xi_{A \min}$:
$$\xi_{A \min} = \frac{20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \left(\frac{1 + 0,4^2}{1 - 0,4^2} + 0,3 \right) = 0,1601 \cdot 10^{-3}$$

$$\xi_{\text{ges min}} = 0,067 \cdot 10^{-3} + 0,1601 \cdot 10^{-3} = 0,2271 \cdot 10^{-3}$$

oder: (Vereinfachung für gleiche Werkstoffe für Vollwelle und Nabe ($E_A = E_I = E$; $m_A = m_I = m$))

$$\xi_{\text{ges min}} = \frac{p_{\min}}{E_A} \cdot \left(\frac{2}{1 - Q_A^2} \right) = \frac{20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \left(\frac{2}{1 - 0,4^2} \right) = 0,2268 \cdot 10^{-3}$$

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Ermittlung des relativen maximalen Gesamt-Haftmaßes ξ_{\max} :

$$\xi_{\text{ges max}} = \xi_{\text{I max}} + \xi_{\text{A max}}$$

Bestimme $\xi_{\text{I max}}$:
$$\xi_{\text{I max}} = \frac{140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \left(\frac{1 + 0^2}{1 - 0^2} - 0,3 \right) = 0,4667 \cdot 10^{-3}$$

Bestimme $\xi_{\text{A max}}$:
$$\xi_{\text{A max}} = \frac{140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \left(\frac{1 + 0,4^2}{1 - 0,4^2} + 0,3 \right) = 1,1206 \cdot 10^{-3}$$

$$\xi_{\text{ges max}} = 0,4667 \cdot 10^{-3} + 1,1206 \cdot 10^{-3} = 1,5873 \cdot 10^{-3}$$

oder: (Vereinfachung für gleiche Werkstoffe für Vollwelle und Nabe ($E_A = E_I = E$; $m_A = m_I = m$))

$$\xi_{\text{ges max}} = \frac{p_{\max}}{E_A} \cdot \left(\frac{2}{1 - Q_A^2} \right) = \frac{140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \left(\frac{2}{1 - 0,4^2} \right) = 1,5873 \cdot 10^{-3}$$

Ermittlung des maximalen Haftmaßes Z_{\max} :

$$Z_{\text{ges max}} = 1,5873 \cdot 10^{-3} \cdot 45 \cdot 10^{-3} \mu\text{m} = 71,43 \mu\text{m}$$

Ermittlung des minimalen Haftmaßes Z_{\min} :

$$Z_{\text{ges min}} = 0,2271 \cdot 10^{-3} \cdot 45 \cdot 10^{-3} \mu\text{m} = 10,2195 \mu\text{m}$$

relatives maximales Gesamt-Haftmaß $\xi_{\text{ges max}}$:

relatives minimales Gesamt-Haftmaß $\xi_{\text{ges min}}$:

maximales Haftmaß Z_{\max} :

minimales Haftmaß Z_{\min} :

$1,5873 \cdot 10^{-3}$

$0,2271 \cdot 10^{-3}$

$71,43 \mu\text{m}$

$10,22 \mu\text{m}$

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Auszug Skript:

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:

$$\xi_{I \min} = \frac{p_{\min}}{E_I} \cdot \left(\frac{1 + Q_I^2}{1 - Q_I^2} - m_I \right)$$

$$\xi_{I \max} = \frac{p_{\max}}{E_I} \cdot \left(\frac{1 + Q_I^2}{1 - Q_I^2} - m_I \right)$$

Relative Haftmaße:

$$\xi_{\text{ges}} = \frac{Z_{\text{ges}}}{D_F} \quad \xi_I = \frac{Z_I}{D_F} \quad \xi_A = \frac{Z_A}{D_F}$$

$$\xi_{\text{ges min}} = \xi_{I \min} + \xi_{A \min}$$

$$\xi_{\text{ges max}} = \xi_{I \max} + \xi_{A \max}$$

Vereinfachung für gleiche Werkstoffe für Vollwelle und Nabe ($E_A = E_I = E$; $m_A = m_I = m$):

$$\xi_{\text{ges min}} = \frac{p_{\min}}{E} \cdot \frac{2}{1 - Q_A^2}$$

$$\xi_{\text{ges max}} = \frac{p_{\max}}{E} \cdot \frac{2}{1 - Q_A^2}$$

Umrechnung mittels Fügedurchmesser:

$$Z_{\text{ges min}} = \xi_{\text{ges min}} \cdot D_F$$

$$Z_{\text{ges max}} = \xi_{\text{ges max}} \cdot D_F$$