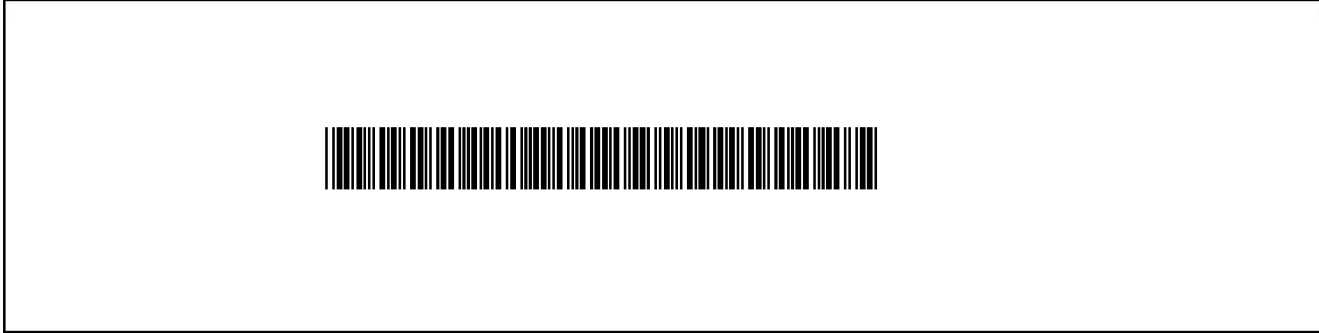


Klausurdeckblatt



Matrikel – Nr.:

--	--	--	--	--	--

Bitte tragen Sie ihre Matrikelnummer und ihren Namen in die dafür vorgesehenen Felder ein. Bitte in deutlicher Handschrift mit einem schwarzen Stift (nicht Bleistift)  
Das Feld mit dem Barcode ist unbedingt frei zu lassen.

Vorname: **Musterlösung**

Nachname: **Musterlösung**

Danke.

FACHPRÜFUNG



Fakultät Maschinenbau  
Fachbereich Maschinenelemente  
Prof. Dr.-Ing. B. Künne

MASCHINENELEMENTE I

10. März 2009 - 14:30 bis 16:00 Uhr (90 Minuten)

Umfang:  $\Sigma = 60$  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 versehen. Die Aufgaben ggf. nicht bewerten. Die Blätter sind zu bearbeiten. Ein Auftrennen der Blätter ist nicht zulässig. Berechnungen und Skizzen dürfen die Rückseiten verwendet werden. Die Blätter sind zudem beim Aufsichtspersonal erhältlich.

Bitte schreiben Sie das Ergebnis der Berechnungen in das vorgesehene Lösungskästchen, zusätzlich muss der Lösungsweg nachvollziehbar sein; das Ergebnis alleine ist nicht ausreichend. Die Angabe ist freihändig mit einem Bleistift zu lösen.

Zugelassen sind Taschenrechner, Schreib- und Zeichenwerkzeug)

Bewertung: (Nicht vom Bearbeiter auszufüllen)

E GG	E VE	E AW	E WN	$\Sigma$
Pmax	Pmax	Pmax	Pmax	Pmax
30	5	10	15	60

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

Name: <span style="color: red; font-weight: bold; font-style: italic;">Musterlösung</span>	Matr.-Nr.: -----
--	------------------

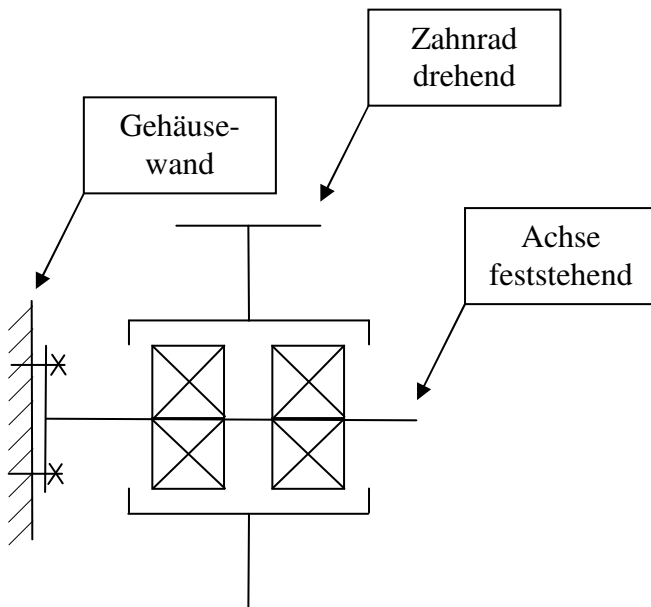
**Aufgabe E GG 1 (Konstruktionsaufgabe)**

Teilaufgabe	E-GG 1	E-GG 2	Σ
Max. Pktzahl	10	20	30
Erreichte Pktzahl			

Konstruieren Sie für den Rückwärtsgang eines Getriebes das Zwischenrad zur Drehrichtungsumkehr gemäß der unten stehenden Skizze. Das Zahnrad ist in einer **schwimmenden Lagerung** (Trag-Stütz-Lagerung) drehbar auf einer feststehenden Achse zu lagern, die mit der Gehäusewand verschraubt ist. Vorlage s. nächste Seite. Beachten Sie dabei folgendes:

- Die Achse ist feststehend mit der Getriebewand verschraubt,
- Die Verzahnung mit ihren Mittellinien ist bereits vorgegeben,
- Lagerung als **schwimmende Lagerung** (Sonderfall der Trag-Stütz-Lagerung),
- es ist keine Ölschmierung erforderlich. Bitte machen Sie jedoch an den Lagern kenntlich, dass diese auf Lebenszeit von Werk ab dauergeschmiert und abgedichtet sind,
- beachten Sie die Montierbarkeit,
- Verschraubungen können durch Mittellinien vereinfacht dargestellt werden,
- obere und untere Hälfte der gesamten Konstruktion sind zu zeichnen; Halbdarstellung nicht zulässig,
- freie Wahl bezüglich **Schweiß- oder Gussgestaltung**.

Geben Sie an, welche Lager Sie gewählt haben: \_\_\_\_\_

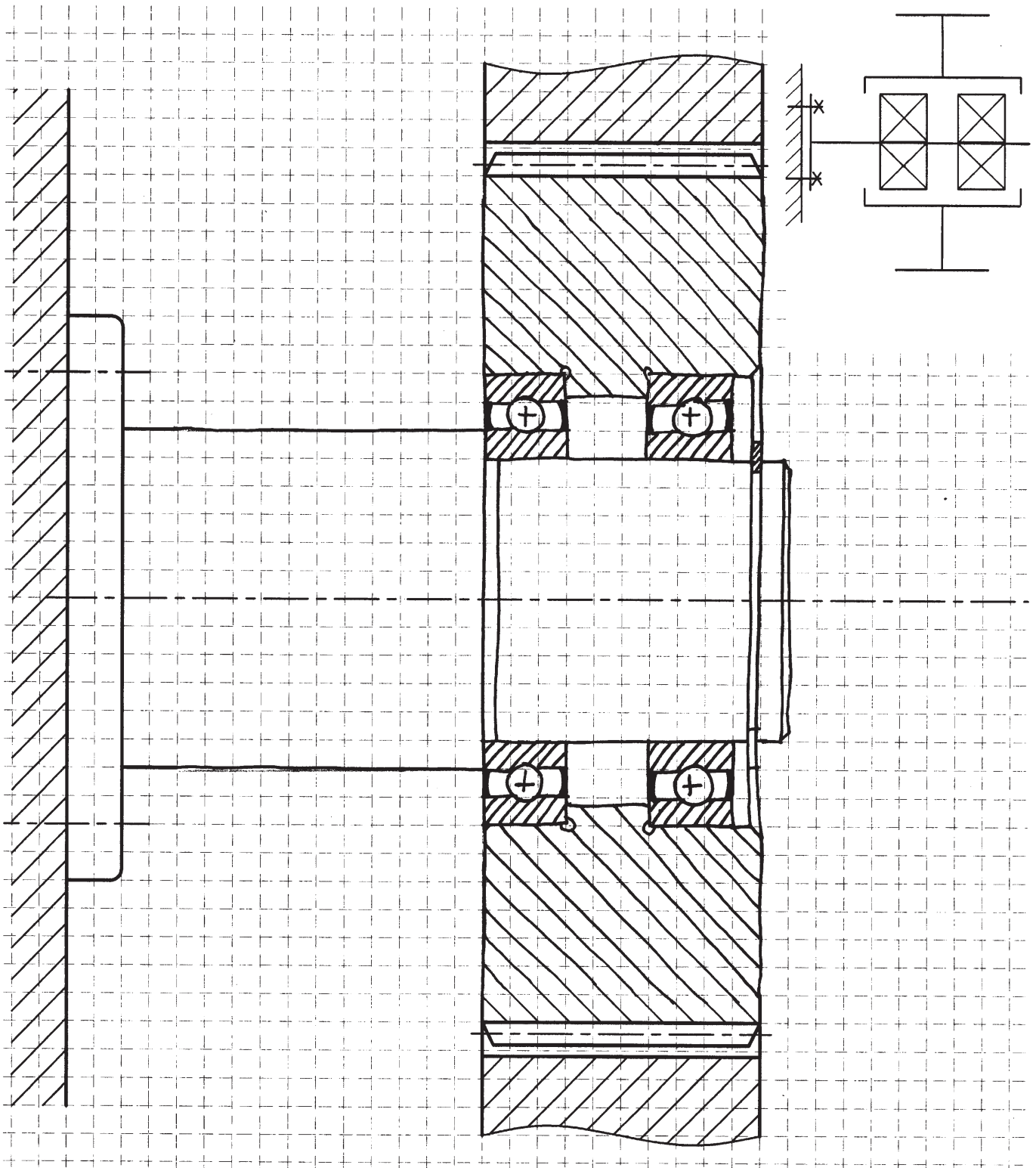


W a	509	-0,5	
	x	-0,5	
W La	↔	-1	
W Rw	↔	-1	
	/	-0,5	
W E		-1	
	⊃	-2	
La	™	-0,5	
	♥	-1	
	Fkt	-2	
	∅	-1	
Rw		-0,5	
Sr	°	-1	
	♥	-1	
G	/	-0,5	
	x	-0,5	
	≈	-0,5	
	G♥	-1	
	La↑↓	-1	
	Rw↑↓	-1	
	#	-1	
	F	-1	
A		±	

**Nicht auszufüllen, nur für Bewertung GG 2**

Name:

Matr.-Nr.:



Ergänzende Anmerkungen:

- Spiel überdeutlich dargestellt (tats. 0,5mm – 1mm)

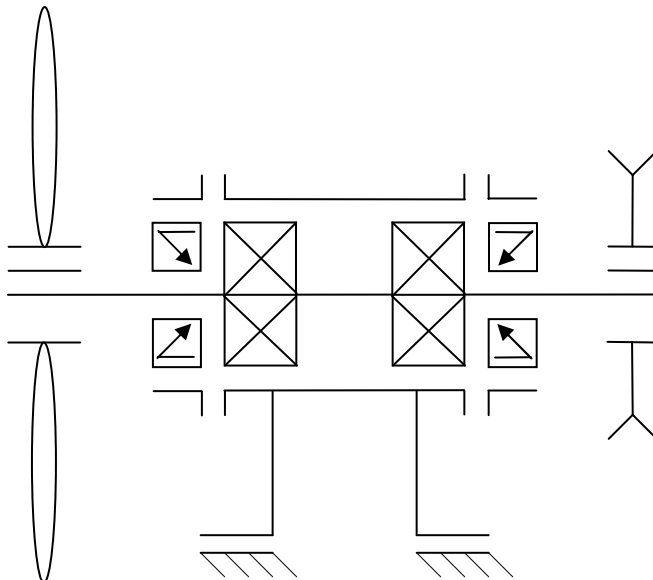
Name: <span style="color: red; font-weight: bold; margin-left: 50px;">Musterlösung</span>	Matr.-Nr.: -----
---	------------------

**Aufgabe E GG 2 (Konstruktionsaufgabe)**

Konstruieren Sie die Antriebswelle eines Lüfters. Das Lüfterrad (links) ist auf der Welle mit einer Passfederverbindung zu befestigen. Der Antrieb (rechts) erfolgt über eine Riemenscheibe mit Passfederverbindung. Beide Teile sind mit einem Sicherungsring axial zu sichern. Die Welle ist in einer Trag-Stütz-Lagerung, die sich bei Wärmeausdehnungen der Welle nicht verspannt, zu lagern. Das Gehäuse ist als Schweißkonstruktion öldicht zu gestalten. Vorlage s. nächste Seite. Beachten Sie dabei folgendes:

- Der Antrieb erfolgt rechts über eine Passfederverbindung mit Riemenscheibe; axiale Festlegung nach rechts mit einem Sicherungsring,
- das Lüfterrad ist mit einer Passfederverbindung und nach links axial mit einem Sicherungsring zu befestigen,
- Die Riemenscheibe und das Lüfterrad sind lediglich im Bereich der Welle zu konstruieren,
- Lagerung als **Trag-Stütz-Lagerung, die sich bei Wärmeausdehnung der Welle nicht verspannt**,
- das gesamte Gehäuse ist öldicht abzudichten, um Ölverluste zu vermeiden; hierzu sind geeignete Dichtungen einzusetzen,
- Es ist je eine Öleinlass- und Ölablassschraube vollständig (also **nicht** vereinfacht) darzustellen; die Verschraubungen an den Deckeln dürfen vereinfacht durch Mittellinien dargestellt werden,
- beachten Sie die Montierbarkeit,
- das Gehäuse ist als **Schweißgehäuse mit Füßen** (z. B. rohrförmig) zu konstruieren,
- Die obere und die untere Hälfte der gesamten Konstruktion sind zu zeichnen, Halbdarstellung nicht zulässig.

Geben Sie an, welche Lager Sie gewählt haben: \_\_\_\_\_



W a	x	-1	
W La	∩	-1	
La	TM	-1	
	♥	-1	
	Fkt	-2	
	∅	-1	
	↔	-1	
G	509	-0,5	
	x	-0,5	
	#	-1	
A		±	

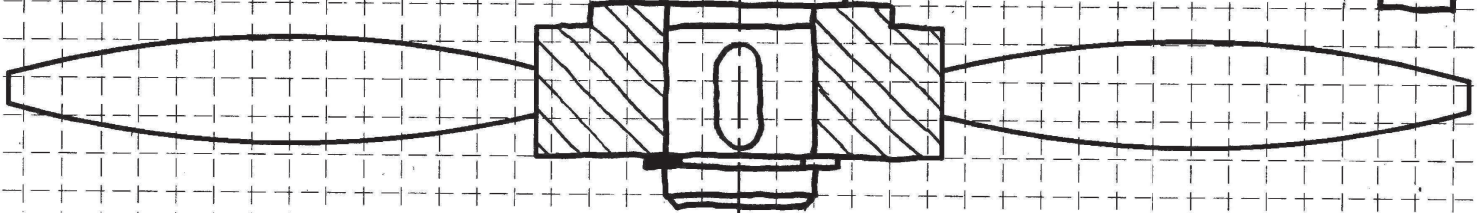
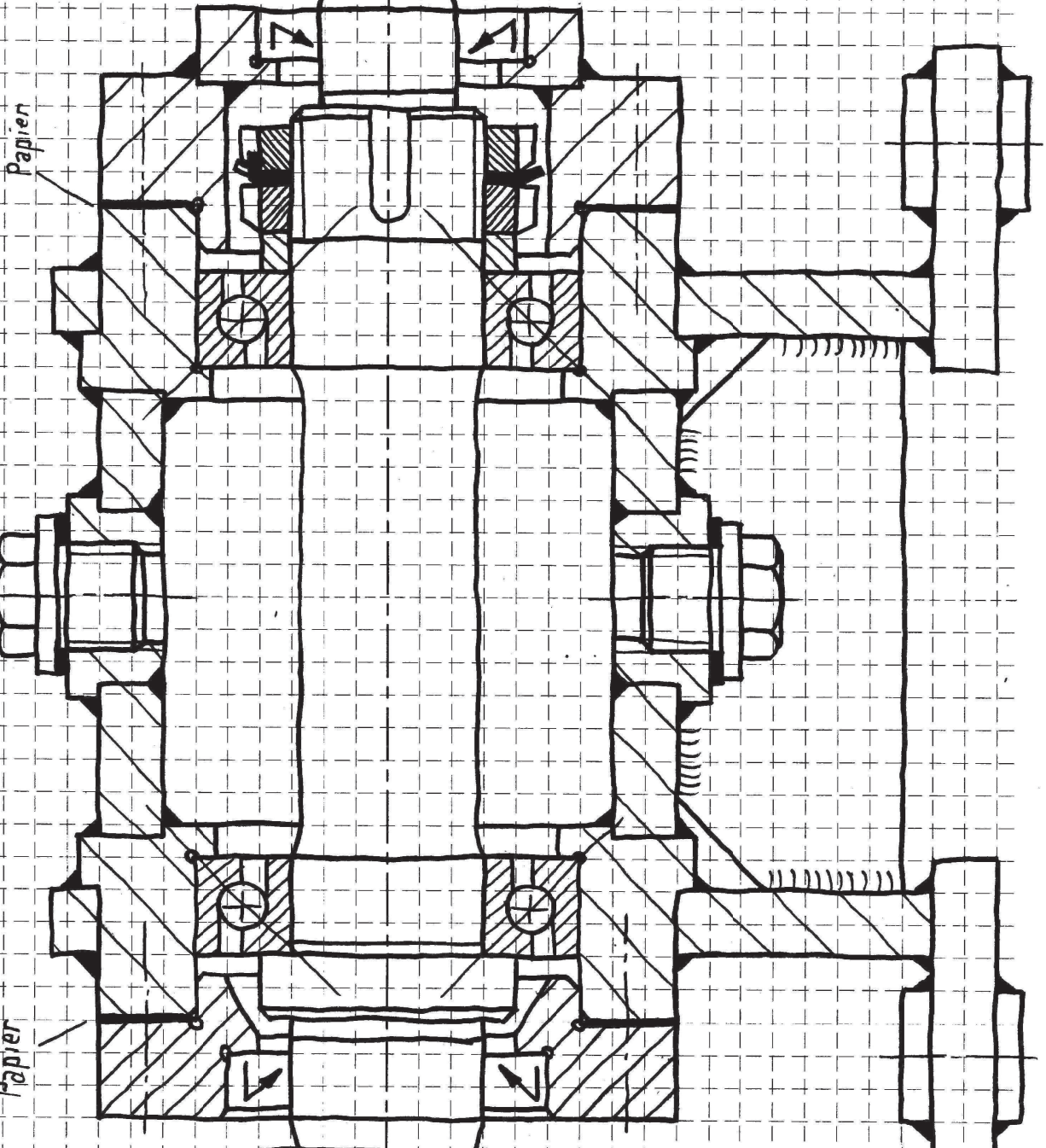
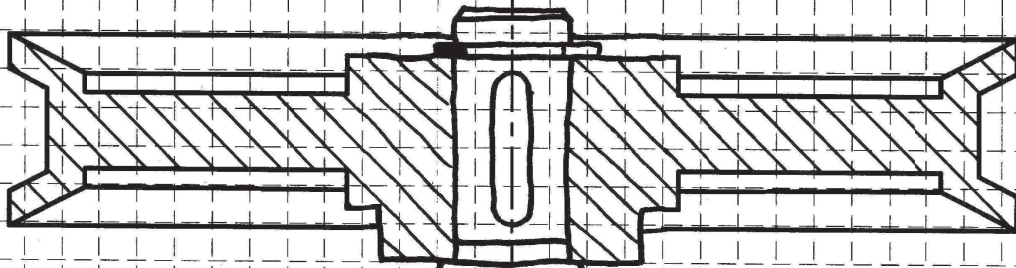
**Nicht auszufüllen, nur für Bewertung GG 1**



Name:

Matr.-Nr.:

↑ oben ↑



Ergänzende Anmerkungen:

- Die Füße sind nicht schraffiert, da sie nicht in der Schnittebene liegen

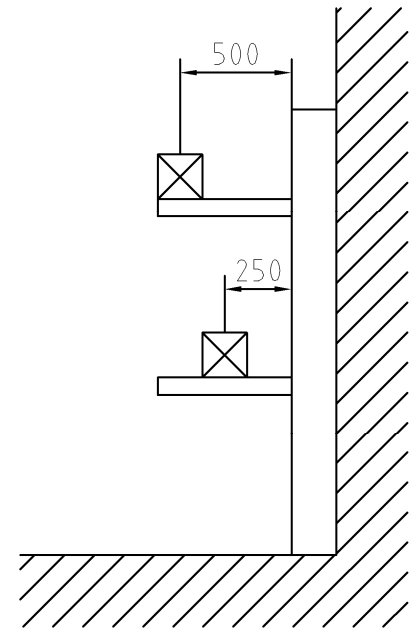
Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: -----

**Aufgabe E VE (Versagenskriterien)**

Teilaufgabe	E-VE 1	E-VE 2	E-VE 3	$\Sigma$
Max. Pktzahl	1	2	2	5
Erreichte Pktzahl				

In einem Regal sind auf unterschiedlichen Ebenen Pakete eingelagert. Wie in der Abbildung zu sehen, befinden sich die Pakete mit unterschiedlichen Abständen zur rechten Wand auf den jeweiligen Regalebenen (0,5 m und 0,25 m). Die Pakete besitzen eine Masse von jeweils 25 kg und können für die weitere Berechnung als Punktmasse angenommen werden. Die Regalebenen bestehen aus U-Profilen aus S235JR (St37), die an ihren Enden mit dem Regalgestell starr verbunden sind. Für den verwendeten Werkstoff wird  $\sigma_{b, St37}$  mit  $200 \text{ N/mm}^2$  angenommen. Es soll mit einer Sicherheit von  $s = 4$  gerechnet werden.



**E-VE 1** Berechnen Sie für die beiden dargestellten Fälle jeweils das maximale Biegemoment.

**Aufgabenteil VE 1: insgesamt 1 Punkt**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$m = 25 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ kg/m}^2 / g = 10 \text{ kg/m}^2$$

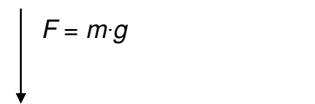
$$l_1 = 500 \text{ mm}$$

$$l_2 = 250 \text{ mm}$$

**Formeln:**

$$M_{b \text{ max}} = F \cdot l$$

**Freikörperbild:**



$$F = m \cdot g = 245,25 \text{ N} / (250 \text{ N})$$


$$M_{b \text{ max; oben}} = 25 \text{ kg} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 122,625 \text{ Nm} / (125 \text{ Nm})$$

$$M_{b \text{ max; unten}} = 25 \text{ kg} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 61,313 \text{ Nm} / (62,5 \text{ Nm})$$

(obere Ebene)  $M_{b \text{ max}}$ : **122,625 Nm**

(untere Ebene)  $M_{b \text{ max}}$ : **61,313 Nm**



	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	<b>Konstruktionselemente / Maschinenelemente</b> Fachprüfung	Kl. E
			E-VE ege 09.03 Bl. 2 v. 2 Name: Künne / Mitarbeiter

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

**E-VE 2** Bei einem ähnlichen Regal wird aufgrund der Paketmasse und der Lage im Regal ein maximales Biegemoment von 150 Nm erwartet. Wie groß muss das (gesamte) Biege-  
widerstandsmoment unter Berücksichtigung der Sicherheit sein?

**Aufgabenteil VE 2: insgesamt 2 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$\begin{aligned}
m &= 25 \text{ kg} \\
g &= 9,81 \text{ kg/m}^2 / g = 10 \text{ kg/m}^2 \\
l_1 &= 500 \text{ mm} \\
l_2 &= 250 \text{ mm} \\
S &= 4 \\
M_{b \text{ max}} &= 150 \text{ N/mm}^2 \\
\sigma_{b \text{ St37}} &= 200 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

**Formeln:**

$$\begin{aligned}
W_b &= \frac{M_b}{\sigma_{zul}} \\
\sigma_{zul} &= \frac{\sigma_b}{S}
\end{aligned}$$

$$W_b = \frac{M_b}{\sigma_{zul}}$$

$$\text{Bestimme } \sigma_{zul}: \sigma_{zul} = \frac{\sigma_b \text{ St37}}{S} = 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_b = \frac{150000 \text{ Nmm}}{50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 3000 \text{ mm}^3$$

$$W_b : \boxed{3 \text{ cm}^3}$$

**E-VE 3** Das Regal soll umgebaut werden, um höhere Lasten tragen zu können. Den Berechnungen zufolge wird ein gesamtes Biege-  
widerstandsmoment von 80 cm<sup>3</sup> für die Träger benötigt (Sicherheit schon berücksichtigt). Welcher U-Träger (Kurzzeichen) muss mindestens gewählt werden, wenn jeweils zwei Träger ein Paket tragen sollen? Die Auswahl ist rechnerisch zu belegen. Zusätzlich ist der ausgewählte Typ in der untenstehenden Tabelle zu kennzeichnen.

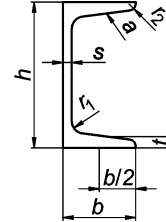
Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

**Warmgewalzte U-Profilstahl mit geneigten Flachflächen – DIN 1026 - 1**

Kurzzeichen	Maße für (in mm)						Querschnitt cm <sup>2</sup>	J cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
	h	b	s	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>				
U 30x15	30	15	4	4,5	4,5	2	2,21	2,53	1,69	1,07
30	30	33	5	7	7	3,5	5,44	6,39	4,26	1,08
40x20	40	20	5	5,5	5	2,5	3,66	7,58	3,79	1,44
40	40	35	5	7	7	3,5	6,21	14,1	7,05	1,50
50x25	50	25	5	6	6	3	4,92	16,8	6,73	1,85
50	50	38	5	7	7	3,5	7,12	26,4	10,6	1,92
60	60	30	6	6	6	3	6,46	31,6	10,5	2,21
65	65	42	5,5	7,5	7,5	4	9,03	57,5	17,7	2,52
80	80	45	6	8	8	4	11,0	106	26,5	3,10
100	100	50	6	8,5	8,5	4,5	13,5	206	41,2	3,91
120	120	55	7	9	9	4,5	17,0	364	60,7	4,62
140	140	60	7	10	10	5	20,4	605	86,4	5,45
160	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	24,0	925	116	6,21
180	180	70	8	11	11	5,5	28,0	1350	150	6,95
200	200	75	8,5	11,5	11,5	6	32,2	1910	191	7,70



Erläuterungen:  
J Trägheitsmoment  
W Widerstandsmoment  
i Trägheitshalbmesser

**Aufgabenteil VE 3: insgesamt 2 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$W_{b \text{ ges}} = 80 \text{ cm}^3 \quad (\text{für 2 Träger})$$

**Formeln:**

$$W_b = \frac{M_b}{\sigma_{zul}} \quad \sigma_{zul} = \frac{\sigma_b}{S}$$

$$W_{b \text{ min}} = \frac{W_b}{2} = 40 \text{ cm}^3 \quad (\text{pro Träger})$$

Wähle U 100 Träger, mit  $W = 41,2 \text{ cm}^3$

Kurzzeichen der mindestens verwendeten U-Träger

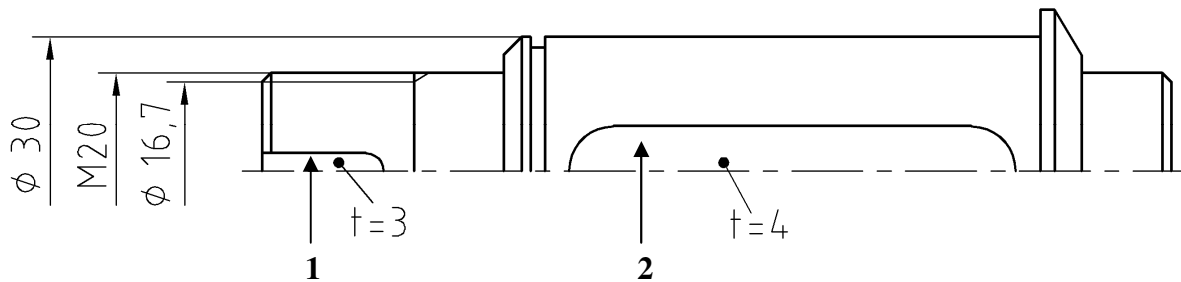
**U 100**

Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: .....

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

Teilaufgabe	E-AW 1	E-AW 2	E-AW 3	$\Sigma$
Max. Pktzahl	5	3	2	<b>10</b>
Erreichte Pktzahl				



**E-AW 1** Für die oben dargestellte Welle ist die Vergleichsspannung  $\sigma_V$  an der mit **1** markierten Stelle zu bestimmen. Neben dem Torsionsmoment und dem Biegemoment sind die Quer- und Axialkräfte zu berücksichtigen. Verwendete Werte sind in Diagrammen und Tabellen zu markieren.

Für Stelle 1 gelten folgende Angaben:

Torsionsmoment:  $T = 310 \text{ Nm}$

Querkraft:  $F_q = 1050 \text{ N}$

Biegemoment:  $M_b = 67 \text{ Nm}$

Axialkraft:  $F_N = 2390 \text{ N}$

Werkstoff: E335 (St 60)

Einbeschriebener Durchmesser: 15,35 mm

**Aufgabenteil AW 1: insgesamt 5 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$T = 310 \text{ Nm}$$

$$M_b = 67 \text{ Nm}$$

$$F_N = 2390 \text{ N}$$

$$F_q = 1050 \text{ N}$$

$$d = 15,35 \text{ mm}$$

**Formeln:**

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

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

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

$$\sigma_z = \frac{F_a}{A} \quad \tau_s = \frac{F_q}{A}$$

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

**Aus Diagrammen ermittelte Daten:**

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

$$\tau_{tsch} = 230 \text{ N/mm}^2$$

Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

**Ermittlung der Vergleichsspannung:**

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

Bestimme  $\sigma_z$ :  $\sigma_z = \frac{2390 \text{ N}}{A} = 12,9149 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Bestimme  $A$ :  $A = \frac{\pi}{4} \cdot 15,35^2 \text{ mm}^2 = 185,0575 \text{ mm}^2$

Bestimme  $\sigma_b$ :  $\sigma_b = \frac{67 \text{ Nm}}{W_b} = 188,6904 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Bestimme  $W_b$ :  $W_b = \frac{\pi \cdot 15,35^3 \text{ mm}^3}{32} = 355,079 \text{ mm}^3$

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


Bestimme  $\tau_t$ :  $\tau_t = \frac{310 \text{ Nm}}{W_t} = 436,5225 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Bestimme  $W_t$ :  $W_t = \frac{\pi \cdot 15,35^3 \text{ mm}^3}{16} = 710,1501 \text{ mm}^3$

Bestimme  $\tau_s$ :  $\tau_s = \frac{1050 \text{ N}}{185,0575 \text{ mm}^2} = 5,6739 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$\sigma_V = \sqrt{(12,91 + 188,69)^2 + 3 \cdot (0,75 \cdot (436,52 + 5,67))^2} = 608,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vergleichsspannung  $\sigma_V$ : **608,77 N/mm<sup>2</sup>**

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	<b>Konstruktionselemente / Maschinenelemente</b> Fachprüfung	Kl. E
			E-AW ege 09.03 Bl. 3 v. 3 Name: Künne / Mitarbeiter

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

**E-AW 2** Bestimmen Sie die zulässige Spannung  $\sigma_{zul}$  an der mit **2** markierten Stelle. Die gemittelte Rautiefe wird mit  $R_z < 25\mu\text{m}$  angenommen. Darüber hinaus soll mit einer Sicherheit von 2 gerechnet werden. (Werte sind in Diagrammen und Tabellen zu markieren.)

**Aufgabenteil AW 2: insgesamt 3 Punkte**

**Lösung: Aus Diagramm ermittelte Daten:**

$$b_O = 0,88$$

$$b_G = 0,89$$

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

$$\beta_K = 2$$

$$S = 2$$

$$R_z = 25 \mu\text{m}$$

**!!!**  
**Werte nicht**  
**markiert:**  
**jeweils 0,25**  
**Punkte Abzug.**  
**!!!**

**Formeln:**

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

$$!!!d = 30-4 = 26 \text{ mm}!!!$$

**Ermittlung der zulässige Spannung:**

$$\sigma_{zul} = \frac{0,88 \cdot 0,89 \cdot 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2 \cdot 2} = 58,74 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

zulässige Spannung  $\sigma_{zul}$ : **58,74 N/mm<sup>2</sup>**

**E-AW 3** Welche Maßnahmen können prinzipiell ergriffen werden, um eine Welle zur Übertragung größerer Leistungen zu nutzen?

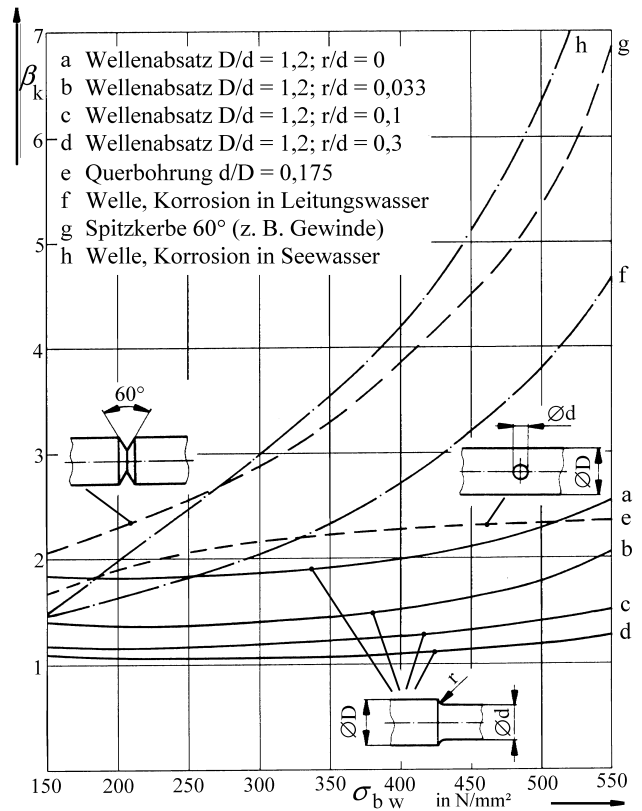
**Aufgabenteil AW 3: insgesamt 2 Punkte**

- Lösung:**
- Wellendurchmesser vergrößern
  - andere Welle-Nabe-Verbindung wählen
  - höher festeren Werkstoff verwenden
  - Oberflächengüte verbessern
  - Kerben vermeiden
  - höhere Drehzahl

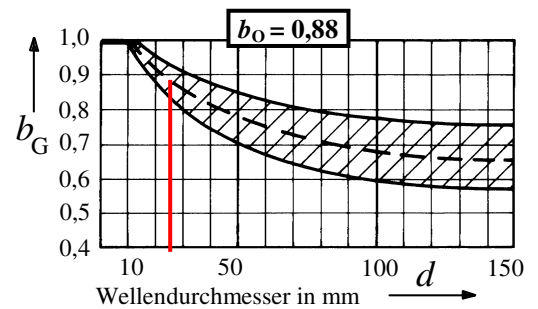
Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: .....

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



Werkstoff	$R_m$	$\sigma_{zsch}$	$\sigma_{zw}$	$\sigma_{bsch}$	$\sigma_{bw}$	$\tau_{tsch}$	$\tau_{tw}$
<b>Allgemeine Baustähle:</b>							
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
<b>E335 (St 60)</b>	<b>570</b>	340	270	470	<b>300</b>	<b>230</b>	210
E360 (St 70)	670	370	320	520	340	260	240

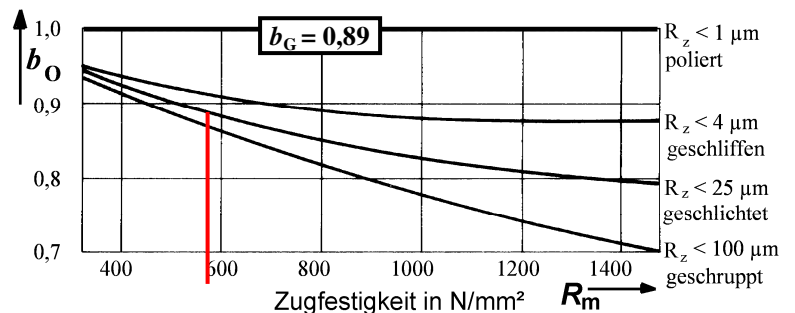


$$\sigma_z = \frac{F_a}{A}; \sigma_b = \frac{M_b}{W_b}; \tau_t = \frac{T}{W_t}; \tau_s = \frac{F_q}{A}$$

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

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{bw}}{1,73 \cdot \tau_{tsch}}; \sigma_{zul} = \frac{b_G \cdot b_0 \cdot \sigma_{bw}}{\beta_k \cdot S}$$

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



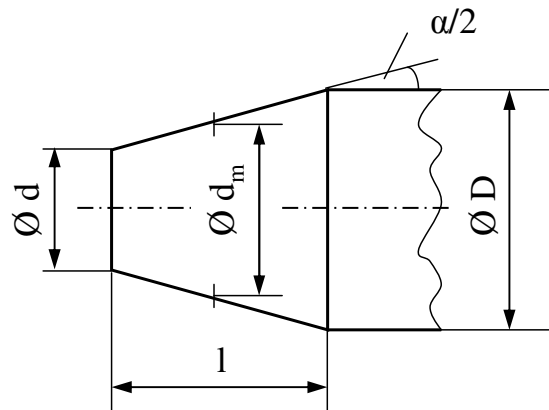
Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: .....

**Aufgabe E WN (Welle-Nabe-Verbindung)**

Teilaufgabe	E-WN 1	E-WN 2	E-WN 3	E-WN 4	$\Sigma$
Max. Pktzahl	4	6	4	1	<b>15</b>
Erreichte Pktzahl					

**E-WN 1** Eine **Kegelverbindung** soll ein Drehmoment von  $T = 400 \text{ Nm}$  übertragen. Die Welle ist aus St 37-2 gefertigt, die Nabe aus GG-20. Für das Drehmoment ist ein Sicherheitsfaktor von 1,5 zu berücksichtigen. Der Wellendurchmesser, an den der Kegel anschließt, beträgt  $D = 50 \text{ mm}$ . Die weiteren Maße sind der Zeichnung zu entnehmen. Gesucht sind die minimal erforderliche Flächenpressung  $p_{\min}$  und die minimal erforderliche Aufpresskraft  $F_{a \min}$ . (Auszug Skript am Ende der Aufgabe.)



d	45 mm
$\alpha/2$	2,86°
$d_m$	47,5 mm
l	50 mm
$\mu$	0,15

**Aufgabenteil WN 1: insgesamt 4 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$\begin{aligned}
 T &= 400 \text{ Nm} \\
 \mu &= 0,15 \\
 S &= 1,5 \\
 l &= 50 \text{ mm} \\
 d_m &= 47,5 \text{ mm} \\
 \alpha/2 &= 2,86^\circ
 \end{aligned}$$

**Formeln:**

$$p_{\min} = \frac{2 \cdot T \cdot S}{\mu \cdot \pi \cdot l \cdot d_m^2}$$

$$F_{a \min} = \frac{2 \cdot T \cdot S}{d_m} \cdot \frac{\sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{\mu}$$

**I. Ermittlung der minimal erforderlichen Flächenpressung  $p_{\min}$ :**

$$p_{\min} = \frac{2 \cdot 400000 \text{ Nmm} \cdot 1,5}{0,15 \cdot \pi \cdot 50 \text{ mm} \cdot 47,5^2 \text{ mm}^2} = 22,5727 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

**II. Ermittlung der minimal erforderlichen Aufpresskraft  $F_{a \min}$ :**

$$F_{a \min} = \frac{2 \cdot 400000 \text{ Nmm} \cdot 1,5}{47,5 \text{ mm}} \cdot \frac{\sin 2,86 + 0,15 \cdot \cos 2,86}{0,15} = 33635,1756 \text{ N}$$

min. erf. Flächenpressung  $p_{\min}$ : **22,57 N/mm<sup>2</sup>**





Maschinenelemente  
Universität Dortmund  
Fakultät Maschinenbau  
Prof. Dr.-Ing. B. Künne

**Konstruktionselemente / Maschinenelemente**  
Fachprüfung

Kl. E

E-WN wcz 10.03.09 Bl. 2 v. 8  
Name: Künne / Mitarbeiter

Name:

***Musterlösung***

Matr.-Nr.:

min. erf. Aufpresskraft  $F_{a \min}$ :

**33635,18 N**

Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

-----

**E-WN 2** Gegeben ist eine **Passfederverbindung**. Die Welle ist aus St 42 und die Nabe aus GG 20 gefertigt. Die Welle hat einen Durchmesser von  $\varnothing = 35$  mm. Welche genormten Passfedern der Form A können gewählt werden? Wie groß ist das maximal übertragbare konstante Drehmoment, wenn **eine** Passfeder mit einer Gesamtlänge von 80 mm für die Verbindung verwendet wird? (Auszug Skript am Ende der Aufgabe.)

**Aufgabenteil WN 2: insgesamt 6 Punkte**

**Lösung:** gegebene Daten:

$$\begin{aligned} d_{\text{Welle}} &= 35 \text{ mm} \\ l_{\text{ges}} &= 80 \text{ mm} \\ p_{\text{zul}} &= 65 \text{ N/mm}^2 \\ z &= 1 \\ \varphi &= 1 \end{aligned}$$

**Formeln:**

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

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

**I. genormte verwendbare Passfedern:**

Breite  $b = 10$  mm  
Höhe  $h = 8$  mm  
Wellennuttiefe  $t_1 = 5$  mm  
Gesamtlänge  $l_{\text{ges}}$ : von 20 mm bis 110 mm

**II. Ermittlung von  $T_{\text{max}}$ :**

$$T \leq \frac{p_{\text{zul}} \cdot (d \cdot (h - t_1) \cdot (l_{\text{ges}} - b) \cdot z \cdot \varphi)}{2}$$

$$T \leq \frac{65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot (35 \text{ mm} \cdot (8 \text{ mm} - 5 \text{ mm}) \cdot (80 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \cdot 1 \cdot 1)}{2}$$

$$T \leq 238875 \text{ Nmm}$$

Übertragbares Drehmoment:

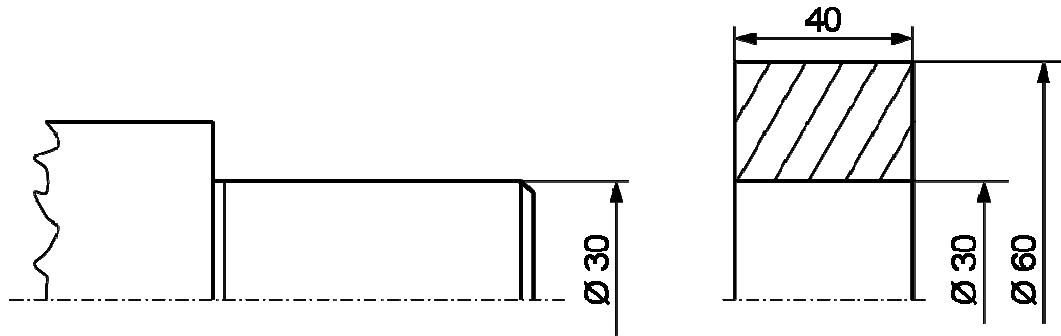
**238,88 Nm**

Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

**E-WN 3** Gegeben ist eine **Pressverbindung**, wie in der Skizze dargestellt. Welle und Nabe sind aus St 37 gefertigt. Der Reibwert beträgt  $\mu = 0,09$  und das zu übertragende Drehmoment  $T = 400$  Nm. Die Durchmesserverhältnisse betragen  $Q_i = 0$  und  $Q_a = 0,5$ . Berechnen Sie das minimale relative Gesamt-Haftmaß  $\xi_{\text{ges min}}$ . (Auszug Skript am Ende der Aufgabe.)



**Aufgabenteil WN 3: insgesamt 4 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$\begin{aligned} d_{\text{Welle}} &= 30 \text{ mm} \\ \mu &= 0,09 \\ T &= 400 \text{ Nm} \\ Q_i &= 0 \\ Q_a &= 0,5 \\ b &= 40 \text{ mm} \\ D_F &= 30 \text{ mm} \\ E_A &= E_I = 210.000 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

**Formeln:**

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

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

**Ermittlung von  $\xi_{\text{ges min}}$ :**

$$\xi_{\text{ges min}} = \frac{p_{\text{min}}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \frac{2}{1 - 0,5^2}$$

$$\text{Bestimme } p_{\text{min}}: \quad p_{\text{min}} = \frac{2 \cdot 400000 \text{ Nmm}}{0,09 \cdot \pi \cdot 30^2 \text{ mm}^2 \cdot 40 \text{ mm}} = 78,595 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\xi_{\text{ges min}} = \frac{78,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot \frac{2}{1 - 0,5^2} = 0,9981 \cdot 10^{-3}$$

minimales relatives Gesamt-Haftmaß

**0,9981 · 10<sup>-3</sup>**



Maschinenelemente  
Universität Dortmund  
Fakultät Maschinenbau  
Prof. Dr.-Ing. B. Künne

**Konstruktionselemente / Maschinenelemente**  
Fachprüfung

Kl. E


E-WN wcz 10.03.09 **Bl. 5 v. 8**  
Name: Künne / Mitarbeiter

Name:

***Musterlösung***

Matr.-Nr.:



	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	<b>Konstruktionselemente / Maschinenelemente</b> Fachprüfung	Kl. E
			E-WN wcz 10.03.09 <b>Bl. 6 v. 8</b> Name: Künne / Mitarbeiter

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

**E-WN 4** Welle-Nabe-Verbindungen dienen der Übertragung von Kräften bzw. Momenten zwischen einem in der Regel runden Innenteil (Welle) und einem darauf aufgesetzten Außenteil (Nabe). Nennen Sie zwei der drei Verbindungsarten und erläutern Sie das zugehörige Wirkprinzip.

**Aufgabenteil WN 4: insgesamt 1 Punkt**

**Lösung: Reibschlussverbindung:**

Die Drehmomentübertragung erfolgt durch die Reibung zwischen Welle und Nabe. Die Normalkraft wird durch elastische Verformung erzeugt.

**Formschlussverbindung:**

Kräfte und Drehmomente werden durch die Form der Verbindungselemente übertragen, d.h. durch senkrecht zur Krafrichtung angeordnete Flächen.

**Stoffschlussverbindung:**

Die Verbindung der Teile erfolgt mit Hilfe von Zusatzwerkstoffen (Schweißen, Kleben, Löten). Die Verbindung ist nicht zerstörungsfrei lösbar.



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

**Auszug aus dem Skript:**

**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	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	2,9	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	3,8	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
Passfederlänge $l_{ges}$	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 $l_{ges}$ :													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/mm<sup>2</sup>

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

**Kegelverbindung:**

Minimal erforderliche Flächenpressung  $p_{min}$ :

$$p_{min} = \frac{2 \cdot T \cdot S}{\mu \cdot \pi \cdot l \cdot d_m^2}$$

Minimal erforderliche Aufpresskraft  $F_{a\min}$ :

$$F_{a\min} = \frac{2 \cdot T \cdot S}{d_m} \cdot \frac{\sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{\mu}$$

$d_m$  = Mittlerer Kegeldurchmesser

$l$  = Kegellänge

$\alpha$  = Kegelwinkel

Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

**Pressverbindung:**

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 (Durchmesser-  
verhältnisse  $Q_I$  und  $Q_A$ ):

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

Relatives Haftmaß  $\xi$ :

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

Relative Aufweitung des  
Außenteils:

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

Relative Zusammendrückung des  
Innenteils:

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

$E = E$ -Modul und  $m =$  Querzahl gemäß Tabelle 2

Relatives Gesamt-Haftmaß  $\xi_{\text{ges}}$ :

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

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

Relatives Gesamt-Haftmaß  $\xi_{\text{ges}}$ :

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

$E = E$ -Modul gemäß Tabelle 2

Gesamt-Haftmaß  $Z_{\text{ges}}$ :

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

Übermaße  $U_{\min}$  und  $U_{\max}$ :

$$U_{\min} = Z_{\text{ges min}} + \Delta U = \xi_{\text{ges min}} \cdot D_F + 0,8(R_{zA} + R_{zI})$$

$$U_{\max} = Z_{\text{ges max}} + \Delta U = \xi_{\text{ges max}} \cdot D_F + 0,8(R_{zA} + R_{zI})$$

Tabelle 1

Werkstoff	$R_e$ in N/mm <sup>2</sup>
St37-2	225
St52-3	345
St60-2	325
St70-2	355

Tabelle 2

Werkstoff	E-Modul $E$ in N/mm <sup>2</sup>	Querzahl $m$
Stähle	210.000	0,3
GG	90.000 ... 155.000	0,24 ... 0,26
GS	200.000 ... 215.000	0,3