

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:
Nachname:

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 beschriften. Bei fehlender Beschriftung werden die Aufgaben ggf. nicht bewertet. Alle Aufgaben sind auf den Aufgabenblättern zu bearbeiten. Ein Auftrennen der Blattbindungen ist untersagt. Für eventuelle Nebenrechnungen und Skizzen dürfen die Rückseiten verwendet werden. Zusätzliche 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 Konstruktionsaufgabe ist freihändig mit einem Bleistift zu lösen.

Zugelassene Hilfsmittel: Keine (außer Taschenrechner, Schreib- und Zeichenwerkzeug)

Bewertung: (Nicht vom Bearbeiter auszufüllen)

E GG	E VE	E AW	E WN	Σ
Pmax	Pmax	Pmax	Pmax	Pmax
30	5	10	15	60

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

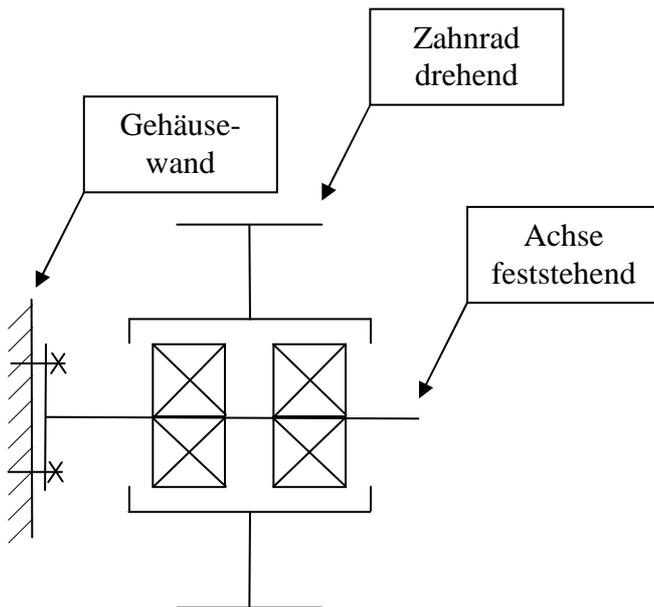
Aufgabe E GG 1 (Konstruktionsaufgabe)

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: _____

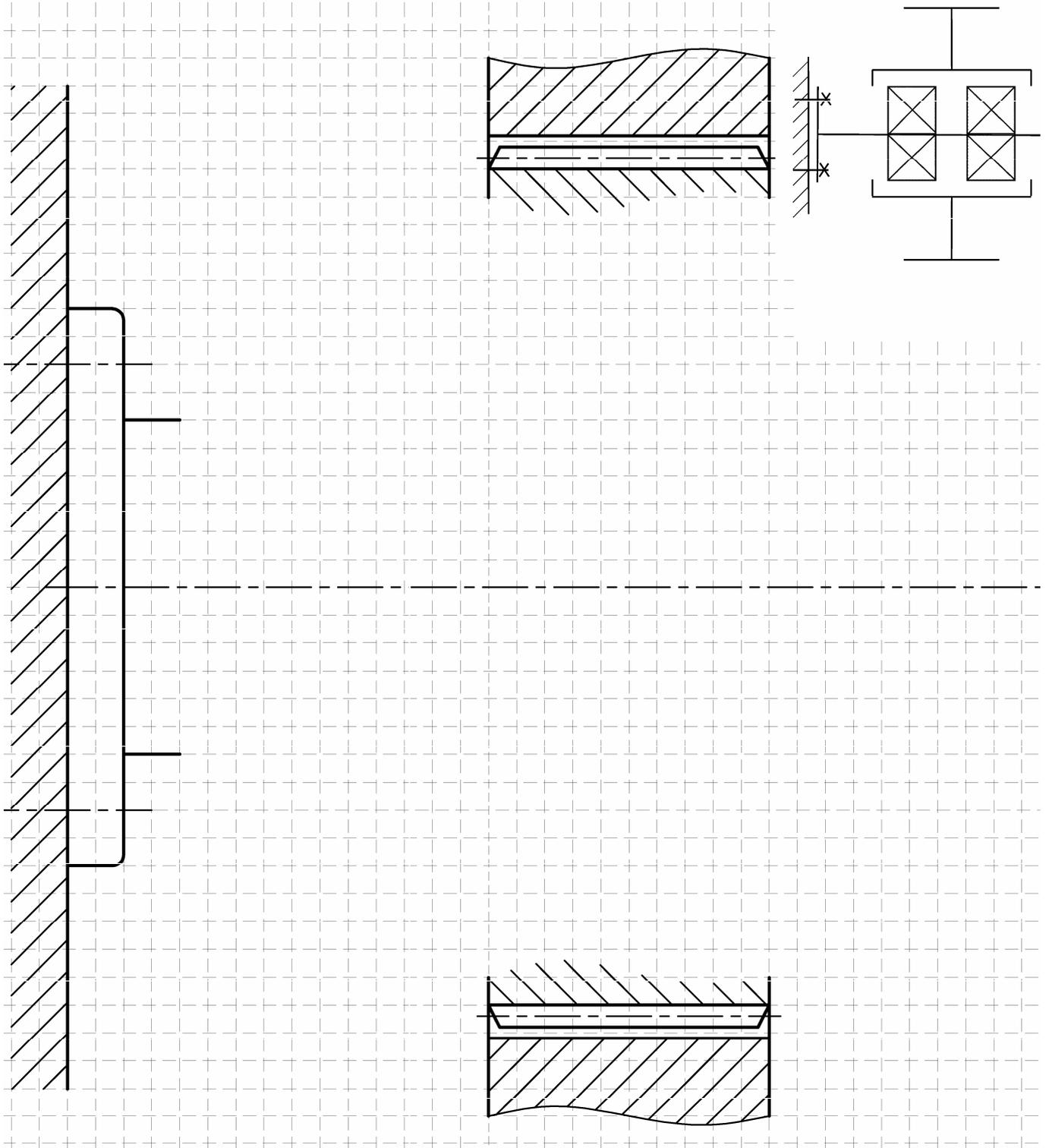


W a	509	-0,5	
	x	-0,5	
W La	⊣	-1	
W Rw	⊣	-1	
	/	-0,5	
W E		-1	
	⊃	-2	
La	™	-0,5	
	♥	-1	
	Fkt	-2	
	∅	-1	
Rw		-0,5	
Sr	°	-1	
	♥	-1	
G	/	-0,5	
	x	-0,5	
	≈	-0,5	
	G♥	-1	
	La↑↓	-1	
	Rw↑↓	-1	
	#	-1	
	F	-1	
A		±	

Nicht auszufüllen, nur für Bewertung GG 2

Name:

Matr.-Nr.:



Name:

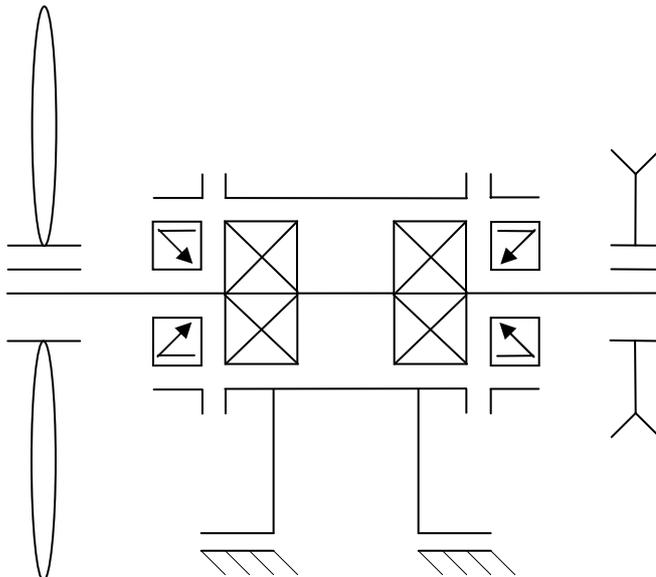
Matr.-Nr.:

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: _____



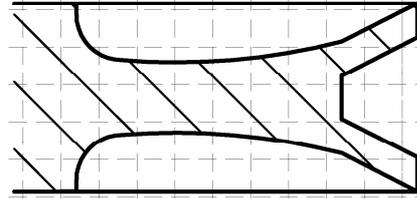
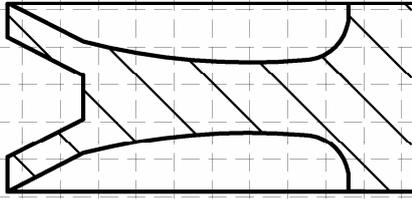
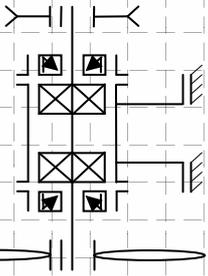
W a	x	-1	
W La	↔	-1	
La	TM	-1	
	♥	-1	
	Fkt	-2	
	∅	-1	
	↔	-1	
G	509	-0,5	
	x	-0,5	
	#	-1	
A		±	

Nicht auszufüllen, nur für Bewertung GG 1

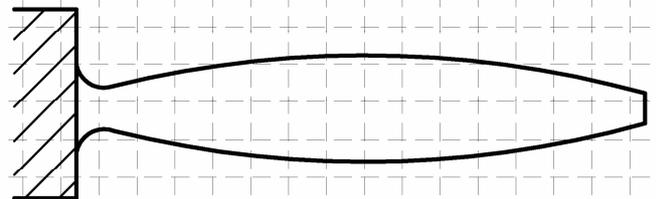
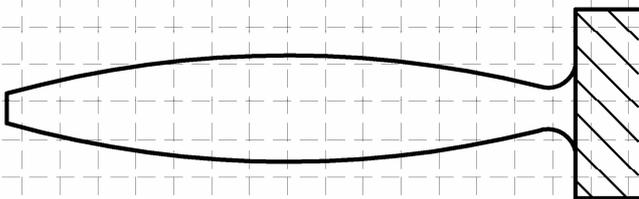


Name:

Matr.-Nr.:



↑ oben ↑



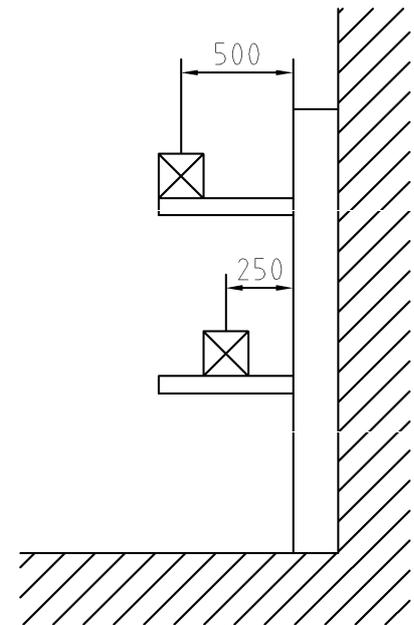
Name:

Matr.-Nr.:

Aufgabe E VE (Versagenskriterien)

Teilaufgabe	E-VE 1	E-VE 2	E-VE 3	Σ
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 $\sigma_{b, S235JR}$ mit 200 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.

(obere Ebene) $M_{b \max} =$

(untere Ebene) $M_{b \max} =$

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?

$W_b =$

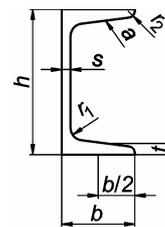
Name:

Matr.-Nr.:

E-VE 3 Das Regal soll umgebaut werden, um höhere Lasten tragen zu können. Den Berechnungen zufolge wird ein gesamtes Biegestandsmoment von 80 cm^3 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.

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

Kurzzeichen U	Maße für (in mm)						Querschnitt cm^2	J cm^4	W cm^3	i cm
	h	b	s	t	r_1	r_2				
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

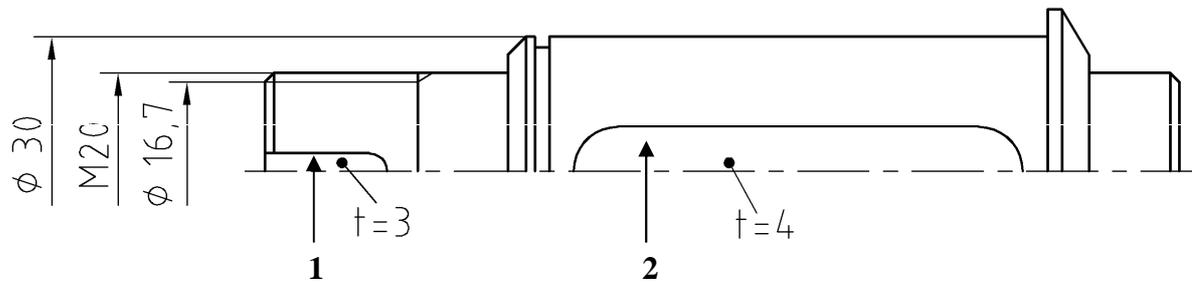
Kurzzeichen der mindestens verwendeten U-Träger

Name:

Matr.-Nr.:

Aufgabe E AW (Achsen und Wellen)

Teilaufgabe	E-AW 1	E-AW 2	E-AW 3	Σ
Max. Pktzahl	5	3	2	10
Erreichte Pktzahl				



E-AW 1 Für die oben dargestellte Welle ist die Vergleichsspannung σ_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

Vergleichsspannung σ_v :

 Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
		E-AW ege 09.03 Bl. 2 v. 3 Name: Künne / Mitarbeiter

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

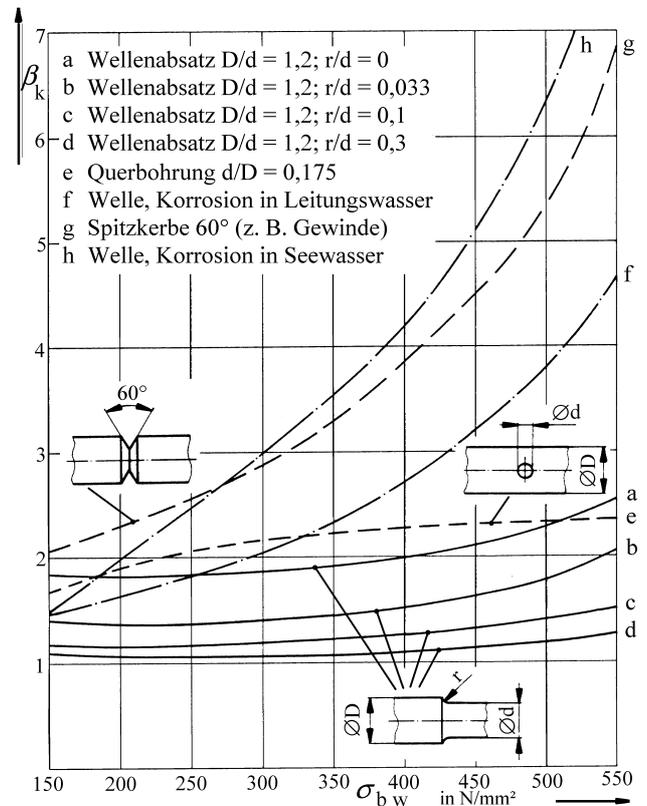
E-AW 2 Bestimmen Sie die zulässige Spannung σ_{zul} an der mit **2** markierten Stelle. Die gemittelte Rautiefe wird mit $R_z < 25\mu\text{m}$ angenommen. Darüber hinaus soll mit einer Sicherheit von 2 gerechnet werden. (Werte sind in Diagrammen und Tabellen zu markieren.)

zulässige Spannung σ_{zul} :

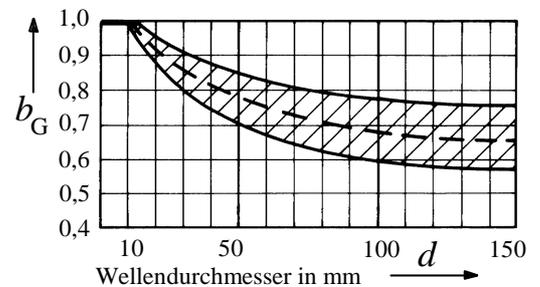
E-AW 3 Welche Maßnahmen können prinzipiell ergriffen werden, um eine Welle zur Übertragung größerer Leistungen zu nutzen?

Name: _____ 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_{sch}	τ_w
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

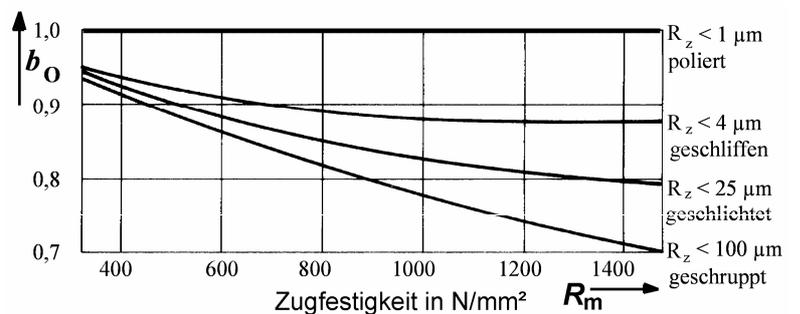


$$\sigma_z = \frac{F_a}{A}; \sigma_b = \frac{M_b}{W_b}; \tau_t = \frac{T}{W_t}; \tau_s = \frac{F_q}{A}$$

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

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

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



Name:

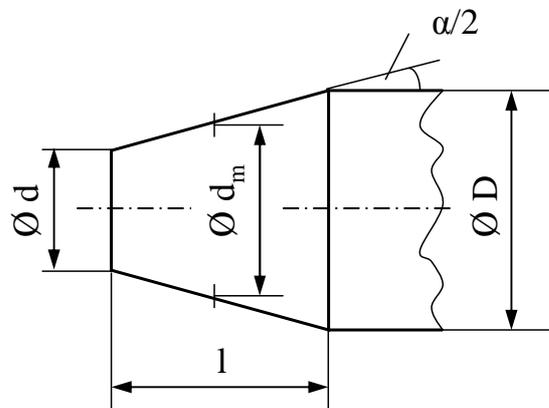
Matr.-Nr.:

Aufgabe E WN (Welle-Nabe-Verbindung)

Teilaufgabe	E-WN 1	E-WN 2	E-WN 3	E-WN 4	Σ
Max. Pktzahl	4	6	4	1	15
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
$\alpha/2$	$2,86^\circ$
d_m	47,5 mm
l	50 mm
μ	0,15



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

Konstruktionselemente / Maschinenelemente
Fachprüfung

Kl. E

E-WN wcz 10.03.09 Bl. 2 v. 7
Name: Künne / Mitarbeiter

Name:

Matr.-Nr.:

Minimal erforderliche Flächenpressung

Minimal erforderliche Aufpresskraft

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-WN wcz 10.03.09 Bl. 3 v. 7 Name: Künne / Mitarbeiter

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

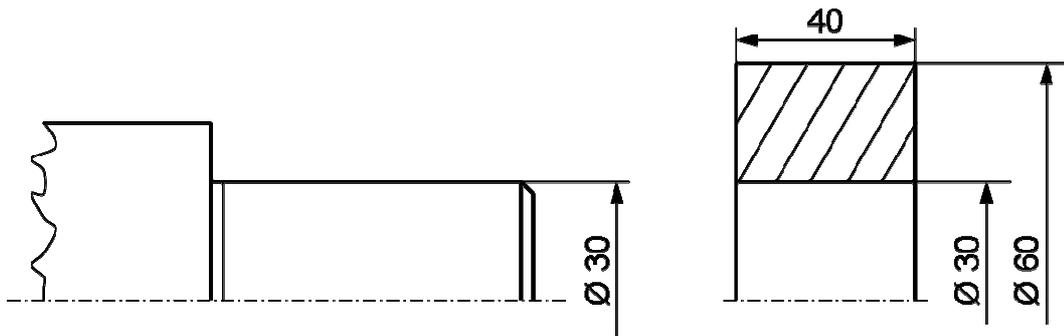
E-WN 2 Gegeben ist eine **Passfederverbindung**. Die Welle ist aus St 42 und die Nabe aus GG 20 gefertigt. Die Welle hat einen Durchmesser von $\varnothing = 35$ mm. Welche genormten Passfedern der Form A können gewählt werden? Wie groß ist das maximal übertragbare konstante Drehmoment, wenn **eine**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

Übertragbares Drehmoment

Name:

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 $T = 400 \text{ Nm}$. Die Durchmesserhältnisse betragen $Q_i = 0$ und $Q_a = 0,5$. Berechnen Sie das minimale relative Gesamt-Haftmaß $\zeta_{\text{ges min}}$. (Auszug Skript am Ende der Aufgabe.)



Minimales relatives Gesamt-Haftmaß

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-WN wcz 10.03.09 Bl. 5 v. 7 Name: Künne / Mitarbeiter

Name:	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.

Name:	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	5,5	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
	Passfederlänge l_{ges}	von bis	6 36	8 45	10 56	14 70	18 90	20 110	28 140	36 160	45 180	50 200	56 220	63 250	70 280	80 320

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/mm²

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

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

α = Kegelwinkel

Name:

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 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:

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

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 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 ($E_A = E_I = E$; $m_A = m_I = m$):

Relatives Gesamt-Haftmaß ξ_{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_{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 ²
St37-2	225
St52-3	345
St60-2	325
St70-2	355

Tabelle 2

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