



FACHPRÜFUNG

MASCHINENELEMENTE I

05.09.2008 - 10:00 bis 11:30 Uhr (1,5 Stunden)

Bearbeiter:
Matr.-Nr. :

Umfang: $\Sigma = 60$ Punkte

Maschinenelemente I (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. Zusätzliche Blätter sind 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 30	Pmax 6	Pmax 8	Pmax 16	Pmax 60

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

Aufgabe E GG 1 (Konstruktionsaufgabe)

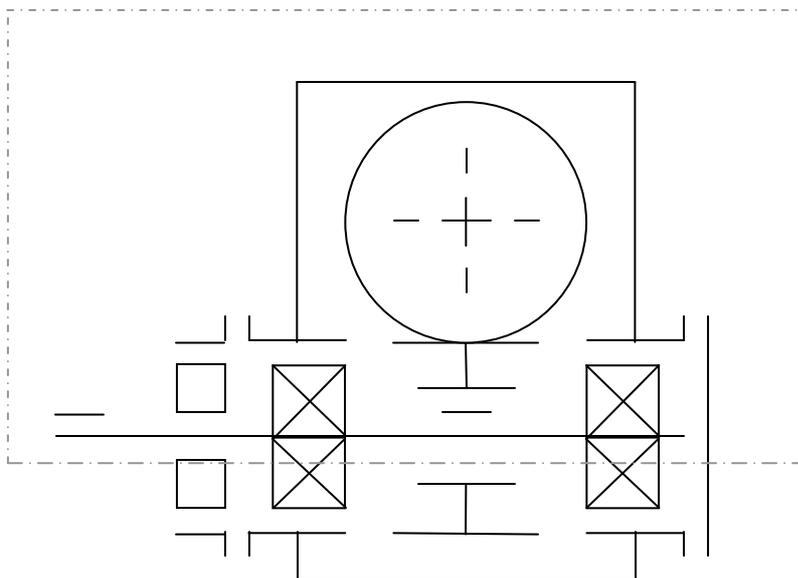
Teilaufgabe	E-GG 1	E-GG 2	Σ
Max. Pktzahl	15	15	30
Erreichte Pktzahl			

Es ist ein Schneckengetriebe in Form von zwei Teilaufgaben gemäß der untenstehenden Skizze zu konstruieren. Teilaufgabe 1 verlangt die Ansicht und Konstruktion der Welle mit der Schnecke als Schweißgehäuse. Vorlage s. nächste Seite. Beachten Sie dabei folgendes:

- Der Antrieb erfolgt links über das Wellenende mit Passfeder.
- Die Zahnräder und Mittellinien sind bereits vorgegeben. Die Zahnräder müssen nur noch zur Welle hin zu ende gezeichnet und mittels Passfederverbindung formschlüssig mit der Welle verbunden werden.
- Lagerung als **Trag-Stütz-Anordnung**
- Das gesamte Gehäuse wird zur besseren Wärmeableitung mit Getriebeöl gefüllt; Es ist somit abzudichten, um Ölverluste zu vermeiden; Hierzu sind Radialwellendichtringe und Dichtungen in den Deckeln vorzusehen.
- Beachten Sie die Montierbarkeit
- Verschraubungen an den Getriebedeckeln können durch Mittellinien angedeutet werden
- Bitte zeichnen sie vollständig eine Öleinlassschraube. Diese darf im Gegensatz zu den Verschraubungen an den Deckeln **nicht** nur durch eine Mittellinie angedeutet werden.
- Bitte zeichnen sie bei dieser ersten Teilaufgabe ein **Schweißgehäuse**

Geben Sie an, welche Lager Sie gewählt haben: _____

darzustellender Bereich: -----



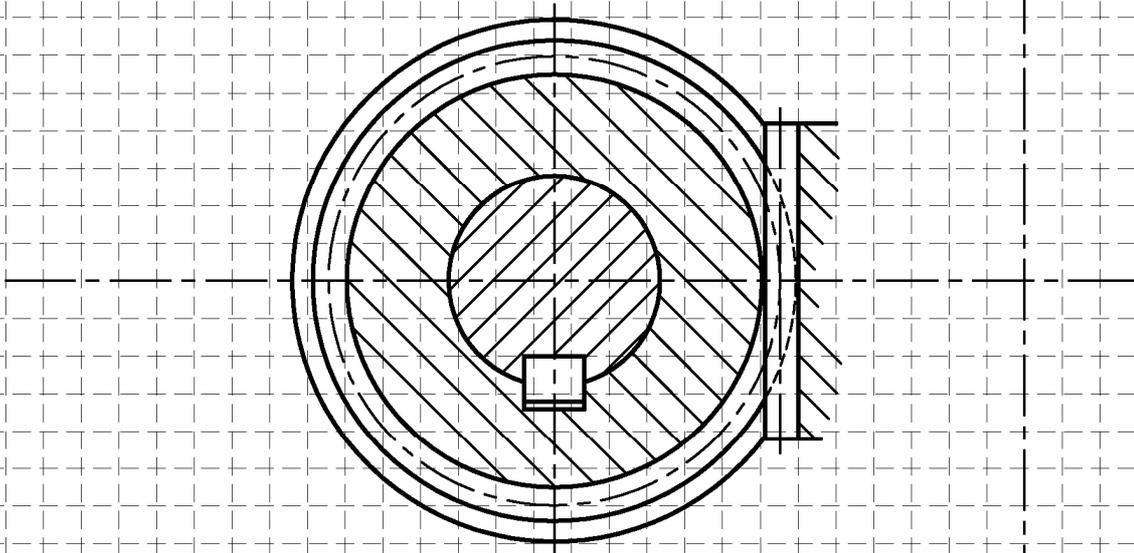
W a	509	-0,5	
	x	-0,5	
W SnR		-0,5	
	⊃	-1	
W La	⊃	-0,5	
W Rw	⊃	-0,5	
	/	-0,5	
W E		-0,5	
	⊃	-1	
La	TM	-0,5	
	♥	-0,5	
	Fkt	-2	
	⊗=	-1	
Rw	↔	-0,5	
		-0,5	
Sr	°	-0,5	
	♥	-0,5	
G	/	-0,5	
	x	-0,5	
	≈	-0,5	
	G♥	-1	
	La↑↓	-0,5	
	Rw↑↓	-0,5	
	#	-1	
A		±	

Nicht auszufüllen, nur für Bewertung GG 2



Name:

Matr.-Nr.:



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

Aufgabe E GG 2 (Konstruktionsaufgabe)

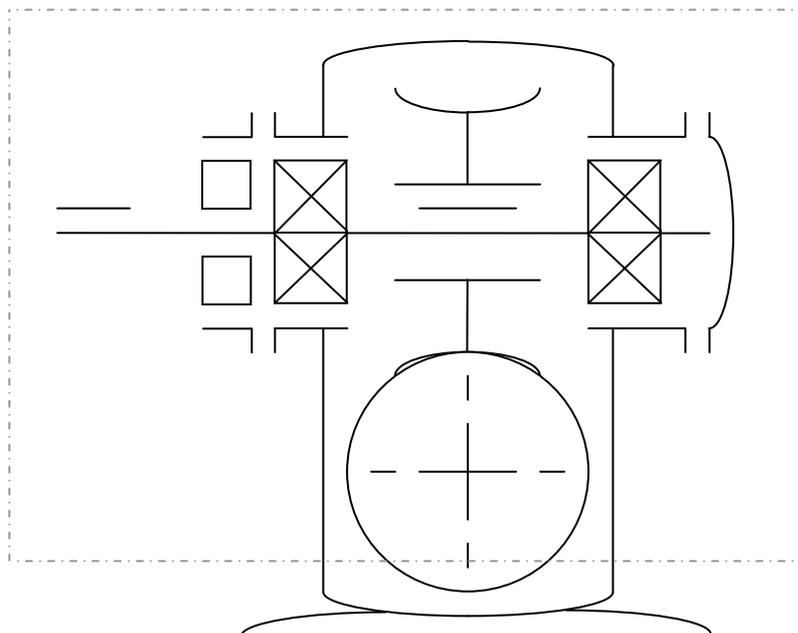
In der Konstruktionsaufgabe 2 soll nun die Ansicht der Welle mit dem Schneckenrad konstruiert werden. Die Maßstäbe wurden zur einfacheren Lösung der Aufgabe leicht skaliert. Dieses Mal ist ein Gussgehäuse mit den erforderlichen Deckeln vorzusehen.

Vorlage s. nächste Seite. Beachten Sie dabei folgendes:

- Der Abtrieb erfolgt links über das Wellenende mit Passfeder.
- Die Zahnräder und Mittellinien sind bereits vorgegeben. Die Zahnräder müssen nur noch zur Welle hin zu Ende gezeichnet und mittels Passfederverbindung formschlüssig mit der Welle verbunden werden.
- Lagerung als **Fest-Los-Lagerung**
- Das gesamte Gehäuse wird zur besseren Wärmeableitung mit Getriebeöl gefüllt; Es ist somit abzudichten, um Ölverluste zu vermeiden; Hierzu sind Radialwellendichtringe und Dichtungen in den Deckeln vorzusehen.
- Beachten Sie die Montierbarkeit.
- Verschraubungen an den Getriebedeckeln können durch Mittellinien angedeutet werden
- Bitte zeichnen sie vollständig eine Öleinlassschraube. Diese darf im Gegensatz zu den Verschraubungen an den Deckeln **nicht** nur durch Mittellinie angedeutet werden.
- Bitte konstruieren sie bei dieser zweiten Teilaufgabe ein **Gussgehäuse**

Geben Sie an, welche Lager Sie gewählt haben: _____

darzustellender Bereich: -----



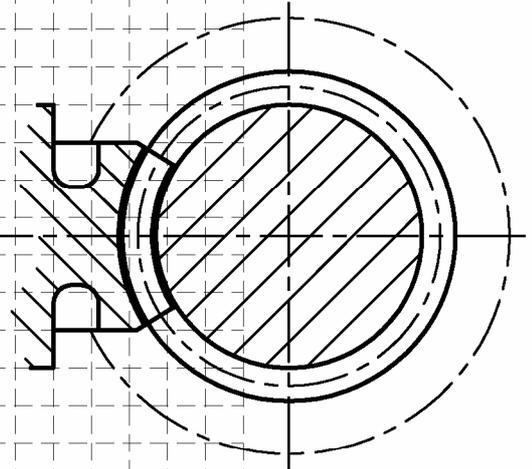
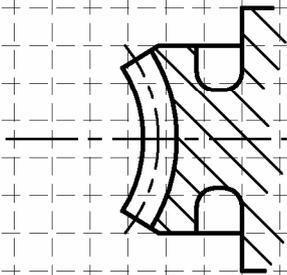
W a	509	-0,5	
	x	-0,5	
W Sn		-0,5	
	⊃	-1	
W La	⊃	-0,5	
W Rw	⊃	-0,5	
	/	-0,5	
W E		-0,5	
	⊃	-1	
La	TM	-0,5	
	♥	-0,5	
	Fkt	-2	
	∅	-1	
Rw	↔	-0,5	
		-0,5	
Sr	°	-0,5	
	♥	-0,5	
G	/	-0,5	
	x	-0,5	
	≈	-0,5	
	Sw♥	-1	
	La↑↓	-0,5	
	Rw↑↓	-0,5	
	#	-1	
A		±	

Nicht auszufüllen, nur für Bewertung GG 1



Name:

Matr.-Nr.:



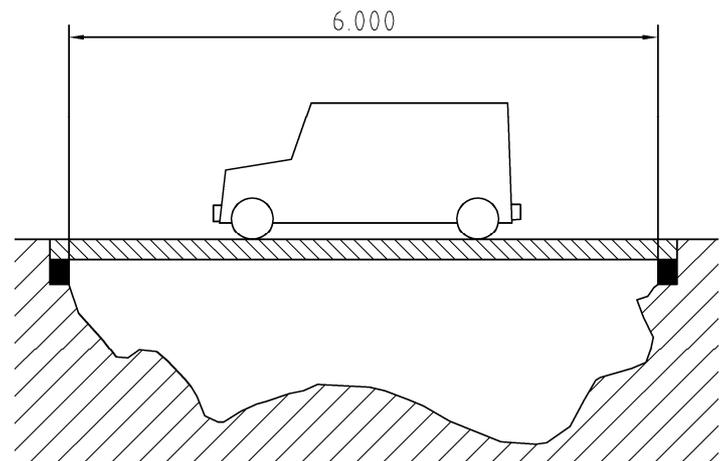
Name:

Matr.-Nr.:

Aufgabe E VE (Versagenskriterien)

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

Über den 6 m breiten Graben vor einer Baustellenzufahrt soll für die Zeit der Bauarbeiten eine Brücke gebaut werden. Schwere Baumaschinen werden diese Brücke nicht passieren, weswegen diese für Fahrzeuge mit einem maximalen Gewicht von 10 t ausgelegt werden soll. Auf der Brücke kann sich immer nur ein Fahrzeug befinden. Es stehen IPB-Träger aus S235JR (St37) mit $\sigma_{b, St37} = 200 \text{ N/mm}^2$ zur Verfügung. Es soll mit einer Sicherheit von $s = 5$ gerechnet werden.



E-VE 1 Wie groß ist das maximale Biegemoment, wenn das Fahrzeug als eine Punktmasse in Brückenmitte angesehen wird?

$$M_{b \max} =$$

E-VE 2 Bei einer anderen Baustelle gibt es eine ähnliche Brücke. Hier wird jedoch ein maximales Biegemoment von 200.000 Nm erwartet. Wie groß muss das Biegezugsmoment sein?

$$W_b =$$

E-VE 3 Ein Maschinenbaustudent, der einen Ferienjob auf der Baustelle ausübt, hat bei einer anderen Brücke ein erforderliches Widerstandsmoment von 6.700 cm^3 berechnet. Er hat beobachtet, dass 6 gleiche, parallel angeordnete IPB-Träger für die Brücke verwendet werden. Er wettet, dass er, ohne Nachmessen, den genauen Typ der verwendeten IPB-Träger bestimmen kann, der mindestens bei der Brücke verwendet wurde. Auf welchen Typ (Kurzzeichen) sollte der Student kommen? (vergl. Tabelle auf Beiblatt VE)

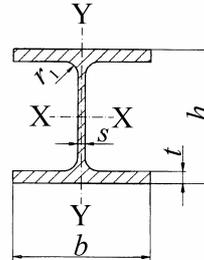
Name:

Matr.-Nr.:

(Beiblatt VE)

Warmgewalzte - I-Träger, IPB-Reihe – DIN 1025 - 2

Kurz- zeichen IPB	Maße für [mm]					Quer- schnitt [cm ²]	W _b [cm ³]
	h	b	s	t	r ₁		
100	100	100	6	10	12	26,0	89,9
120	120	120	6,5	11	12	34,0	144
140	140	140	7	12	12	43,0	216
160	160	160	8	13	15	54,3	311
180	180	180	8,5	14	15	65,3	426
200	200	200	9	15	18	78,1	570
220	220	220	9,5	16	18	91,0	736
240	240	240	10	17	21	106	938
260	260	260	10	17,5	24	118	1150
280	280	280	10,5	18	24	131	1380
300	300	300	11	19	27	149	1680
320	320	300	11,5	20,5	27	161	1930
340	340	300	12	21,5	27	171	2160
360	360	300	12,5	22,5	27	181	2400
400	400	300	13,5	24	27	198	2880
450	450	300	14	26	27	218	3550
500	500	300	14,5	28	27	239	4290
550	550	300	15	29	27	254	4970
600	600	300	15,5	30	27	270	5700
650	650	300	16	31	27	286	6480
700	700	300	17	32	27	306	7340
800	800	300	17,5	33	30	334	8980
900	900	300	18,5	35	30	371	10980
1000	1000	300	19	36	30	400	12890



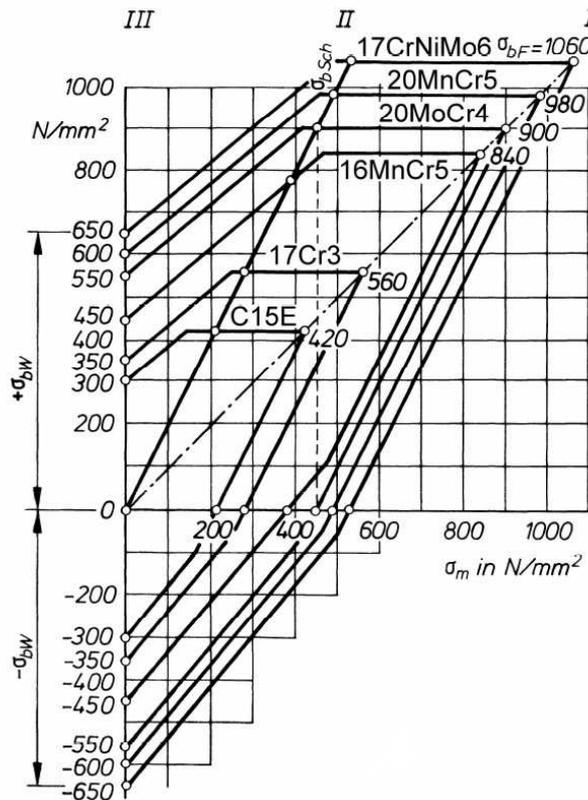
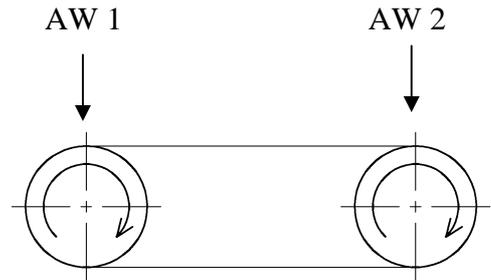
Kurzzeichen der mindestens verwendeten IPB-Träger:

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

Aufgabe E AW (Achsen und Wellen)

Teilaufgabe	E-AW 1	E-AW 2	E-AW 3	Σ
Max. Pktzahl	2	3	3	8
Erreichte Pktzahl				

E-AW 1 In einer Maschine befindet sich der dargestellte Riementrieb. Aufgrund der Vorspannung des Riemens wirkt auf die mitdrehende Welle eine konstante Kraft. Die Welle ist aus 16MnCr5 gefertigt. Benennen Sie die Art der Belastung und kennzeichnen Sie im dargestellten Diagramm den Wert für die Biegedauerfestigkeit für die betrachtete Welle.



Biegedauerfestigkeit:

Name:

Matr.-Nr.:

E-AW 2 Dargestellt ist die rechte Welle des betrachteten Riementriebes. Diese ist aus E295 (St50) gefertigt. Bestimmen Sie die an der mit **1** markierten Stelle auftretende Vergleichsspannung σ_v . Quer- und Axialkräfte können vernachlässigt werden. (Werte sind in Diagrammen und Tabellen zu markieren.)

Des Weiteren gelten folgende Angaben für die besagte Stelle:

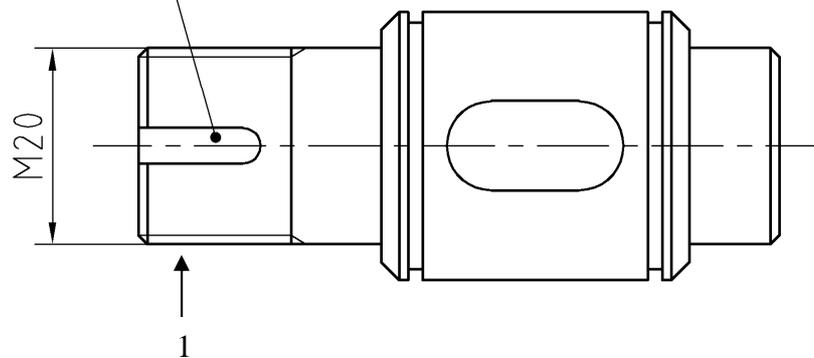
Torsionsmoment: $T = 213 \text{ Nm}$

Einbeschriebener Durchmesser: $d_{\text{Berr}} = 15,35 \text{ mm}$

Biegemoment: $M_b = 50 \text{ Nm}$

gemittelte Rautiefe: $R_z = 25 \mu\text{m}$

4H11x2,5+0,5



Vergleichsspannung σ_v :

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-AW ege 08.09 Bl. 3 v. 4 Name: Künne / Mitarbeiter

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

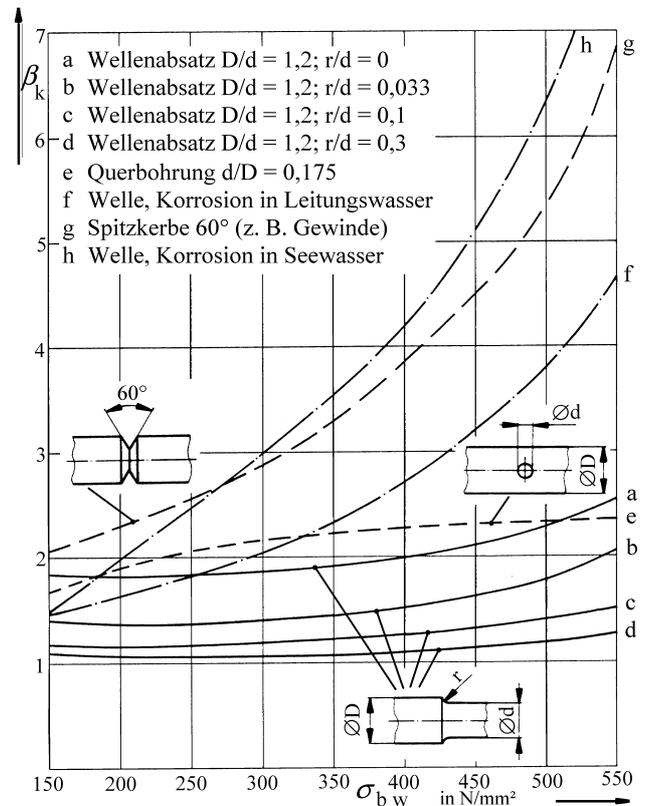
E-AW 3 Bestimmen Sie für dieselbe Stelle die zulässige Spannung σ_{zul} . Es soll mit einer Sicherheit von 2 gerechnet werden. Hält die Welle den vorhandenen Belastungen stand? (Werte sind in Diagrammen und Tabellen zu markieren.)

Vergleichsspannung σ_V :

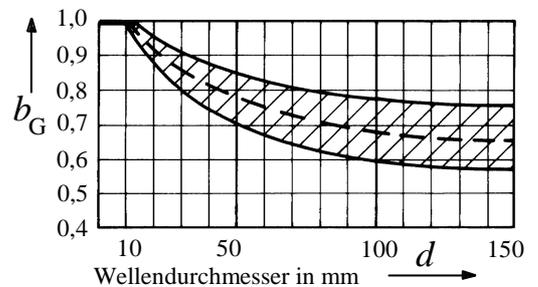
Hält die Welle den Belastungen stand?

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}	$\sigma_{z w}$	$\sigma_{b sch}$	$\sigma_{b w}$	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

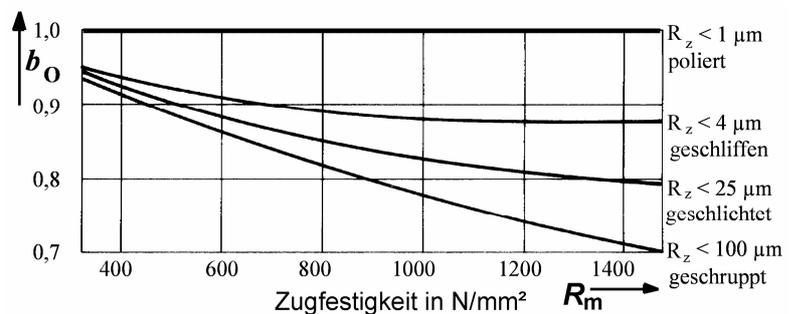


$$\sigma_z = \frac{F_a}{A}; \sigma_b = \frac{M_b}{W_b}; \tau_t = \frac{T}{W_t}; \tau_s = \frac{F_q}{A}$$

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

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

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





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	3	6	4	3	16
Erreichte Pktzahl					

E-WN 1 Eine **Keilwellenverbindung** soll ein konstantes Drehmoment von $T = 750 \text{ Nm}$ übertragen. Welle und Nabe sind aus St 50 gefertigt. Der mittlere Profildurchmesser der Welle beträgt $d_m = 55 \text{ mm}$, die Keilhöhe 8 mm , und die Anzahl der Keile 8 . Es handelt sich um eine Keilwelle mit Innenzentrierung. Wie groß ist die Traglänge der Verbindung l mindestens zu wählen, damit die Verbindung der Belastung stand hält? (Auszug Skript am Ende der Aufgabe.)

Mindesttraglänge der Verbindung

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
			E-WN wcz 05.09.08 Bl. 2 v. 6 Name: Künne / Mitarbeiter

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

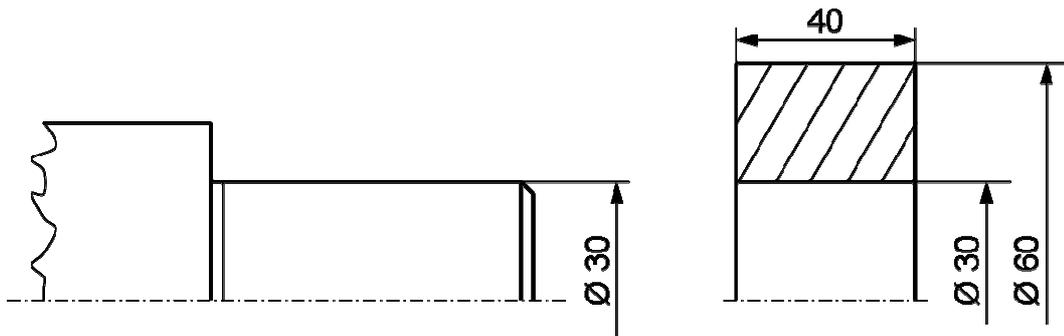
E-WN 2 Eine andere Welle-Nabe-Verbindung ist als **Passfederverbindung** gestaltet. Damit soll ein stoßhaftes Drehmoment von $T = 500 \text{ Nm}$ übertragen werden. Welle und Nabe sind aus St50 gefertigt. Die Welle hat einen Durchmesser von $d = 60 \text{ mm}$. Es ist eine Passfeder der **Form A** mit einer **Gesamtlänge** von $l_{\text{ges}} = 50 \text{ mm}$ verbaut. Hält die Verbindung der Belastung stand? (Auszug Skript am Ende der Aufgabe.)

Hält die Verbindung?

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 $\mu = 0,08$ und das zu übertragende Drehmoment $T = 350 \text{ Nm}$. Berechnen Sie das minimale relative Gesamt-Haftmaß $\zeta_{\text{ges min}}$. (Auszug Skript am Ende der Aufgabe.)



Minimales relatives Gesamt-Haftmaß



Name:

Matr.-Nr.:

- E-WN 4** Die unter Aufgabe E-WN 3 dargestellte **Pressverbindung** (Skizze) verfügt über Oberflächenrauigkeiten $R_{zA} = R_{zI} = 16 \mu\text{m}$. Welches minimale Gesamt-Haftmaß $Z_{\text{ges min}}$ ergibt sich für diese Verbindung, wenn Sie von einem minimalen relativen Gesamt-Haftmaß $\zeta_{\text{ges min}} = 0,00085$ (entspricht nicht dem Ergebnis von Aufgabe E-WN 3!) ausgehen? Wie groß ist das notwendige minimale Übermaß U_{min} für diese Verbindung? (Auszug Skript am Ende der Aufgabe.)

Minimales Gesamt-Haftmaß

Notwendiges minimales Übermaß



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
	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/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

Keilwellenverbindung:

Flächenpressung p :
$$p = \frac{2 \cdot T}{d_m \cdot h \cdot l \cdot z \cdot \varphi} \leq p_{zul}$$

- d_m = Mittlerer Profildurchmesser
- h = Keilhöhe
- l = Traglänge der Verbindung
- z = Anzahl der Keile
- φ = Tragfaktor
 - $\varphi = 0,75$ für Innenzentrierung
 - $\varphi = 0,9$ für Flankenzentrierung

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):

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

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 = Querszahl 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	Querszahl m
Stähle	210.000	0,3
GG	90.000 ... 155.000	0,24 ... 0,26
GS	200.000 ... 215.000	0,3