



FACHPRÜFUNG

MASCHINENELEMENTE I

10.03.2008 - 14:30 bis 16:00 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.

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)

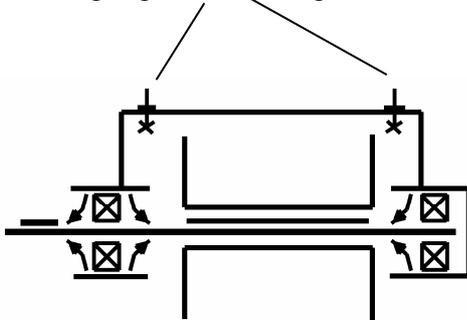
Teilaufgabe	E-GG 1	E-GG 2	Σ
Max. Pktzahl	15	15	30
Erreichte Pktzahl			

Es ist eine Seilwinde für einen Geländewagen gemäß der untenstehenden Skizze zu konstruieren; Vorlage s. nächste Seite. Beachten Sie dabei folgendes:

- Der Antrieb erfolgt links über das Wellenende mit Passfeder.
- Die Seiltrommel (einteilig, Gussteil) wird mittels Passfederverbindung auf der Welle befestigt.
- Das Gestell nimmt die beiden Lager auf und wird mittels zweier Schrauben (in der Skizze oben) an dem Fahrzeug befestigt. Das Gestell soll als Gusskonstruktion ausgeführt werden.
- Es treten nur kleine Axialkräfte auf.
- Lagerung als **Fest-Los-Lagerung**; die Lager sind fettgeschmiert; es ist gegen von außen eintretendes Wasser abzudichten; hierzu ist rechts ein abgedichteter Deckel vorzusehen, an den drei anderen Stellen Radialwellendichtringe (s. Skizze).
- Beachten Sie die Montierbarkeit (Teilung des Gestells o. ä.)
- Stellen sie bitte mindestens eine Schraubenverbindung vollständig dar.

Geben Sie an, welche Lager Sie gewählt haben: _____

Befestigung am Fahrzeug

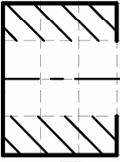


WL	5		Nicht auszufüllen, nur für Bewertung GG 2
Dar.	-0,5		
Ben.	-0,5		
Fkt.	-2		
T-S-L	-1		
x	-0,5		
509	-0,5		
<-->	-1		
W	4,5		
D	-1		
x	-0,5		
ax	-0,5		
509	-0,5		
Δ	1,5		
Z	-0,5		
axF	-0,5		
G	4		
x	-0,5		
mont.	-1		
WL \updownarrow	-1		
$\updownarrow \Delta$	-1		
D G	1,5		
Ξ	-1		
Gest.	-0,5		
Allg.			

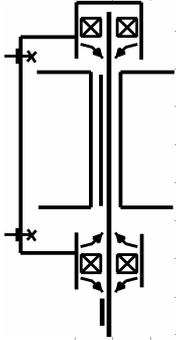
Name: _____

Matr.-Nr.: _____

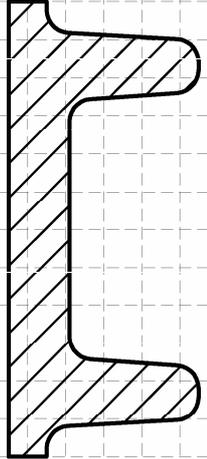
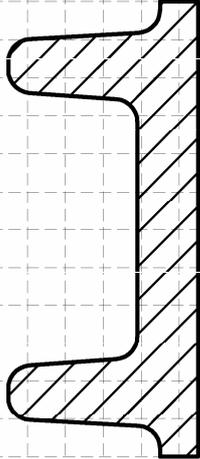
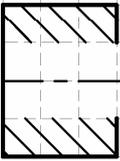
oben



Fahrzeug-
befestigung



Fahrzeug-
befestigung



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

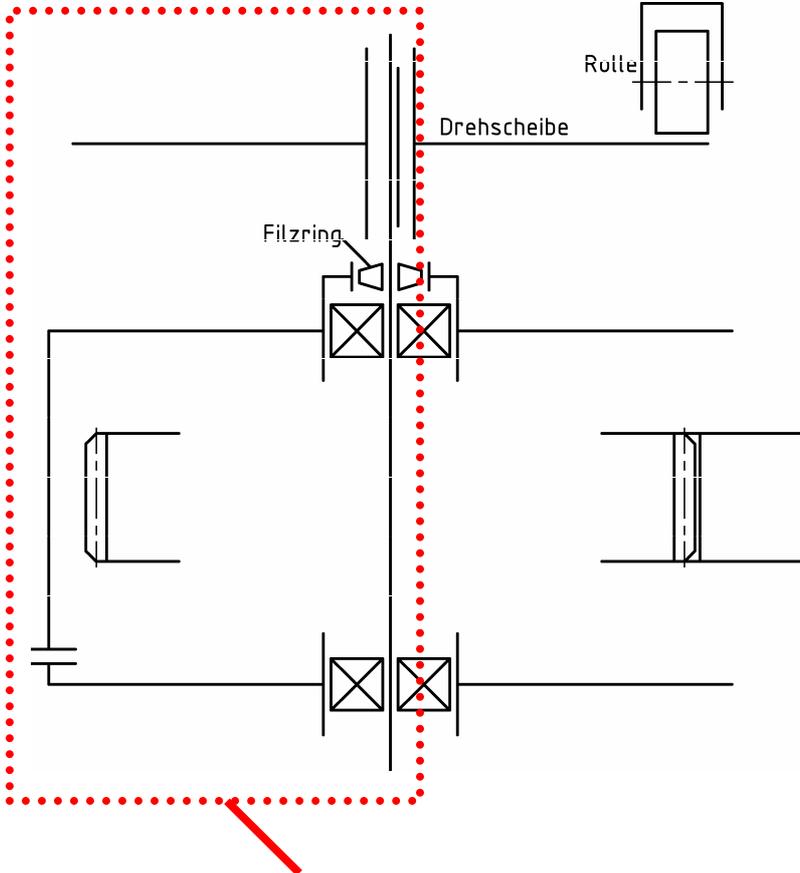
Aufgabe E GG 2 (Konstruktionsaufgabe)

Für einen Rollenprüfstand ist eine Drehscheibe zu konstruieren. Auf dieser Drehscheibe werden die Rollen mit einer hohen Axialkraft belastet. Der Antrieb erfolgt über ein aufgesetztes Zahnrad. Die Lagerung der Welle ist als Trag-Stütz-Anordnung auszuführen.

Vorlage s. nächste Seite. Beachten Sie dabei folgendes:

- Die Drehscheibe (einteilig, Schweißteil) wird mittels Passfederverbindung auf der Welle befestigt.
- Das Zahnrad ist drehmomentschlüssig mit der Welle befestigt.
- Es treten große Axialkräfte auf.
- Lagerung als **Trag-Stütz-Lagerung**; die Lager sind fettgeschmiert; es ist gegen Staub von außen mit einem Filzring abzudichten; (s. Skizze).
- Gehäuse als Schweißkonstruktion
- Darstellung im Halbschnitt ausreichend (s. rechteckige Kennzeichnung in Skizze)
- Befestigungselemente (Füße o. ä.) sind nicht erforderlich.

Geben Sie an, welche Lager Sie gewählt haben: _____



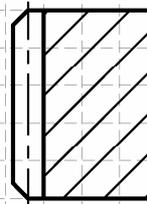
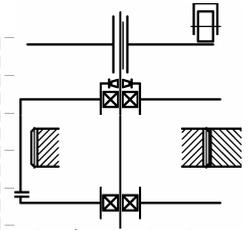
Zu konstruierender Bereich (im Halbschnitt)

WL	5	Nicht auszufüllen, nur für Bewertung GG 1
Dar.	-0,5	
Ben.	-0,5	
Fkt.	-2	
F-L-L	-1	
x	-0,5	
509	-0,5	
W	5	
⊃	-1	
x	-0,5	
ax	-0,5	
509	-0,5	
Rw	je -0,5	
/	-1	
<-->	-0,5	
509	-0,5	
G	4	
x	-0,5	
Fü	-1	
mont.	-1	
WL ↑↓	-1	
↑↓ ↙	-1	
SR	1	
⊗		
Π		
Allg.		



Name:

Matr.-Nr.:



Name:

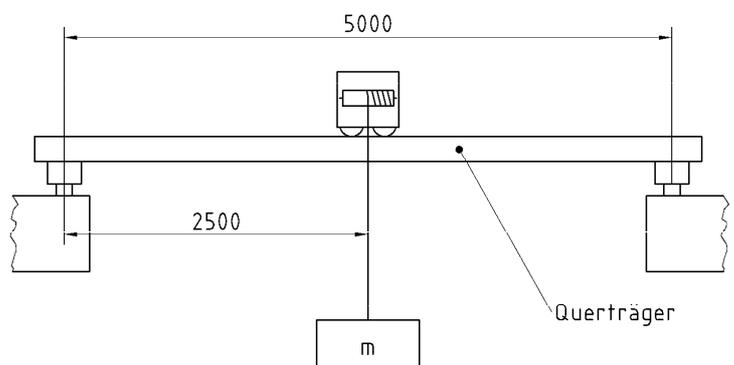
Matr.-Nr.:

Aufgabe E VE (Versagenskriterien)

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

E-VE 1 Es werden zwei Brucharten unterschieden. Benennen Sie diese und beschreiben Sie die Bruchprozesse sowie das entstehende Bruchbild. Welche(r) Werkstoffkennwert(e) sind maßgebend für das Bruchverhalten?

E-VE2 Ein Portalkran ist wie in der Abbildung dargestellt geplant. Der verfahrbaren Querträger besteht aus einem IPB-Profil auf dem sich eine verfahrbare Katze befindet, die die Seiltrommel beinhaltet. Das IPB-Profil besteht aus S235JRG2 (St 37-2) mit einer maximal ertragbaren Biegespannung von 260 N/mm^2 . Der Kran soll für Lasten bis $m = 10 \text{ t}$ ausgelegt werden. Sie sollen den Träger auslegen.



- Wo wirkt die die größte Belastung? Markieren Sie die entsprechende Stelle deutlich in der Skizze und berechnen Sie die Größe des Biegemomentes an dieser Stelle.
- Wie groß muss das Biegewidstandsmoment des Trägers bei zweifacher Sicherheit mindestens sein? Wählen Sie einen geeigneten IPB-Träger aus der Tabelle aus.

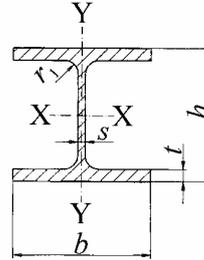
Name:

Matr.-Nr.:

(Beiblatt VE)

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

Kurzzeichen IPB	Maße für [mm]					Querschnitt [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



Biegemoment $M_b =$

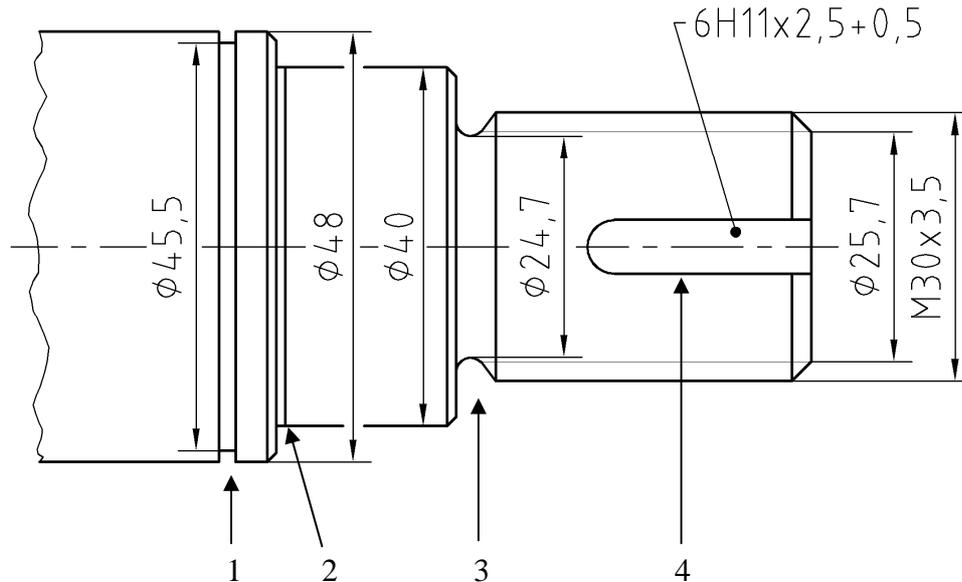
Widerstandsbiegemoment $W_b =$

Kurzzeichen des gewählten IPB-Trägers:

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

Aufgabe E AW (Achsen und Wellen)

Teilaufgabe	E-AW 1	E-AW 2	E-AW 3	Σ
Max. Pktzahl	2	2	4	8
Erreichte Pktzahl				



- E-AW 1** Bestimmen Sie für die dargestellte Welle an den **Stellen 1 und 2** die Kerbfaktoren β_k . Die Welle ist aus St 60 gefertigt. Der Radius des Freistichs am Wellenabsatz (Stelle 2) beträgt 1 mm. Markieren Sie die Werte in den beiliegenden Diagrammen.
- E-AW 2** Bestimmen Sie für die dargestellte Welle an der gekennzeichneten **Stelle 4** den Durchmesser d_{Berr} , der in die Berechnungsformeln für den Spannungsnachweis einzusetzen ist. Der Rechenweg ist anzugeben.
- E-AW 3** Aufgrund der auf die Welle wirkenden Kräfte und Momente ergibt sich nach der Vergleichsspannungshypothese an der **Stelle 3** eine Vergleichsspannung von $\sigma_v = 50 \text{ N/mm}^2$. Berechnen Sie die zulässige Spannung bei einer Sicherheit von $S = 2$. Hält die Welle an dieser Stelle? ($\beta_k = 1,6$; Oberflächenrauigkeit $R_z 25 \mu\text{m}$) Der Rechenweg ist anzugeben und gewählte Werte sind in den beiliegenden Diagrammen zu markieren.

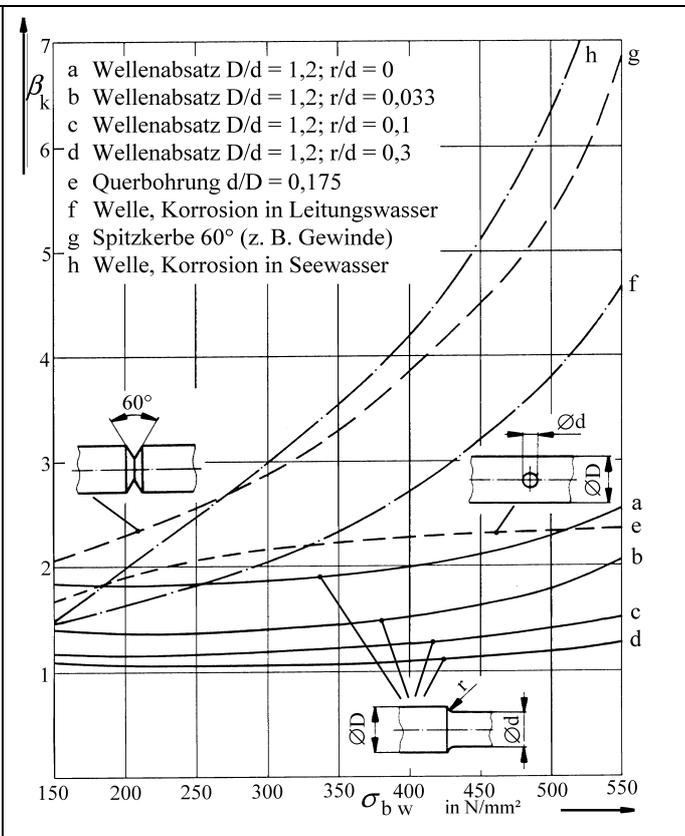
Antworten: E-AW 1

Kerbfaktor β_k Stelle 1:

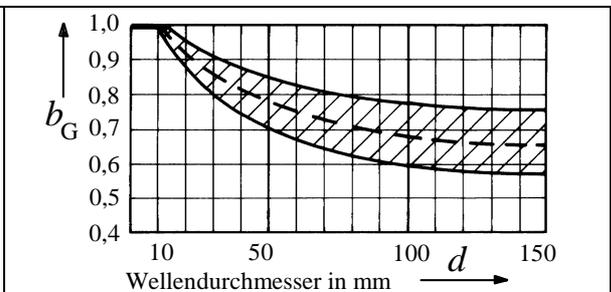
Kerbfaktor β_k Stelle 2:

Name: _____ Matr.-Nr.: _____

Kerbenform		Kerbfaktor
Welle glatt, poliert		β_k 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

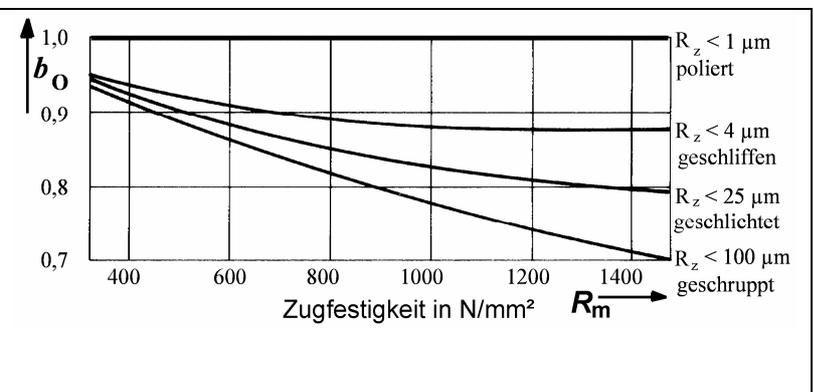


$$\sigma_z = \frac{F_a}{A}; \sigma_b = \frac{M_b}{W_b}; \tau_t = \frac{T}{W_t}; \tau_s = \frac{F_q}{A}$$

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

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

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





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

Konstruktionselemente / Maschinenelemente
Fachprüfung

Kl. E

E-AW ege 08.03 Bl. 3 v. 3
Name: Künne / Mitarbeiter

Name:

Matr.-Nr.:

Antwort: E-AW 2

Durchmesser d_{Berr} :

Antworten: E-AW 3

zulässige Spannung:

Hält die Welle an dieser Stelle?:



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	3	7	2	16
Erreichte Pktzahl					

E-WN 1 Eine **Passfederverbindung** soll ein stoßhaftes Drehmoment von $T = 850 \text{ Nm}$ übertragen. Welle und Nabe sind aus St 50 gefertigt. Der Durchmesser der Welle beträgt $\varnothing = 55 \text{ mm}$. Wählen Sie eine geeignete genormte Passfeder für die Welle-Nabe-Verbindung aus (Auszug Skript am Ende der Aufgabe). Wie viele Passfedern müssen eingesetzt werden, um das Drehmoment zu übertragen, wenn die **Gesamtlänge** der Passfeder der Form A $l = 70 \text{ mm}$ betragen soll?

Anzahl Passfedern



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

Konstruktionselemente / Maschinenelemente
Fachprüfung

Kl. E

E-WN wcz 10.03.08 Bl. 2 v. 7
Name: Künne / Mitarbeiter

Name:

Matr.-Nr.:

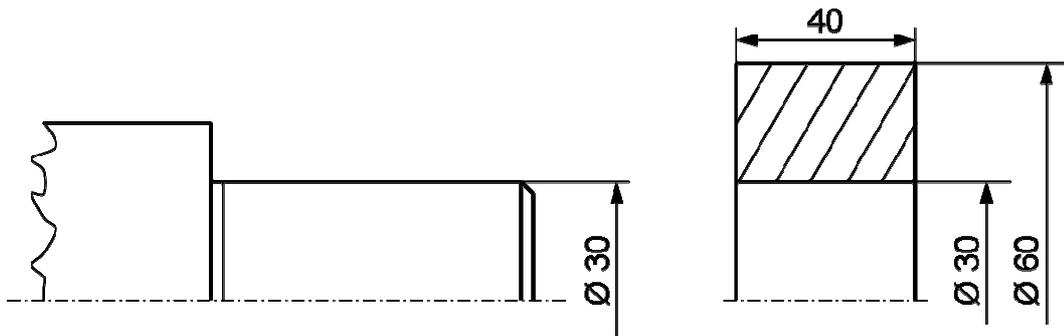
E-WN 2 Eine andere Welle-Nabe-Verbindung soll ebenfalls ein stoßhaftes Drehmoment von $T = 850 \text{ Nm}$ übertragen. Welle und Nabe sind ebenfalls aus St 50 gefertigt. Der Konstrukteur hat eine **Keilwellenverbindung** mit Innenzentrierung, mit 8 Keilen, einer Traglänge von 60 mm, einer Keilhöhe von 8 mm und einem mittleren Profildurchmesser von 50 mm gewählt. Hält die formschlüssige 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 $\mu = 0,09$ und das zu übertragende Drehmoment $T = 400 \text{ Nm}$. Berechnen Sie das minimale und das maximale relative Gesamt-Haftmaß $\xi_{\text{ges min}}$ und $\xi_{\text{ges max}}$ (Auszug Skript am Ende der Aufgabe).





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

Konstruktionselemente / Maschinenelemente
Fachprüfung

Kl. E

E-WN wcz 10.03.08 **Bl. 4 v. 7**
Name: Künne / Mitarbeiter

Name:

Matr.-Nr.:

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

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

 Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E
		E-WN wcz 10.03.08 Bl. 5 v. 7 Name: Künne / Mitarbeiter

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

E-WN 4 Nennen Sie **jeweils** zwei Vorteile einer Pressverbindung und einer Passfederverbindung.



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 h	3 3	4 4	5 5	6 6	8 7	10 8	12 8	14 9	16 10	18 11	20 12	22 14	25 14	28 16	32 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/mm^2

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} :

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

Maximale Flächenpressung p_{max} :

$$p_{max} = \min\{p_{zul I}, p_{zul A}\}$$

Zulässige Flächenpressung des Außenteils $p_{zul A}$ und des Innenteils $p_{zul I}$:

$$p_{zul A} = R_e \frac{1 - Q_A^2}{\sqrt{3} \cdot S_F} \quad p_{zul I} = R_e \frac{1 - Q_I^2}{\sqrt{3} \cdot S_F}$$

R_e = Streckgrenze gemäß Tabelle 1
 S_F = Sicherheit gegen Fließen = 1,1

Hilfswerte (Durchmesser-
verhältnisse Q_I und Q_A):

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

Relatives Haftmaß ξ :

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

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} :

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

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

Relatives Gesamt-Haftmaß ξ_{ges} :

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

E = E-Modul gemäß Tabelle 2

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