

FACHPRÜFUNG

MASCHINENELEMENTE I

10.03.2006 - 9:30 bis 11:00 Uhr (1,5 Stunden)

Bearbeiter:	Musterlösung
Matr.-Nr. :	

Umfang:

Maschinenelemente I (78 Punkte)

$\Sigma = 78$ Punkte

Die Klausur ist bestanden, wenn mindestens 31 Punkte erreicht wurden.

Hinweise zur Bearbeitung:

- Alle Blätter sind mit den Aufgabennummern beschriftet. Bei fehlender Beschriftung sind die Aufgaben ggr. nicht bewertet.
- Alle Aufgaben sind auf den Aufgabenblättern zu bearbeiten. Zusätzliche Blätter sind beim Aufsichtspersonal erhältlich.
- **Zugelassene Hilfsmittel: Keine** (außer Taschenrechner).
- **dies dient dem Zwecke das Selbststudium zu erleichtern.** Das Ergebnis der Berechnungen in das vorgesehene Lösungskästchen, zusätzlich muss der Lösungsweg nachvollziehbar sein; das Ergebnis alleine ist nicht ausreichend.

Bewertung: (Nicht vom Bearbeiter auszufüllen)

E GG	E VE	E AW	E WN	Σ
P_{max} 39	P_{max} 8	P_{max} 15	P_{max} 16	P_{max} 78



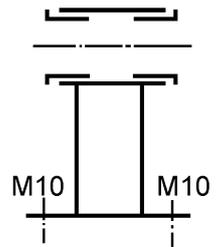
Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.:

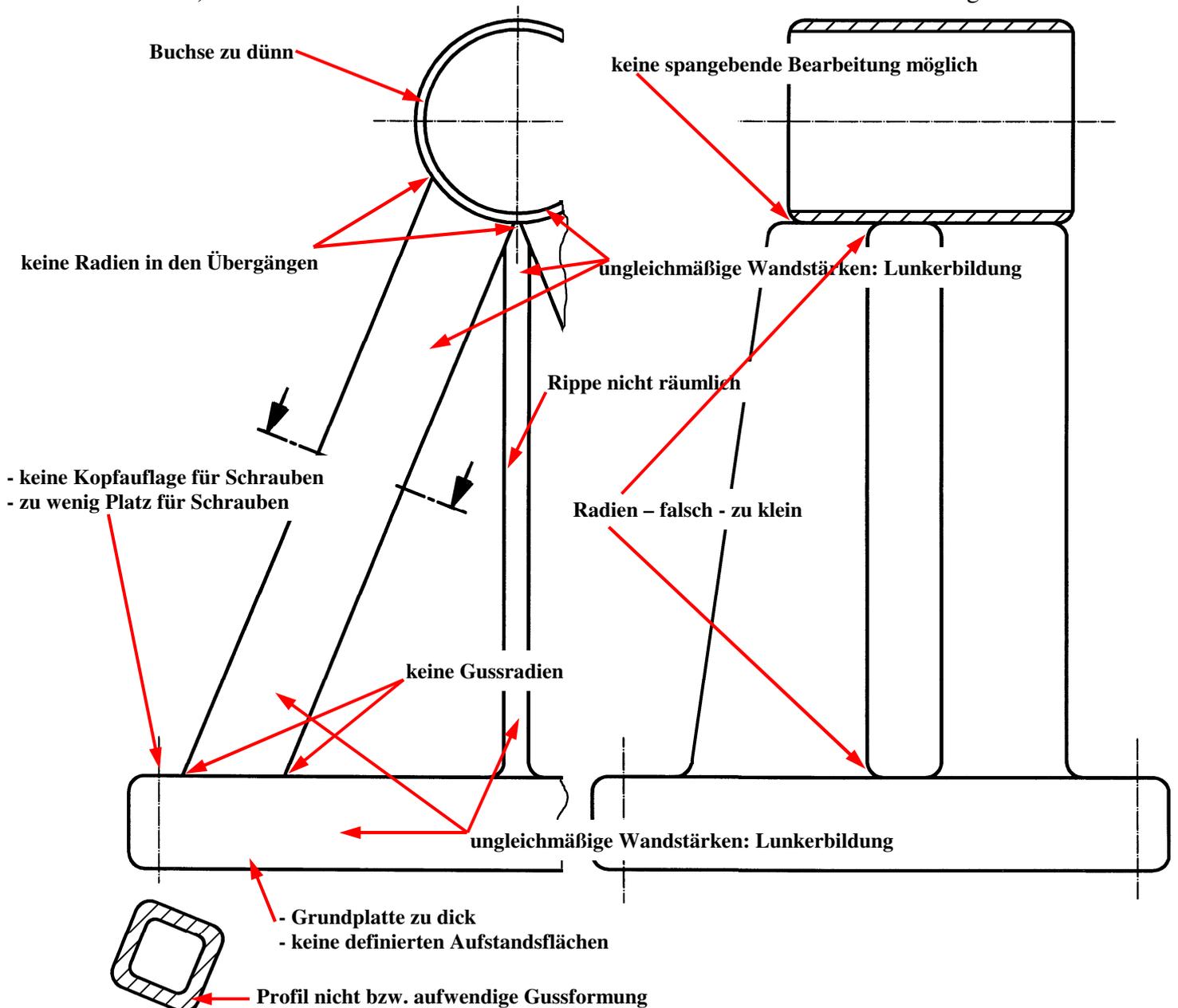
Aufgabe E1-GG (Grundlagen)

Teilaufg.	E1-GG.a	E1-GG.b	E1-GG.c	Σ
Max. Pktzahl	5	8	26	39
Erreichte Punktzahl				

Im oberen Bereich einer Konsole gemäß nebenstehender Skizze soll eine Welle in zwei Gleitlagerbuchsen (Außendurchmesser ca. 30 mm) gelagert werden (in der Skizze angedeutet, unten nicht dargestellt). Die Konsole soll auf einer ebenen Platte mit insgesamt vier Schrauben M10 verschraubt werden. Die Mittelachse der Welle liegt ca. 125 mm über der Grundplatte.



a) Ein unerfahrener Konstrukteur hat die Konsole als Gussteil konstruiert, s. Zeichnung unten (Maßstab ca. 1:1). Markieren Sie mindestens 10 Fehler und erläutern Sie diese stichwortartig.

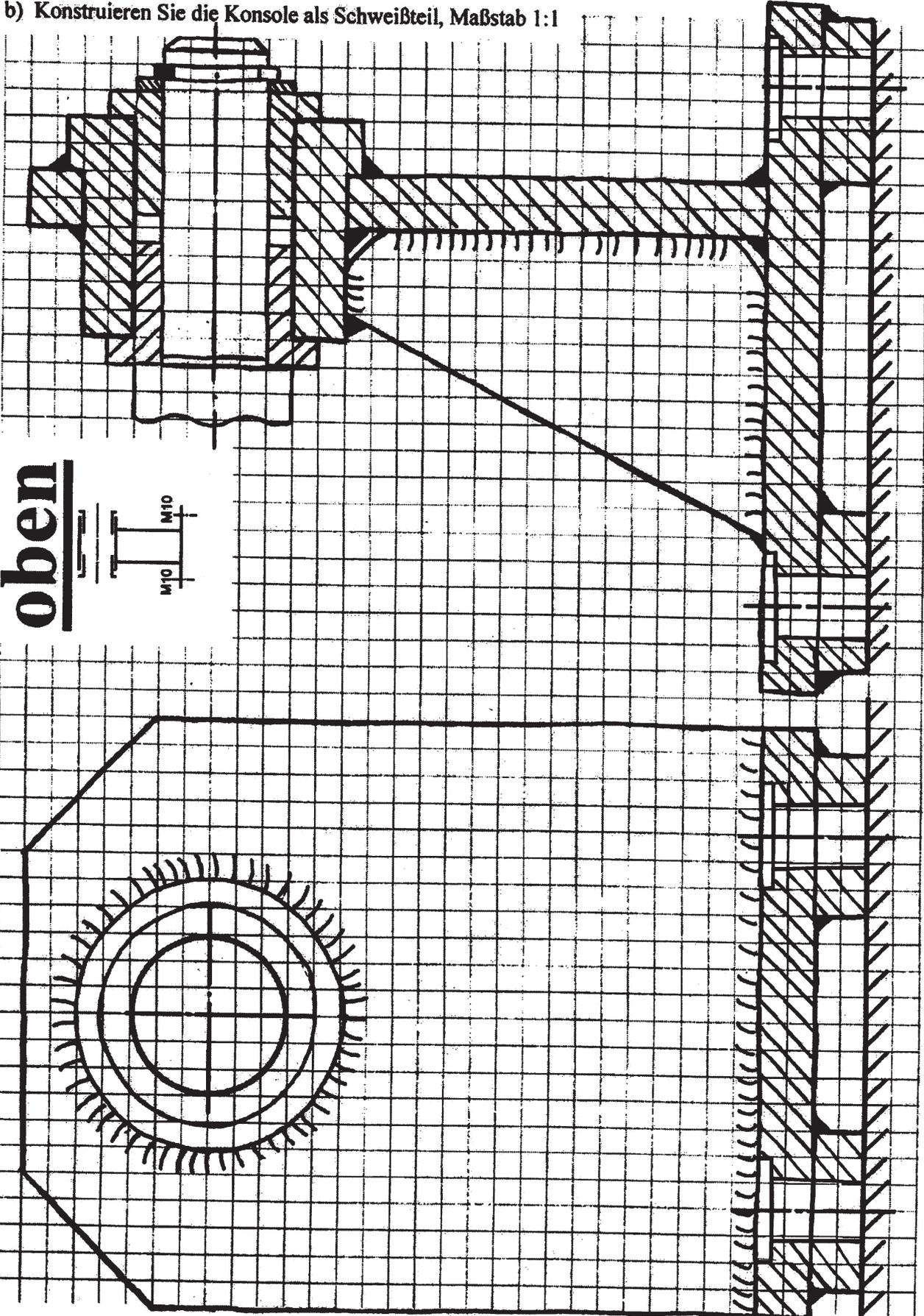




Name:

Matr.-Nr.:

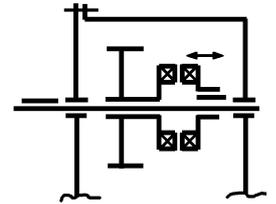
b) Konstruieren Sie die Konsole als Schweißteil, Maßstab 1:1



Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

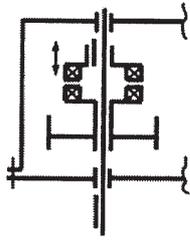


c) Es ist eine Anordnung gemäß nebenstehender Skizze zu konstruieren: In einem Gehäuse ist eine Welle gelagert, die über ein Wellenende (links) angetrieben wird. Auf der Welle ist ein Zahnrad drehbar gelagert. Rechts befindet sich eine Kupplung, die bei Bedarf die Welle mit dem Zahnrad drehmomentenschlüssig verbindet. Es wirken hohe Kräfte. Konstruieren Sie die Anordnung auf der nächsten Seite und beachten Sie dabei folgendes:

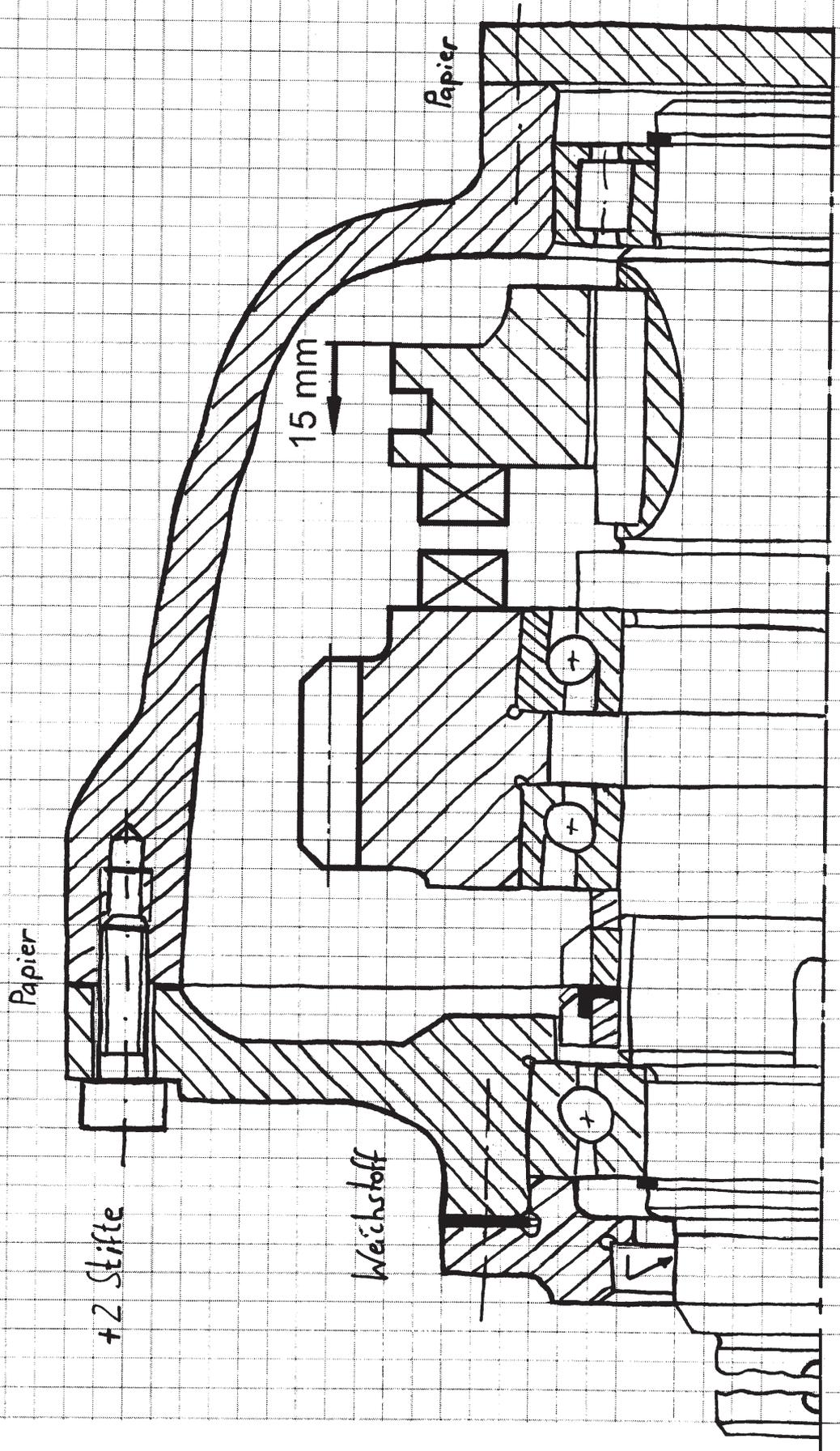
- Alle Lager sind ölgeschmiert, daher muss links eine entsprechende Dichtung vorgesehen werden; außerdem muss links ein Wellenende mit Passfeder vorhanden sein.
- Das Gehäuse ist als Gusskonstruktion zu gestalten. Links ist ein großer Deckel vorzusehen; eine Schraubenverbindung ist zu zeichnen.
- Die Welle ist im Gehäuse in Wälzlagern in **Fest-Los-Anordnung** zu lagern.
- Das Zahnrad ist auf der Welle in Schrägkugellagern in **Trag-Stütz-Anordnung** (O-Anordnung) zu lagern.
- Die Kupplung ist auf der Welle mit einer Passfederverbindung gegen Verdrehung zu sichern, sie muss aber axial um 15 mm verschieblich sein. Der Schaltmechanismus für die Kupplung ist **nicht** darzustellen.
- Alle Abmessungen sind zu schätzen, die Darstellung der oberen Hälfte im Schnitt ist ausreichend.

Name:

Matr.-Nr.:



oben



Ergänzende Anmerkungen:

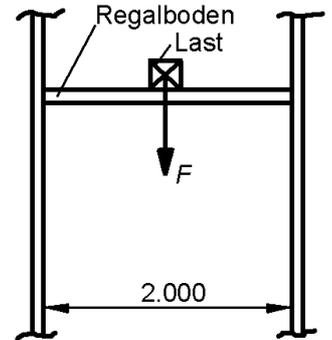
- Deckel am Los-Lager komplett spangebend bearbeitet (anderenfalls wäre eine definierte Schraubenkopfaufgabe notwendig).

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

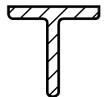
Aufgabe E1 VE (Versagenskriterien und Abhilfen)

Teilaufg.	E1-VE.a	E1-VE.b	E1-VE.c	E1-VE.d	Σ
Max. Pktzahl	2	2	1	3	8
Erreichte Punktzahl					

Ein Hochregallager ist gemäß der Skizze aufgebaut. Er soll pro Regalboden eine Masse $m = 6000 \text{ kg}$ (mittig) eingelagert werden. Der Regalbodenträger besteht aus **zwei** parallelen Trägern und soll aus S235JRG2 (St 37-2) mit einer maximal ertragbaren Biegespannung von 260 N/mm^2 gefertigt werden. Sie sollen die Träger auslegen.



- Wo wirkt die größte Belastung? Markieren Sie die entsprechende Stelle in der Skizze und berechnen Sie die Größe des Biegemoments **pro Träger**.
- Wie groß muss das Biegewidstandsmoment **eines Trägers bei dreifacher Sicherheit** mindestens sein? Wählen Sie ein geeignetes IPB-Profil aus der Tabelle unten aus.
- Ist die Verwendung eines IPB-Profils sinnvoll, oder ist ein anderes Profil besser geeignet? (mit Begründung)
- Der Konstrukteur hat sich entschieden, ein T-Profil gemäß Skizze zu verwenden. Um Gewicht zu sparen verwendet er als Werkstoff Aluminium mit einer maximal ertragbaren Biegespannung von ebenfalls 260 N/mm^2 . Ist das Profil sinnvoll (mit Begründung)? Welche Konsequenzen ergeben sich im Vergleich zu einem gleichgroßen T-Profil aus Stahl bezüglich der maximal zulässigen einzulagernden Masse pro Regalboden und bezüglich der zu erwartenden Durchbiegungen des Regalbodens?



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

Lösungen

a) Biegemoment pro Träger

15000 Nm

b) Biegewidstandsmoment, mindestens

173 cm³

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

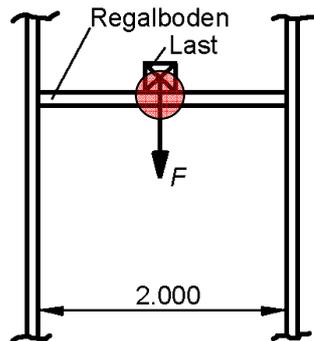
Aufgabenteil a: insgesamt 2 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$m = 6000 \text{ kg}$$

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

I. Die größte Belastung tritt in der Trägermitte auf.



II. Bestimmung des maximalen Biegemoments pro Träger:

Beachte! Berechnung soll *pro* Träger erfolgen! 2 Träger, d.h. Biegemoment teilt sich auf zwei Träger auf!

Auflagerreaktionen A und B:

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

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

Schnittgröße Biegemoment M_b :

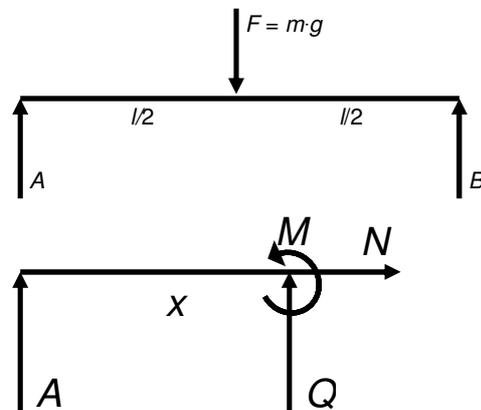
$$0 = M_b - A \cdot x$$

$$M_b = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2}$$

M_b bei 2 Trägern:

$$M_b = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$M_b = \frac{6000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} \cdot \frac{2 \text{ m}}{2} \cdot \frac{1}{2} = 15000 \text{ Nm}$$



	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E1
			E1-VE 2 kün 06.03 Bl. 3 v. 3 Name: Künne / Mitarbeiter

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

Aufgabenteil b: insgesamt 2 Punkte

Lösung: bekannte Daten:

$$S = 3$$

$$M_b = 15000 \text{ N}$$

$$W_{b, \min} = \frac{M_b}{\sigma'_{zul}}$$

$$W_{b, \min} = \frac{15000 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{260 \cdot \frac{1}{3} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 173076,92 \text{ mm}^3 = 173,08 \text{ cm}^3$$

Formeln:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}; \quad \sigma_b \geq \sigma'_{zul}; \quad \sigma'_{zul} = \frac{\sigma_{zul}}{S}$$

Der geeignete Träger aus der Tabelle sollte mindestens ein W_b von 173 cm^3 aufweisen, aus Kostengründen aber auch nicht viel mehr als notwendig. Daher fällt die Wahl auf das Profil IBP 140 mit einem W_b von 216 cm^3 .

Aufgabenteil c: insgesamt 1 Punkte

Lösung: Sinnvoll, da hohe Materialanteile in der Zug- & Druckzone vorhanden sind.

Aufgabenteil d: insgesamt 3 Punkte

Lösung: Profil nicht sinnvoll! Wenig Material in Zugzone. Zwar kann maximal die gleiche Masse eingelagert werden, aber aufgrund des geringeren E-Modul, ist eine viel höhere Durchbiegung vorhanden.



Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Aufgabe E AW (Achsen und Wellen)

Teilaufgabe	E1-AW a	E1-AW b	E1-AW c	E1-AW d	Σ
Max. Pktzahl	6	3	3	3	15
Erreichte Pktzahl					

Formel s. Blatt 3

- a) Eine Welle aus St 37 eines Zahnradgetriebes weist ein Gewinde M50x1,5 zur Fixierung eines Zahnrades auf. Im Bereich des Gewindes wirken ein Biegemoment von 150 Nm und ein Torsionsmoment von 400 Nm; Zug-/Druckkräfte und Scherkräfte sind zu vernachlässigen. Der Gewindekerndurchmesser beträgt 48 mm. Die Oberfläche im Gewindebereich entspricht einer geschliffenen Fläche. Wie hoch ist die Sicherheit S ? Kennzeichnen Sie die ermittelten Werte in den folgenden Diagrammen.

$$S_{ST37} = 2,5$$

- b) Auf welchen Wert verändert sich die Sicherheit, wenn als Werkstoff St 70 verwendet wird? Gehen Sie vom gleichen Wert für α_0 aus und kennzeichnen Sie die ermittelten Werte in den folgenden Diagrammen.

$$S_{ST70} = 2,7$$

- c) Im Rahmen einer Leistungssteigerung der Maschine soll die Welle aus St 37 das 1,75-fache Biegemoment und das 1,75-fache Drehmoment übertragen, und hierzu soll der Durchmesser vergrößert werden. Wie groß muss der Kerndurchmesser sein? Wie groß muss das Gewinde (mit größerem Durchmesser, aber derselben Steigung) hierfür gewählt werden (mit Begründung)?

$$\text{Kerndurchm.} = 58 \text{ mm}$$

$$\text{Gew. M 60 x1,5}$$

- d) Im Rahmen einer Leistungssteigerung der Maschine soll die Welle aus St 37 das 1,75-fache Biegemoment und das 1,75-fache Drehmoment übertragen (wie bei Teil c). Der Konstrukteur hat sich entschieden, um die Kerbwirkung zu verringern das Gewinde durch einen Wellenabsatz mit $D = 58$ mm zu ersetzen und den Durchmesser $d = 48$ mm (entsprechend dem vorherigen Kerndurchmesser) beizubehalten. Wie groß muss der Radius mindestens sein, mit dem der Absatz ausgerundet ist?

$$\text{Radius} = 1,6 \text{ mm}$$

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Aufgabenteil a: insgesamt 6 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$M_b = 150 \text{ Nm}$$

$$T = 400 \text{ Nm}$$

$$\varnothing_{\text{Kern}} = 48 \text{ mm (geschlichtet)}$$

Formeln:

$$\sigma_v \leq \sigma_{\text{zul}} = \frac{b_G \cdot b_0 \cdot \sigma_{\text{bw}}}{S \cdot \beta_K}$$

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

$$\tau_t = \frac{T}{W_t}$$

Ermittlung der vorhandenen Sicherheit S:

$$S = \frac{b_G \cdot b_0 \cdot \sigma_{\text{bw}}}{\sigma_v \cdot \beta_K}$$

Aus Diagrammen zu ermittelnde Daten:

$$b_G = 0,78$$

$$b_0 = 0,94$$

$$\beta_K = 2,3$$

$$\sigma_{\text{bw}} = 200 \text{ N/mm}^2$$

Bestimme σ_v :
$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3(\alpha_0 \tau_t)^2}$$

Bestimme α_0 :
$$\alpha_0 = \frac{200}{1,73 \cdot 170} = 0,68 \quad \text{mit } \sigma_{\text{bw}} = 200 \text{ N/mm}^2 \text{ und } \tau_{\text{tsch}} = 170 \text{ N/mm}^2$$

Bestimme σ_b :
$$\sigma_b = \frac{150 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{W_b} = 13,8155 \text{ N/mm}^2$$

Bestimme W_b :
$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot 48^3 \text{ mm}^3 = 10857,3442 \text{ mm}^3$$

Bestimme τ_t :
$$\tau_t = \frac{400 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{W_t} = 18,4207 \text{ N/mm}^2$$

Bestimme W_t :
$$W_t = \frac{\pi}{16} \cdot 48^3 \text{ mm}^3 = 21714,6884 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_v = \sqrt{13,8^2 + 3(0,68 \cdot 18,4)^2} \text{ N/mm}^2 = 25,7211 \text{ N/mm}^2$$

Die vorhandene Sicherheit beträgt:

$$S = \frac{b_G \cdot b_0 \cdot \sigma_{\text{bw}}}{\sigma_v \cdot \beta_K} = \frac{0,78 \cdot 0,94 \cdot 200 \text{ N/mm}^2}{25,7 \text{ N/mm}^2 \cdot 2,3} = 2,4788 \approx 2,5$$

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

Aufgabenteil b: insgesamt 3 Punkte

Lösung: gegebene/bekannte Daten:

$$a_0 = \text{const.} = 0,68 \text{ (lt. Vorgabe)}$$

$$b_G = \text{const.} = 0,78$$

$$b_0 = 0,86$$

$$\beta_K = 3,3$$

$$\sigma_{bw} = 340 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_V = \text{const.} = 25,7211 \text{ N/mm}^2$$

$$S = \frac{b_G \cdot b_0 \cdot \sigma_{bw}}{\sigma_V \cdot \beta_K} = 2,687 \approx 2,7$$

Das bedeutet, die Sicherheit steigt um den Faktor $\frac{2,7}{2,5} = 1,08$, also um 8%.

Aufgabenteil c: insgesamt 3 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$\sigma_b = \text{const.}$$

σ_b bleibt konstant, da es sich weiterhin um dieselbe Maschine handelt.

$$M_b^* = 1,75 \cdot M_b$$

$$M_b \cdot 1,75 = W_b \cdot \sigma_b$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_b \cdot 1,75 \cdot 32}{\sigma_b \cdot \pi}} = 57,8435 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Kern}} = 58 \text{ mm}$$

Die Gewindetiefe beträgt 2mm lt. Aufgabenstellung bei einer Steigung von 1,5, somit M 60 x 1,5!

Aufgabenteil d: insgesamt 3 Punkte

Lösung: gegebene Daten:

$$D = 58 \text{ mm}$$

$$d = 48 \text{ mm}$$

$$W_b = \text{const.}$$

$$W_t = \text{const.}$$

$$\beta_K = 2,3$$

$$\beta_K^* = \beta_K / 1,75$$



Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:-----

$$\frac{D}{d} = 1,2083$$

$$\beta_K^* = \beta_K / 1,75 = 1,314$$

β_K^* muss jetzt im Diagramm ausfindig gemacht und der Schnittpunkt mit $\sigma_{bw} = 200 \text{ N/mm}^2$ gesucht werden. Die Linie (b) die dort zu finden ist gibt an welches r/d vorherrscht.

Linie b: $r/d = 0,033$

$$r = 0,033 \cdot d = 1,584 \text{ mm}$$

Name: **Musterlösung** Matr.-Nr.:

Formelsammlung/Auszug aus dem Skript:

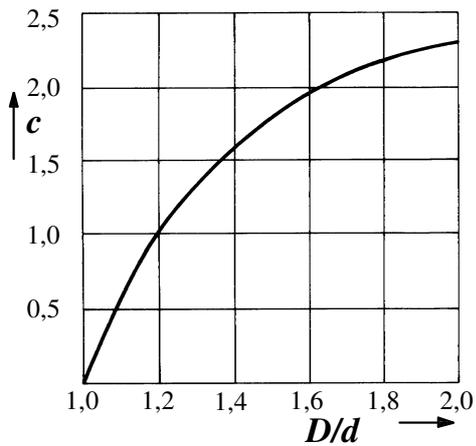
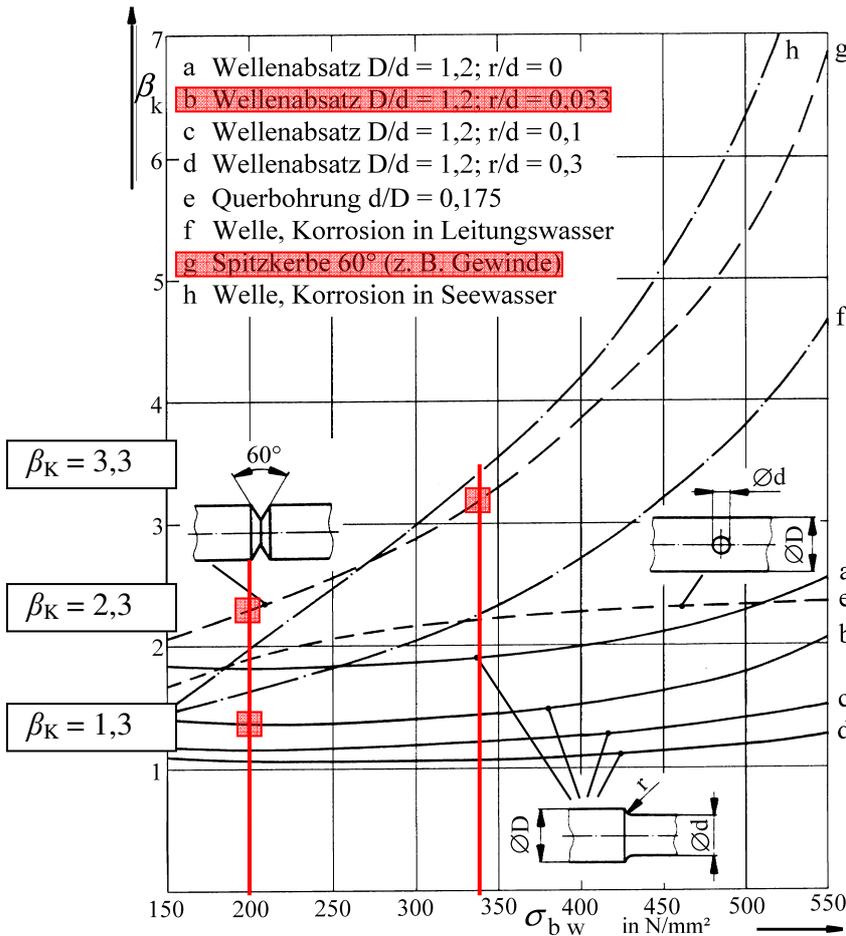
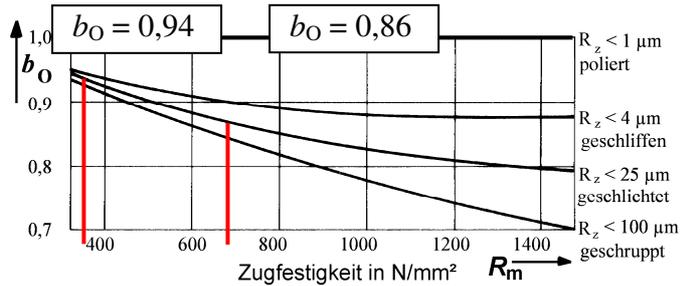
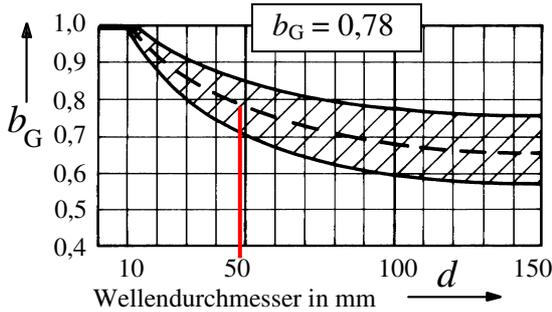
$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot d^3$$

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

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

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

$$\sigma_{zul} = \frac{b_G \cdot b_O \cdot \sigma_{bgrenz}}{\beta_k \cdot S}$$



Werkstoff	R_m	σ_{zsch}	σ_{zw}	σ_{bsch}	σ_{bw}	τ_{tsch}	τ_{tw}
Allgemeine Baustähle:							
St 37	340	240	175	340	200	170	140
St 42	410	260	190	360	220	180	150
St 50	490	300	230	420	260	210	180
St 60	570	340	270	470	300	230	210
St 70	670	370	320	520	340	260	240

Name:

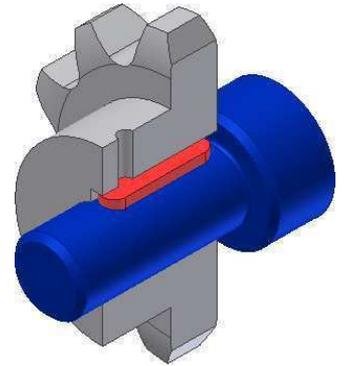
Musterlösung

Matr.-Nr.:

Aufgabe E-WN
(Welle-Nabe-Verbindungen)

Teilaufgabe	E-WN a	E-WN b	E-WN c	E-WN d	E-WN e	E-WN f	Σ
Max. Pktzahl	2	4	2	1	5	2	16
Erreichte Pktzahl							

In ein er Maschine wird die nebenstehende Passfederverbindung eingesetzt. Im Rahmen einer konstruktiven Überarbeitung soll die Verbindung für ein wesentlich höheres Drehmoment ausgelegt werden.



Aufgabenteil a: insgesamt 2 Punkte

Die Baugröße darf nicht verändert werden. Welche Maßnahme kann getroffen werden, um bei der Passfederverbindung das übertragbare Drehmoment zu verdoppeln?

Lösung gegebene Daten:

Baugröße = const.

Formeln:

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

Das doppelte Drehmoment kann mit 3 Passfedern übertragen werden.
 $z = 3$, damit ist der Traganteil $\varphi = 0,66$

Hinweis:

Die Parameter d und l verändern die Baugröße, also müssen Sie konstant gehalten werden. Lediglich die Anzahl z der Passfedern kann ohne Änderung des Bauvolumens erfolgen.

Aufgabenteil b: insgesamt 4 Punkte

Welche formschlüssige Verbindung kann gewählt werden, um ein noch höheres Drehmoment (z. B. ca. 3- bis 4fach) zu übertragen? Schlagen Sie eine entsprechende Welle-Nabe-Verbindung vor und geben Sie anhand eines Beispiels an, um welchen Faktor sich das übertragbare Drehmoment gegenüber der Passfederverbindung gemäß Zeichnung erhöht.

Lösung Keilwellenprofil, Zahnwellenprofil

z.B.

8 Keile $\varphi = 0,75$

Das 6-fache Moment ist übertragbar.

	Maschinenelemente Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Konstruktionselemente / Maschinenelemente Fachprüfung	Kl. E1
			E1-WN 2 kün 06.03 Bl. 2 v. 4 Name: Künne / Mitarbeiter

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

Aufgabenteil c: insgesamt 2 Punkte

Auf die Welle einer Maschine ist eine Nabe aufgedrückt, die zu Reparaturzwecken erneuert werden muss. Sie sollen die Situation beurteilen und dem Monteur erläutern, wie er vorgehen soll. Welche Kriterien schauen Sie sich an und welche Demontagemöglichkeiten empfehlen Sie dem Monteur?

- Lösung**
- a) Wenn Nabe & Welle aus gleichem Material:
→ „Gewalt“
 - b) unterschiedliches Material; z.B. Nabe aus Alu
→ Erwärmen, dann „gewaltfrei“ lösbar.

Aufgabenteil d: insgesamt 1 Punkte

Wie sollte der Monteur vorgehen, um die Bauteile nach der Reparatur möglichst schonend wieder zu montieren?

- Lösung**
- Vor der Montage die Nabe erwärmen und evtl. die Welle abkühlen.
→ Dadurch vergrößert sich der Montagedurchmesser.



Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

e) **insgesamt 5 Punkte**

Die dargestellte Kegelverbindung soll ein Drehmoment von 100 Nm übertragen. Wie groß muss bei einem Reibbeiwert von $\mu = 0,1$ die Axialkraft mindestens sein, mit der die Mutter die Teile zusammendrücken muss?

Lösung **gegebene Daten:**

$$T = 100 \text{ Nm}$$

$$l = 70 \text{ mm}$$

$$D = 50 \text{ mm}$$

$$C = 1/10$$

$$\mu = 0,1$$

Bestimme $F_{a \min}$:

$$F_{a \min} = \frac{2 \cdot T}{d_m} \cdot \frac{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \mu \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\mu}$$

Bestimme d_m :

$$d_m = \frac{D + d}{2} = 46,5 \text{ mm}$$

Bestimme d :

$$d = D - C \cdot l = 43 \text{ mm}$$

Bestimme $\alpha/2$:

$$\frac{\alpha}{2} = \arctan\left(\frac{D + d}{2 \cdot l}\right) = 2,8624^\circ$$

$$F_{a \min} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{46,5 \text{ mm}} \cdot \frac{\sin(2,86^\circ) + 0,1 \cdot \cos(2,86^\circ)}{0,1} = 6443,5596 \text{ N}$$

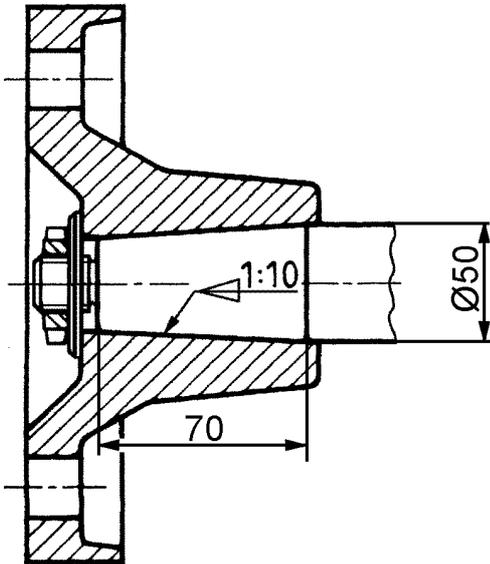
f) **insgesamt 2 Punkte**

Die dargestellte Verbindung soll zwischen der Antriebswelle und dem Rad (am Flansch befestigt) eines Fahrzeuges eingesetzt werden. Welche Probleme sind zu erwarten?

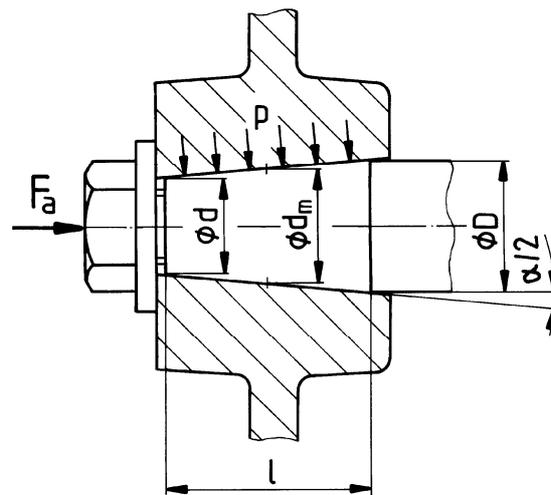
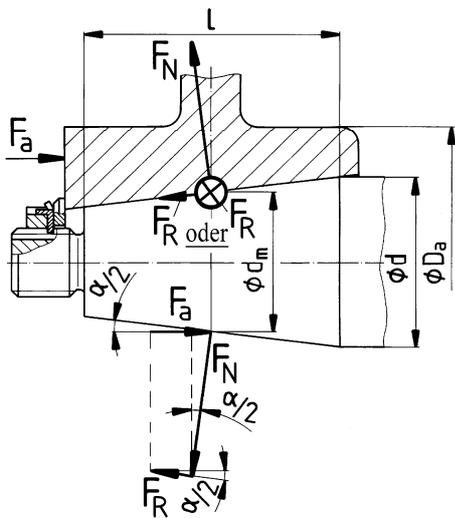
- Lösung**
- Gefahr des Lockerns
 - Axiallage nicht definiert

Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.:



Formelsammlung/Auszug aus dem Skript:



$$F_a = F_N \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + F_R \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$C = \frac{D-d}{l} \quad \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2 \cdot l}$$

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

mit $F_N = \frac{2 \cdot T}{\mu \cdot d_m}$ und $F_{R \min} = \frac{2 \cdot T}{d_m}$

- D = Großer Kegeldurchmesser
- d = Kleiner Kegeldurchmesser
- l = tragende Kegellänge
- α = Kegelwinkel
- d_m = Mittlerer Kegeldurchmesser
- F_a = Axiale Aufpresskraft

Kräfteverhältnisse am Kegel /1/

Kegelverbindung /1/