

# FACHPRÜFUNG

## MASCHINENELEMENTE I

23.08.2006 - 9:00 bis 10:30 Uhr (1,5 Stunden)

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| Bearbeiter: | <b>Musterlösung</b> |
| 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 dem Namen des Bearbeiters zu versehen. Bei fehlender Angabe sind die Aufgaben nicht bewertet.
- Die Aufgaben sind auf den Aufgabenblättern zu bearbeiten. Zusätzliche Blätter sind beim Aufsichtspersonal erhältlich.
- **Zugelassene Hilfsmittel: Keine** (außer Taschenrechner, Schreibgerät).
- **dies dient dem Zwecke das Selbststudium zu erleichtern.** Die Berechnungen in das vorgesehene Lösungsschema einzutragen, 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             | $\Sigma$         |
| $P_{\max}$<br>39 | $P_{\max}$<br>8 | $P_{\max}$<br>15 | $P_{\max}$<br>16 | $P_{\max}$<br>78 |
|                  |                 |                  |                  |                  |

Name:

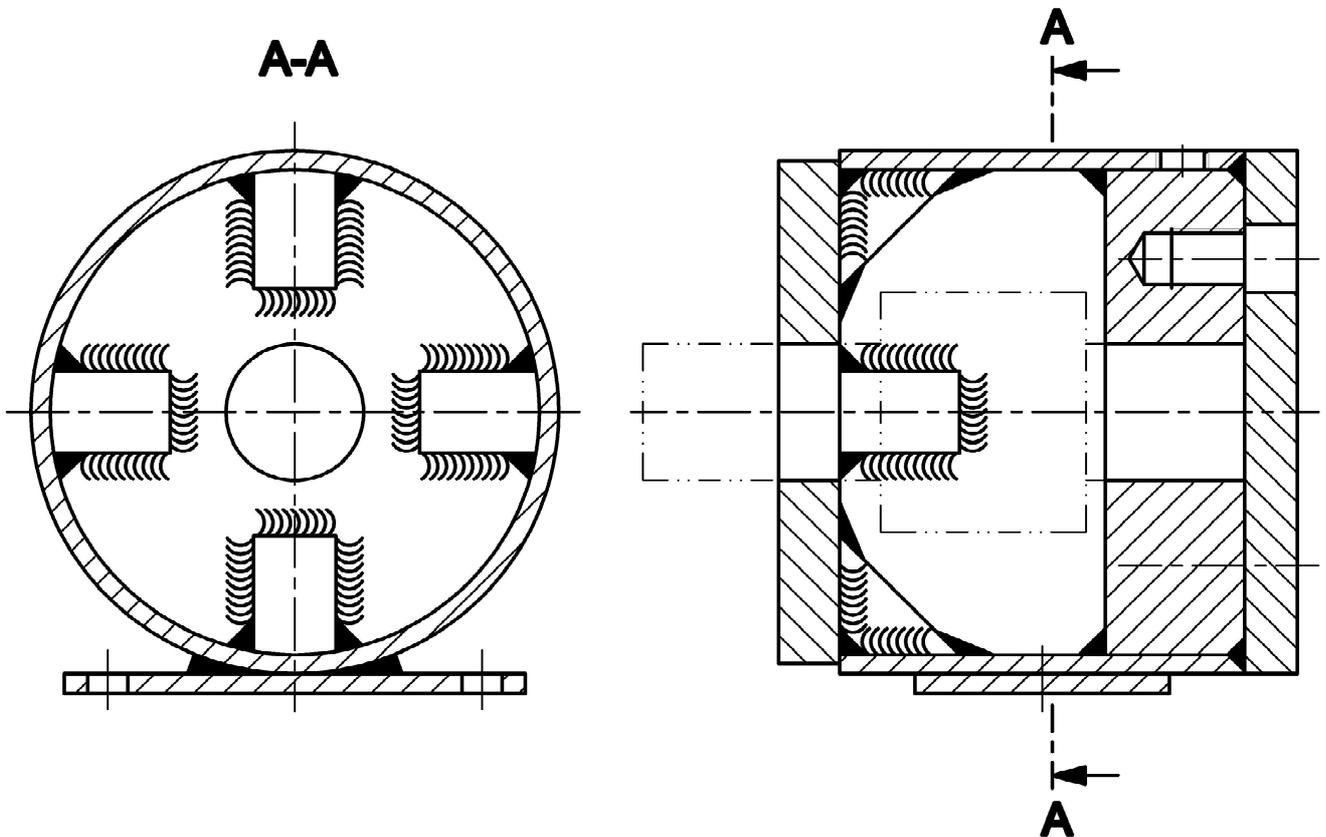
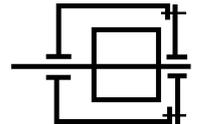
**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

**Aufgabe E GG (Gestaltung)**

| Teilaufgabe       | E-GG 1 | E-GG 2 | E-GG 3 | E-GG 4 | $\Sigma$ |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Max. Pktzahl      | 3      | 8      | 20     | 8      | 39       |
| Erreichte Pktzahl |        |        |        |        |          |

**E-GG 1** Es soll ein kleines Gehäuse für eine Welle gemäß der nebenstehenden Skizze konstruiert werden. Ein unerfahrener Konstrukteur hat das Gehäuse als Schweißteil entsprechend der unten stehenden Darstellung mit mehreren Gestaltungsfehlern ausgeführt (Maßstab ca. 1:1; die Welle selbst ist nur angedeutet.) Kennzeichnen Sie mindestens 6 Fehler und erläutern Sie diese stichwortartig.

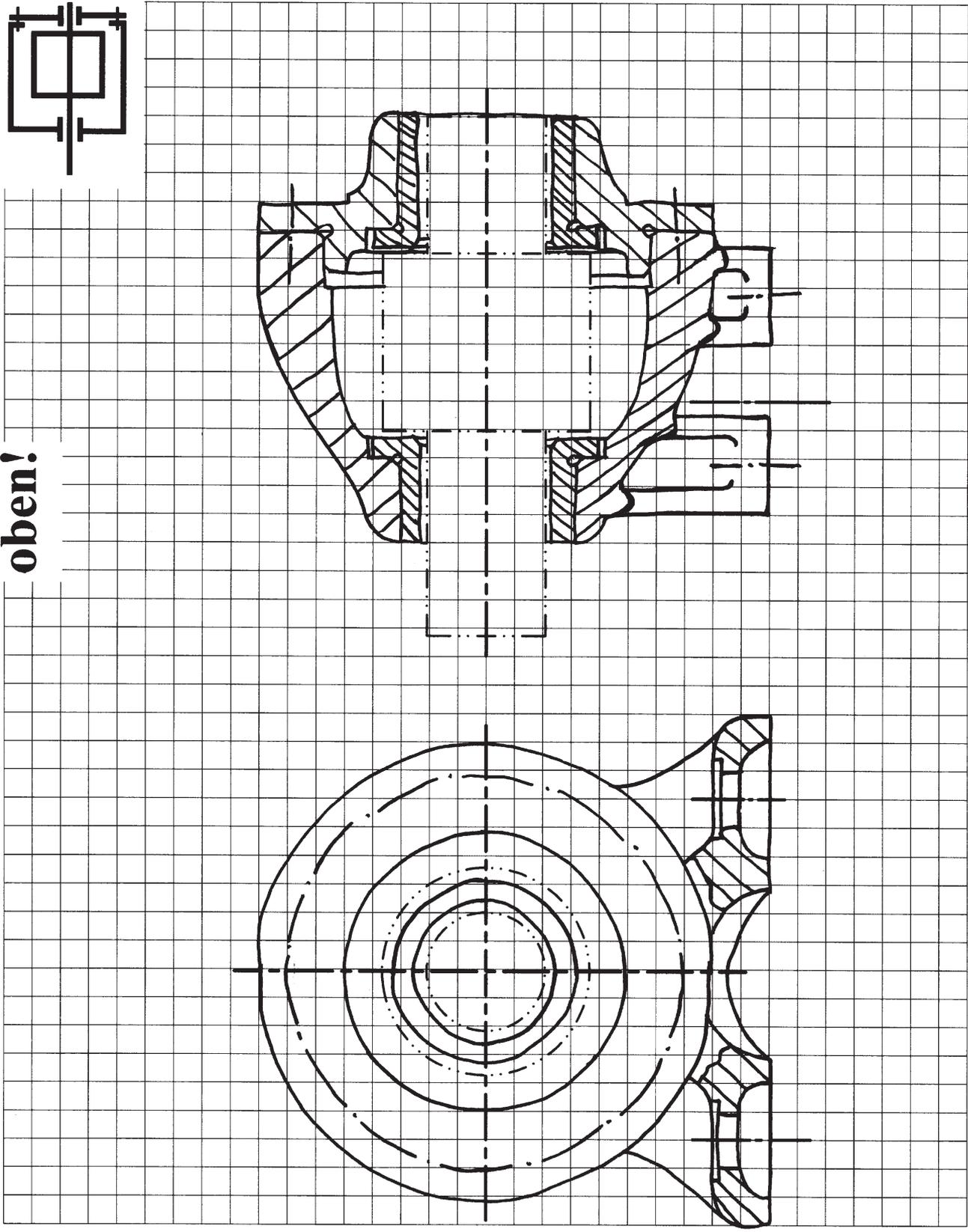


**Aufgabenteil 1: insgesamt 3 Punkte**

- Lösung**
1. Gewinde unzugänglich
  2. Nahtwinkel zu groß
  3. Naht in bearbeiteter Fläche
  4. zu dünn
  5. Nahtwinkel zu spitz
  6. unterschiedliche Wandstärken
  7. unterschiedliche Wandstärken
  8. Nahtanhäufung

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

**E-GG 2** Gestalten Sie das Gehäuse aus Aufgabe E-GG 1 als Gussteil. Stellen Sie das Gehäuse entsprechend E-GG 1 in den beiden Schnittansichten dar. (Freihandskizze, Bleistift, Maßstab 1:1).  
**Achtung:** Damit Ihnen mehr Platz zur Verfügung steht ist die Darstellung gedreht!

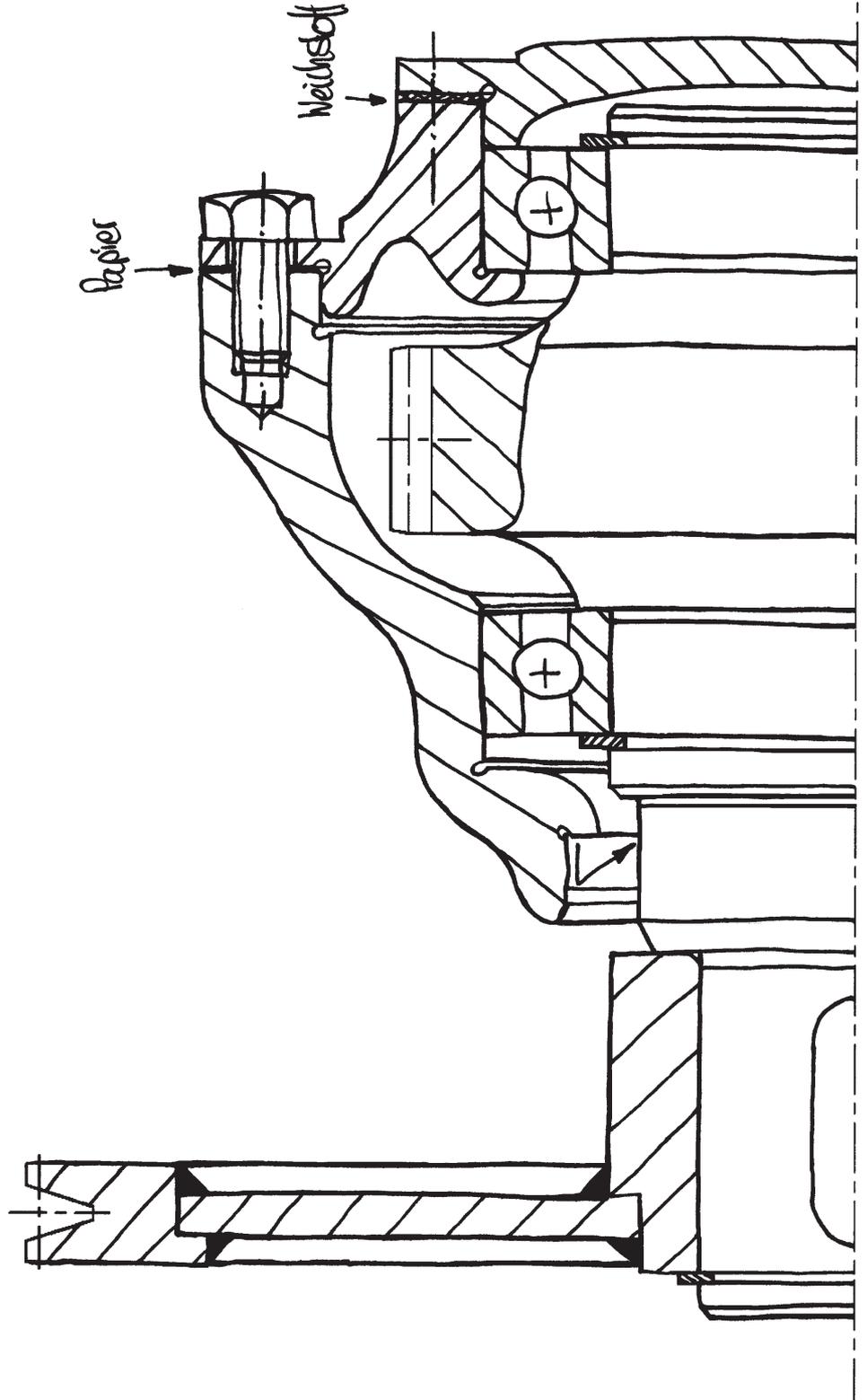
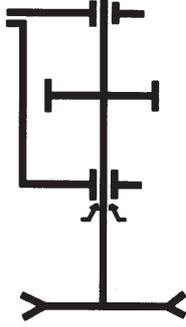


Name:

Matr.-Nr.:

**E-GG 3** Konstruieren Sie freihändig eine Antriebswelle für einen Riementrieb gemäß Skizze (Freihandskizze, Bleistift, Maßstab 1:1, eine Schnittdarstellung der oberen Hälfte genügt). Beachten Sie hierbei folgendes:

- Das Getriebe ist ölgeschmiert (Dichtungen!); Kräfte und Drehzahlen sind klein bis mittel groß.
- Das Gehäuse ist als Gussteil, die Welle ist als Ritzelwelle und die Riemenscheibe ist als Schweißteil zu gestalten.
- Die Welle soll in Wälzlagern, Fest-Los-Lagerung gelagert werden.
- Stellen Sie mindestens eine Verschraubung vollständig dar.



Ergänzende Anmerkungen:

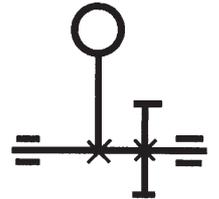
- Schweißhilfen besser kleiner gestalten.

Name:

Matr.-Nr.:

**E-GG 4** Ein Schwingungserzeuger besteht aus einer Ritzelwelle und einem angeschraubten Arm mit Schwungmasse, s. Skizze. Es treten sowohl umlaufende als auch ortsfeste Kräfte auf. Das Gehäuse ist beidseitig mit Deckeln verschlossen. Skizzieren Sie eine für sehr hohe Belastungen geeignete Wälzlagerung (Freihandskizze, Bleistift, Maßstab 1:1, eine Schnittdarstellung der oberen Hälfte genügt). Beachten Sie hierbei folgendes:

- Vom Getriebe ist nur die Lagerfestlegung und jeweils links und rechts ein Deckel mit Dichtung darzustellen.
- Die Welle soll in Wälzlagern, Fest-Los-Lagerung, gelagert werden.
- Verschraubungen sind nicht darzustellen.



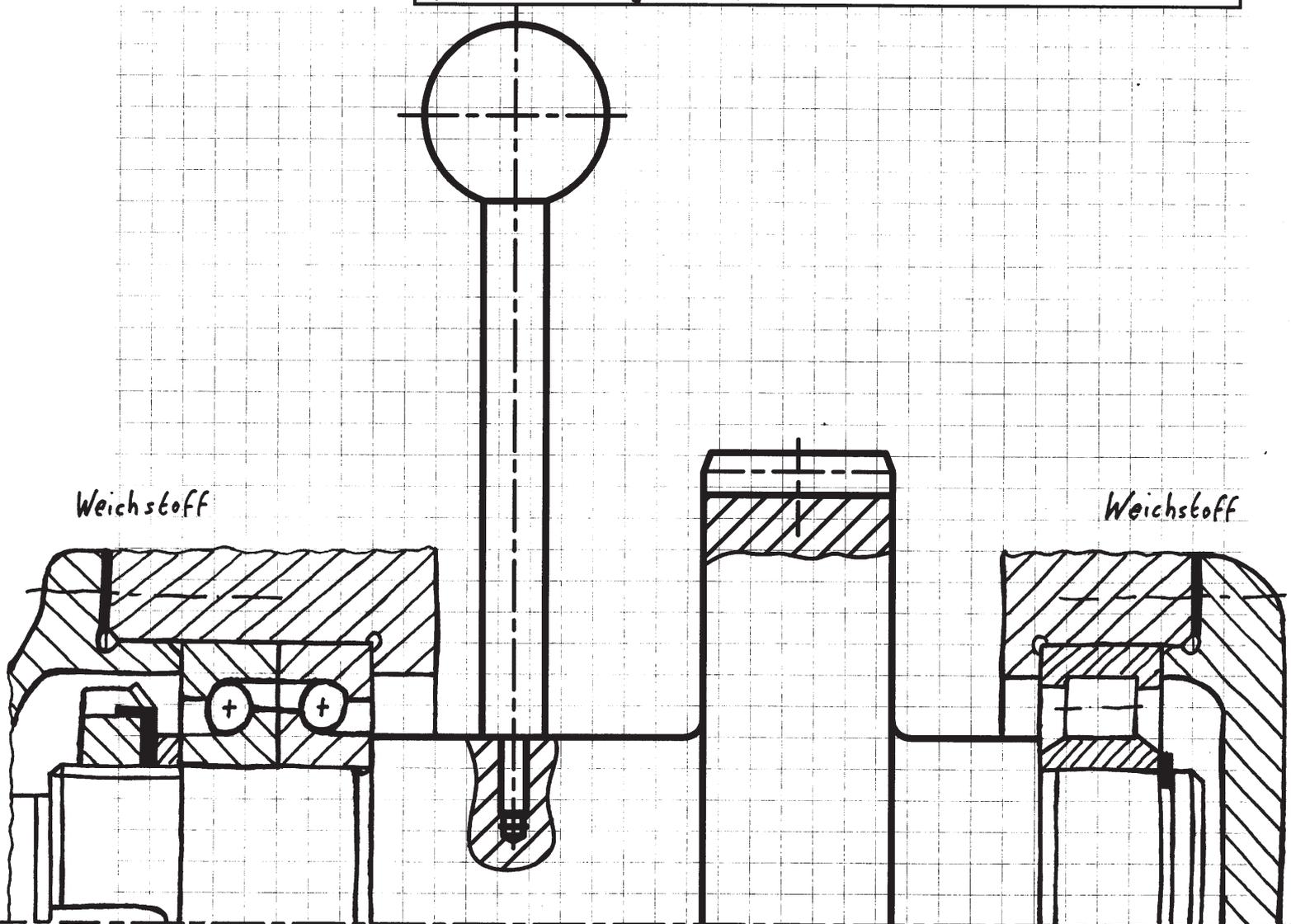
Geben Sie die genaue Bezeichnung der verwendeten Wälzlager an.

Festlager:

2 Schrägkugellager, X-Anordnung

Loslager:

Zylinderrollenlager NU, innen ohne Borde



Name:

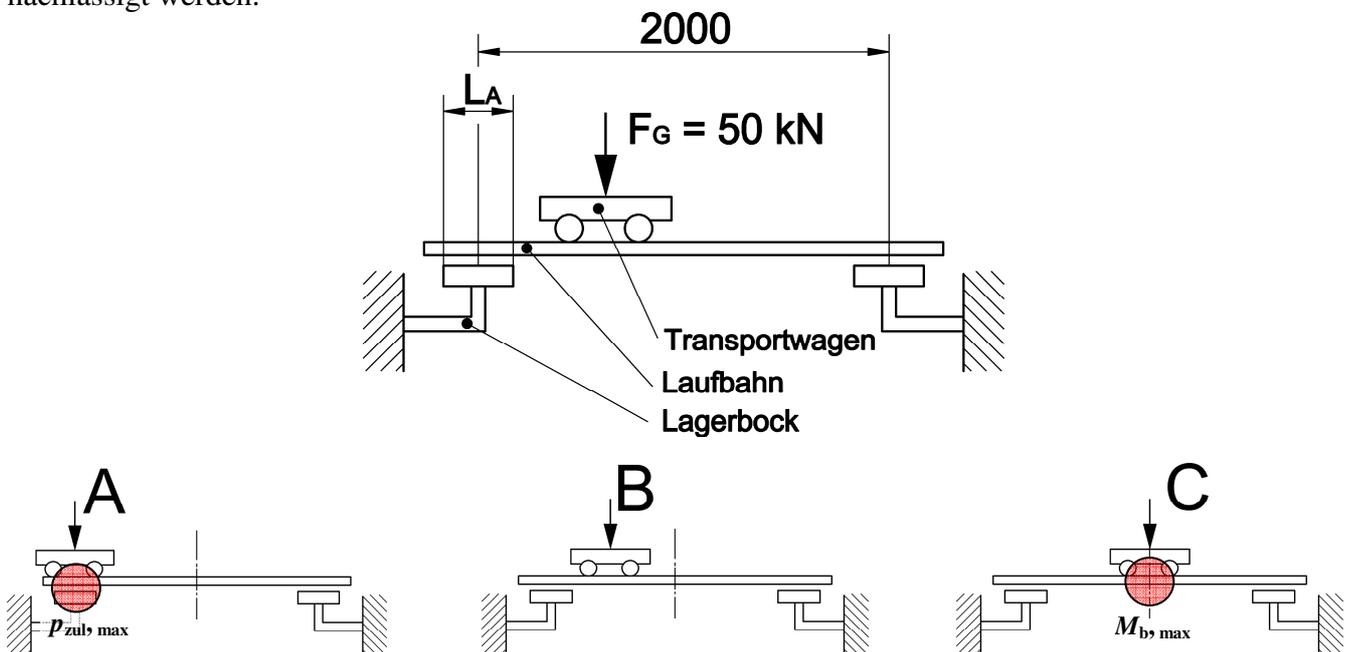
**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

**Aufgabe E VE (Versagenskriterien)**

| Teilaufgabe       | E-VE 1 | E-VE 2 | E-VE 3 | E-VE 4 | $\Sigma$ |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Max. Pktzahl      | 2      | 2,5    | 2,5    | 1      | 8        |
| Erreichte Pktzahl |        |        |        |        |          |

Bei einer Transportanlage gemäß Skizze verfährt ein Transportwagen auf einer Laufbahn aus S235JR (St37), die auf Lagerböcken aus Stahlguss (GS) aufliegt. Der Transportwagen befährt die Laufbahn so selten, so dass von einem ruhenden Lastfall aufgegangen werden kann. Die Eigengewichte können vernachlässigt werden.



**E-VE 1** In welcher Stellung des Transportwagens (A, B oder C) tritt die höchste Flächenpressung am linken Lagerbock auf? Die Breite der Auflagerfläche beträgt  $B_A = 180 \text{ mm}$ . Wie groß muss die Länge  $L_A$  mindestens sein, wenn die maximal ertragbare Flächenpressung  $p_{zul} = 70 \text{ N/mm}^2$  bei einer zusätzlichen Sicherheit von  $S = 10$  nicht überschritten werden soll?

**Aufgabenteil 1: insgesamt 2 Punkte**

**Lösung**

gegebene Daten:

$$B_A = 180 \text{ mm}$$

$$F_G = 50 \text{ kN}$$

$$p_{zul} = 70 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 10$$

Formeln:

$$p = \frac{F}{A} \leq p_{zul}$$

$$p_{zul}' = \frac{p_{zul}}{S} \quad \frac{F_G}{L_A \cdot B_A} \leq \frac{p_{zul}}{S}$$

$$L_A \leq \frac{50000 \text{ N} \cdot 10}{180 \text{ mm} \cdot 70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 39,6825 \text{ mm}$$

A, B oder C:

**A**

$L_A$ :

**39,7 mm**



Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

**E-VE 2** In welcher Stellung des Transportwagens (A, B oder C) tritt die höchste Biegebelastung in der Laufbahn auf? Kennzeichnen Sie die Stelle der Laufbahn, an der das maximale Biegemoment wirkt. Wie hoch ist dieses maximale Biegemoment?

**Aufgabenteil 2: insgesamt 2,5 Punkte**

**Lösung**

**gegebene Daten:**

**Formeln:**

$$l_{\text{ges}} = 2000 \text{ mm}$$

$$F_G = 50 \text{ kN}$$

$$p = \frac{F}{A} \leq p_{\text{zul}}$$

Auflagerreaktionen:

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

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

Schnittgröße Biegemoment  $M_b$ :

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

$$M_b(x=l/2) = \frac{50000 \text{ N}}{2} \cdot \frac{2000 \text{ mm}}{2} = 25000 \text{ Nm}$$

A, B oder C:

**C**

$M_b$ :

**25000 Nm**

Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.: -----

**E-VE 3** Bei einer ähnlichen Anordnung beträgt das Biegemoment 30.000 Nm. Der Konstrukteur hat sich entschieden, für die Laufbahn einen IPB-Träger zu verwenden. Für den verwendeten Werkstoff S235JR (St37) ist  $\sigma_{b \text{ St37}} = 200 \text{ N/mm}^2$ , die Sicherheit soll  $S = 5$  sein. Wie groß muss das Biege widerstandsmoment eines Trägers mindestens sein? Wählen Sie ein geeignetes IPB-Profil aus der Tabelle unten aus.

Warmgewalzte I-Träger – IPB-Reihe DIN 1025-2 (11.1995)

| Kurzzeichen    | Maße (in mm) |     |      |      |                | Querschnitt<br>cm <sup>2</sup> | W <sub>b</sub><br>cm <sup>3</sup> |
|----------------|--------------|-----|------|------|----------------|--------------------------------|-----------------------------------|
|                | h            | b   | s    | t    | r <sub>1</sub> |                                |                                   |
| 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                               |
| <b>IPB 240</b> | 240          | 240 | 10   | 17   | 21             | 106                            | <b>938</b>                        |
| 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                              |

**Aufgabenteil 3: insgesamt 2,5 Punkte**

**Lösung**

**gegebene Daten:**

**Formeln:**

$$M_b = 30000 \text{ N}$$

$$\sigma_{b \text{ St37}} = 200 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 5$$

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

$$W_b = \frac{M_b}{\sigma_{zul}} \quad \sigma_{zul} = \frac{\sigma_{b \text{ St37}}}{S}$$

$$W_b = \frac{30000000 \text{ Nmm} \cdot 5}{200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 750 \text{ cm}^3$$

W<sub>b</sub>: 750 cm<sup>3</sup>

IPB: 240

**E-VE 4** Als Alternative für die Laufbahn steht ein Vierkant-Vollprofil zur Verfügung. Halten Sie dieses für besser oder schlechter geeignet? Geben Sie eine kurze Begründung an.

**Aufgabenteil 4: insgesamt 1 Punkte**

**Lösung**

Schlechter, da viel Material in Trägermitte, wo Spannung = 0 ist (neutrale Faser)  
=> Materialverschwendung, zu schwer!

Name:

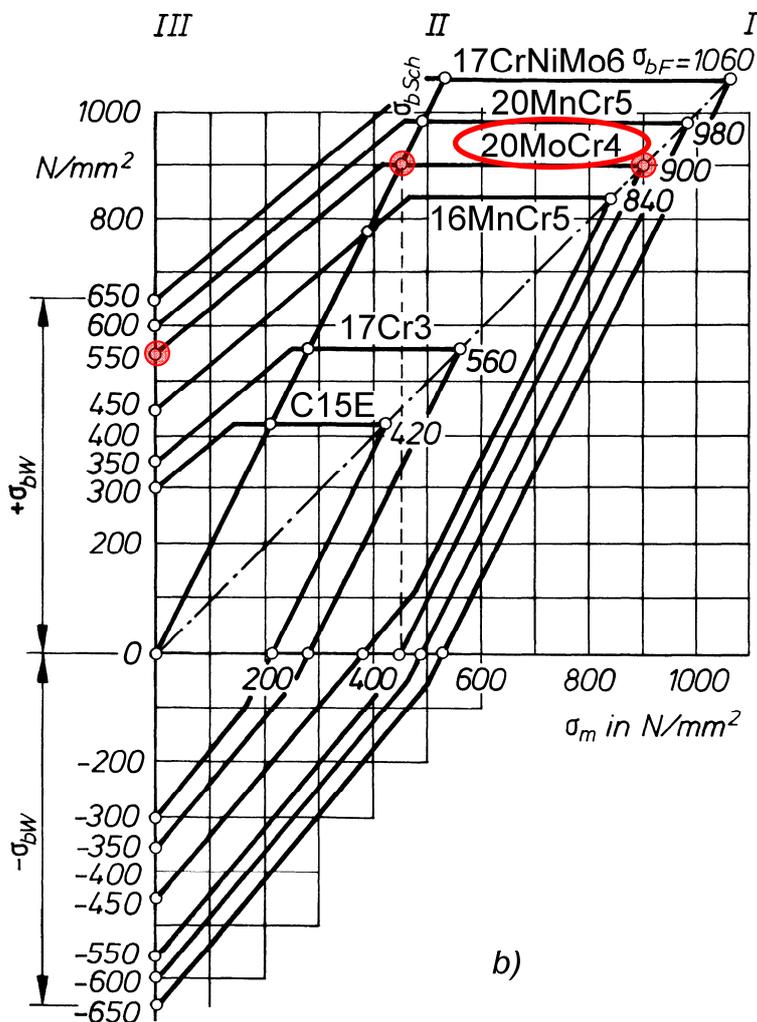
**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

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

| Teilaufgabe       | E-AW 1 | E-AW 2 | E-AW 3 | E-AW 4 | $\Sigma$ |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Max. Pktzahl      | 3      | 2      | 6      | 4      | 15       |
| Erreichte Pktzahl |        |        |        |        |          |

**E-AW 1** Ermitteln Sie aus dem folgenden Diagramm die Biegedauerfestigkeit für den Werkstoff 20CrMo4 bei ruhender, schwellender und wechselnder Belastung. **Kennzeichnen** Sie im Diagramm die entsprechenden Punkte, an denen die Werte abgelesen werden, und geben Sie die abgelesenen Werte an.



b)

**Aufgabenteil 1: insgesamt 3 Punkte**

**Lösung**

gegebene Daten:

Werkstoff 20CrMo4

ruhend:  $\approx$  900 N/mm<sup>2</sup>

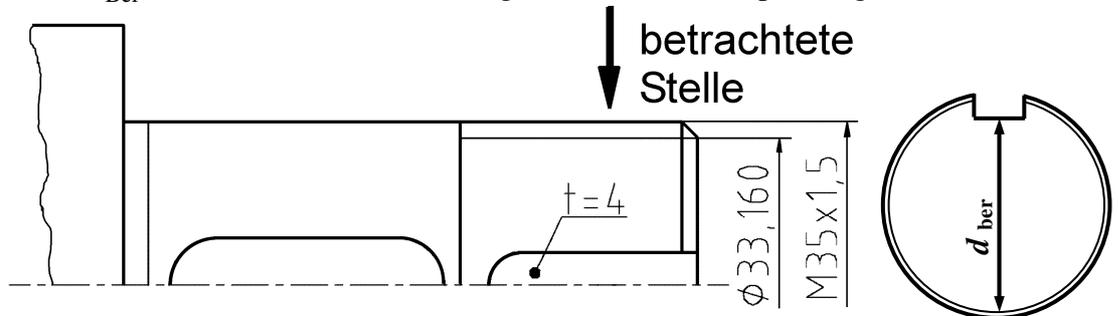
schwellend:  $\approx$  900 N/mm<sup>2</sup>

wechselnd:  $\approx$  550 N/mm<sup>2</sup>

Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: .....

**E-AW 2** Bestimmen Sie für die dargestellte Welle an der gekennzeichneten Stelle (siehe Pfeil) den Durchmesser  $d_{\text{Ber}}$ , den man in die Berechnungsformeln für den Spannungsnachweis einsetzen muss.



**Aufgabenteil 2: insgesamt 2 Punkte**

**Lösung** gegebene Daten:

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

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$d_{\text{kern}} = 33,16 \text{ mm}$$

Formeln:

$$d_{\text{ber}} = d - t - \frac{d - d_{\text{kern}}}{2}$$

$$d_{\text{ber}} = 35 \text{ mm} - 4 \text{ mm} - \frac{35 \text{ mm} - 33,16 \text{ mm}}{2} = 30,08 \text{ mm}$$

$d_{\text{Ber}}$ : **30,08 mm**

**E-AW 3** Eine ähnliche Welle hat an der kritischen Stelle ein Gewinde mit einem Kerndurchmesser von 32 mm. Die Oberfläche ist geschlichtet,  $R_z = 25 \mu\text{m}$ . Die Welle ist aus E335 (St60) gefertigt. Es wirkt ein Biegemoment von 50 Nm und ein Torsionsmoment von 150 Nm (Zug-/Druck- sowie Scherkräfte werden vernachlässigt). Es ist ein Festigkeitsnachweis zu führen. Wie groß ist die Vergleichsspannung? Wie groß ist die zulässige Spannung bei einer Sicherheit  $S = 2$ ? Hält die Welle der Belastung stand? **Kennzeichnen** Sie in den jeweiligen Diagrammen (s. nächste Seite) die ermittelten bzw. verwendeten Werte

**Aufgabenteil 3: insgesamt 6 Punkte**

**Lösung** gegebene Daten:

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

$$d_{\text{kern}} = 32 \text{ mm}$$

Werkstoff E335 (St 60)

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

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

$$S = 2$$

Formeln:

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

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

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

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

Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

### I. Ermittlung der vorhandenen Spannung:

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

Bestimme  $\alpha_0$ :  $\alpha_0 = \frac{300}{1,73 \cdot 230} = 0,754$  mit  $\sigma_{bw} = 300 \text{ N/mm}^2$  und  $\tau_{tsch} = 230 \text{ N/mm}^2$

Bestimme  $\sigma_b$ :  $\sigma_b = \frac{50 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{W_b} = 15,5425 \text{ N/mm}^2$

Bestimme  $W_b$ :  $W_b = \frac{\pi}{32} \cdot 32^3 \text{ mm}^3 = 3216,9909 \text{ mm}^3$

Bestimme  $\tau_t$ :  $\tau_t = \frac{150 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{W_t} = 23,3171 \text{ N/mm}^2$

Bestimme  $W_t$ :  $W_t = \frac{\pi}{16} \cdot 32^3 \text{ mm}^3 = 6433,9882 \text{ mm}^3$

$$\sigma_V = \sqrt{15,5425^2 + 3(0,754 \cdot 23,3171)^2} \text{ N/mm}^2 = 34,1885 \text{ N/mm}^2$$

### II. Ermittlung der zulässigen Spannung:

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

Aus Diagrammen zu ermittelnde Daten:

$$b_G = 0,84$$

$$b_0 = 0,88$$

$$\beta_K = 2,8$$

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

$$\sigma_{zul} = \frac{0,84 \cdot 0,88 \cdot 300 \text{ N/mm}^2}{2 \cdot 2,8} = 39,6 \text{ N/mm}^2$$

### III. Spannungsvergleich:

$$\sigma_V \leq \sigma_{zul} = 34,1885 \text{ N/mm}^2 \leq 39,6 \text{ N/mm}^2$$

**Die Welle wird der Belastung standhalten.**

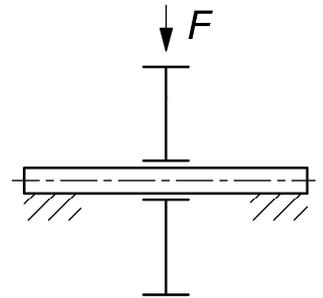
Vorh. Spannung:

**34,14 N/mm<sup>2</sup>**

Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: -----

**E-AW 4** Auf einer glatten, feststehenden Achse gemäß nebenstehender Skizze ist eine Umlenkrolle gelagert. Auf die Achse wirkt mittig ein Biegemoment von  $M_b = 2,4 \text{ kNm}$  (Scherkräfte werden vernachlässigt). Die Achse hat eine zulässige Biegespannung von  $\sigma_{b \text{ zul}} = 80 \text{ N/mm}^2$  (Sicherheiten usw. sind hierin bereits berücksichtigt). Wie groß muss der Achsendurchmesser mindestens sein?



**Aufgabenteil 4: insgesamt 4 Punkte**

**Lösung** gegebene Daten:

$$M_b = 2,4 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{b \text{ zul}} = 80 \text{ N/mm}^2$$

Formeln:

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

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

$$\sigma_v \leq \sigma_{\text{zul}}$$

$$W_{b \text{ min}} = \frac{M_b}{\sigma_{\text{zul}}}$$

$$d_{\text{min}} = \sqrt[3]{\frac{M_b \cdot 32}{\pi \cdot \sigma_{\text{zul}}}} = \sqrt[3]{\frac{2400000 \text{ Nmm} \cdot 32}{\pi \cdot 80 \text{ N/mm}^2}} = 67,3556 \text{ mm}$$

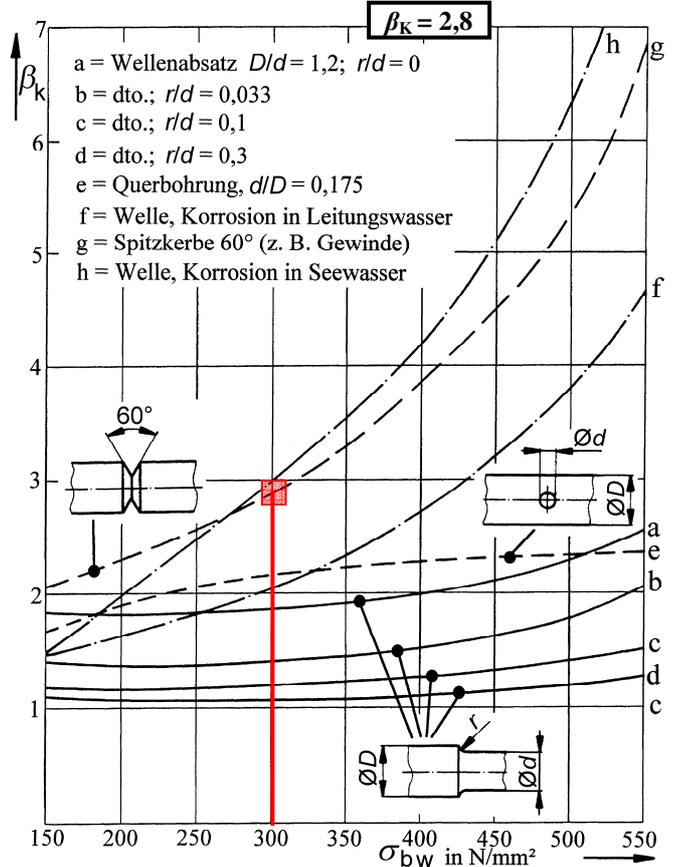
$d_{\text{min}}:$  **67,36 mm**

Name:

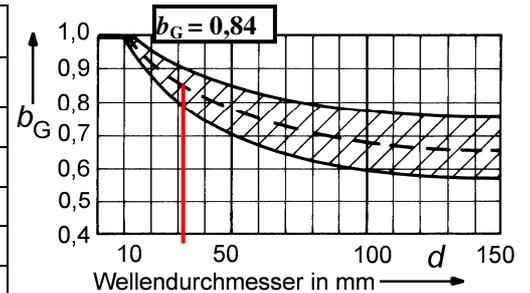
**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

| Kerbenform                               | Kerbfaktor $\beta_k$ |
|--|----------------------|
| Welle glatt, poliert                     | 1                    |
| Passfedernut, mit Finfräser gefertigt    | 2                    |
| Passfedernut, mit Scheibfräser gefertigt | 2                    |
| Rundkerbe, $r/d = 0,1$                   | 2                    |
| Presssitz, Nabe steif                    | 2                    |
| Presssitz, Nabe nachgiebig ("entlastet") | 1,6                  |
| Sicherungsringnut                        | 3                    |



| Werkstoff                    | $\sigma_{z\ sch}$ | $\sigma_{z\ w}$ | $\sigma_{b\ sch}$ | $\sigma_{b\ w}$ | $\tau_{t\ sch}$ | $\tau_{t\ w}$ |
|------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| <b>Allgemeine Baustähle:</b> |                   |                 |                   |                 |                 |               |
| St 37                        | 240               | 175             | 340               | 200             | 170             | 140           |
| St 42                        | 260               | 190             | 360               | 220             | 180             | 150           |
| St 50                        | 300               | 230             | 420               | 260             | 210             | 180           |
| St 60                        | 340               | 270             | 470               | 300             | 230             | 210           |
| St 70                        | 370               | 320             | 520               | 340             | 260             | 240           |



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

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

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

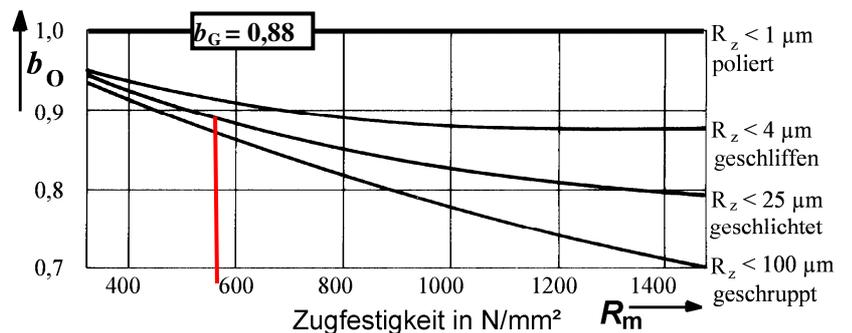
$$\sigma_v = \sqrt{(\sigma_z + \sigma_b)^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot (\tau_t + \tau_s))^2}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{b\ grenz}}{1,73 \cdot \tau_{t\ grenz}} = \frac{\sigma_{b\ w}}{1,73 \cdot \tau_{tsch}}$$

$$\sigma_{zul} = \frac{b_G \cdot b_O \cdot \sigma_{b\ grenz}}{\beta_k \cdot S} = \frac{b_G \cdot b_O \cdot \sigma_{b\ w}}{\beta_k \cdot S}$$

**Bemerkung!!!**  
Zugfestigkeit  $R_m$  fehlt als Angabe in Tabelle!  
 $R_{m(St\ 60)} = 570\ N/mm^2$

**Oberflächenbeiwert  $b_O$**



Name:

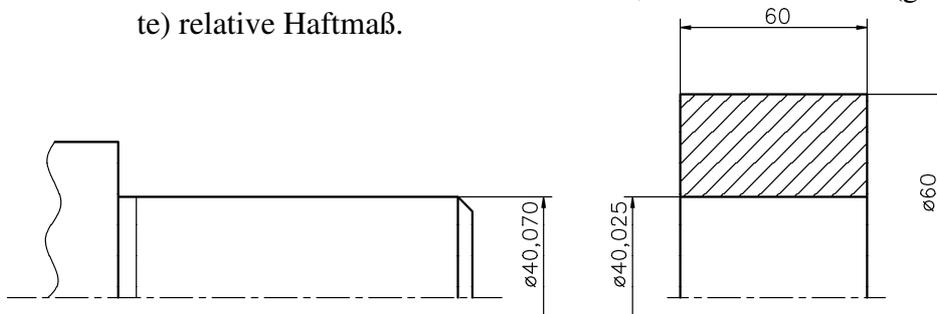
**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

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

| Teilaufgabe       | E-WN 1 | E-WN 2 | E-WN 3 | E-WN 4 | $\Sigma$  |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| Max. Pktzahl      | 3      | 7      | 3      | 3      | <b>16</b> |
| Erreichte Pktzahl |        |        |        |        |           |

**E-WN 1** Bei einer Längspressverbindung gemäß Skizze soll (als Fernziel) der Reibbeiwert beim Einpressen bestimmt werden (Auszug aus Skript s. übernächste Seite). Beide Bauteile sind aus Stahl ( $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$ ) gefertigt. Beide Fügeflächen haben eine Oberflächenrauheit von  $R_{zA} = R_{zI} = 10 \mu\text{m}$ . Die Teile wurden vor dem Fügen exakt vermessen, s. Zeichnung. **Beachten Sie**, dass diese **exakten Maße** vorliegen und **keine Toleranzen** vorhanden sind. Ermitteln Sie zunächst das vorhandene Übermaß, berechnen Sie das (gesamte) Haftmaß und das (gesamte) relative Haftmaß.



**Aufgabenteil 1: insgesamt 3 Punkte**

**Lösung** gegebene Daten:

$$\begin{aligned} d_{\text{Welle}} &= 40,07 \text{ mm} \\ d_{\text{Nabe}} &= 40,025 \text{ mm} \\ R_{zA} &= 10 \mu\text{m} \\ R_{zI} &= 10 \mu\text{m} \end{aligned}$$

**Formeln:**

$$\begin{aligned} U_{\text{vorhanden}} &= d_{\text{Welle}} - d_{\text{Nabe}} \\ Z &= U - \Delta U & \xi_{\text{ges}} &= \frac{Z_{\text{ges}}}{D_F} \\ \Delta U &= 0,8 \cdot (R_{zA} + R_{zI}) \end{aligned}$$

**I. Ermittlung des vorhandenen Übermaßes:**

$$U_{\text{vorhanden}} = 40,07 \text{ mm} - 40,025 \text{ mm} = 0,045 \text{ mm}$$

**II. Ermittlung des gesamten Haftmaßes:**

$$Z = 45 \mu\text{m} - \Delta U$$

$$\text{Bestimme } \Delta U: \quad \Delta U = 0,8 \cdot (10 \mu\text{m} + 10 \mu\text{m}) = 16 \mu\text{m}$$

$$Z = 45 \mu\text{m} - 16 \mu\text{m} = 29 \mu\text{m}$$

**III. Ermittlung des gesamten relativen Haftmaßes:**

$$\xi_{\text{ges}} = \frac{0,029 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 0,725 \cdot 10^{(-3)} \quad \text{oder mit } D_F = 40,07 \text{ mm bzw. } D_F = 40,025 \text{ mm}$$

Übermaß:

**0,045 mm**

Haftmaß:

**0,029 mm**

Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

**E-WN 2** Bei einer ähnlichen Verbindung besteht ein (gesamtes) relatives Haftmaß von 0,0008. Alle anderen Randbedingungen sind gleich. Wie groß ist die vorhandene Flächenpressung?

**Aufgabenteil 2: insgesamt 7 Punkte**

**Lösung** gegebene Daten:

$$\begin{aligned} D_F &= 40 \text{ mm} \\ D_{aA} &= 60 \text{ mm} \\ \zeta_{\text{ges}} &= 0,0008 \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Formeln:

$$\zeta_{\text{ges}} = \frac{p}{E} \cdot \frac{2}{1 - Q_A^2} \qquad Q_A = \frac{D_F}{D_{aA}}$$

**Ermittlung der vorhandenen Flächenpressung:**

$$p = \zeta_{\text{ges}} \cdot \frac{1 - Q_A^2}{2} \cdot E$$

$$\text{Bestimme } Q_A: \quad Q_A = \frac{40 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = 0,6667$$

$$p = 0,0008 \cdot \frac{1 - 0,6667^2}{2} \cdot 210.000 \text{ N/mm}^2 = 46,6629 \text{ N/mm}^2$$

Flächenpressung: **46,66 N/mm<sup>2</sup>**

**E-WN 3** Bei einer ähnlichen Verbindung beträgt die Flächenpressung 35 N/mm<sup>2</sup>. Alle anderen Randbedingungen sind gleich (s. Skizze oben). Beim Fügen der Längspressverbindung wurde eine maximale Einpresskraft von 25 kN gemessen. Wie groß ist dabei der Reibbeiwert  $\mu$ ?

**Aufgabenteil 3: insgesamt 3 Punkte**

**Lösung** gegebene Daten:

$$\begin{aligned} D_F &= 40 \text{ mm} \\ b &= 60 \text{ mm} \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ p &= 35 \text{ N/mm}^2 \\ F &= 25000 \text{ N} \end{aligned}$$

Formeln:

$$F_{L\text{max}} = \mu \cdot p_{\text{max}} \cdot \pi \cdot D_F \cdot b$$

$$\mu = \frac{25000 \text{ N}}{35 \text{ N/mm}^2 \cdot \pi \cdot 40 \text{ mm} \cdot 60 \text{ mm}} = 0,0947$$

Reibbeiwert: **0,095**

**E-WN 4** Bei einer ähnlichen Verbindung beträgt die Flächenpressung 35 N/mm<sup>2</sup>. Alle anderen Randbedingungen sind gleich (s. Skizze oben). Für den Reibbeiwert gilt  $\mu = 0,1$ . Welches Drehmoment kann die Verbindung übertragen?

Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

**Aufgabenteil 4: insgesamt 3 Punkte**

**Lösung** gegebene Daten:

$$\begin{aligned} D_F &= 40 \text{ mm} \\ b &= 60 \text{ mm} \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ p &= 35 \text{ N/mm}^2 \\ F &= 25000 \text{ N} \\ \mu &= 0,1 \end{aligned}$$

Formeln:

$$p = \frac{2 \cdot T}{\mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b}$$

$$T = \frac{35 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,1 \cdot \pi \cdot 40 \text{ mm}^2 \cdot 60 \text{ mm}}{2} = 527787,5658 \text{ Nmm}$$

Drehmoment: **527,79 Nm**

**Auszug aus dem Skript:**

Mindestflächenpressung  $p_{\min}$ :

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

Durchmesserverhältnisse  $Q_I$  und  $Q_A$ :

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

Relatives Haftmaßes  $\xi$ :

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

Relative Aufweitung des Außenteils:

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

Rel. Zusammendrückung d. Innenteils:

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

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

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

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  $U_{\max}$ :

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

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

Einpresskraft:

$$F_{L \max} = \mu \cdot F_N = \mu \cdot p_{\max} \cdot \pi \cdot D_F \cdot b$$