



# FACHPRÜFUNG

## MASCHINENELEMENTE I

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

|             |
|-------------|
| Bearbeiter: |
| 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 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.
- **Zugelassene Hilfsmittel: Keine**  
(außer Taschenrechner, Schreib- und Zeichenwerkzeug)
- **Bitte schreiben Sie 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             | $\Sigma$                |
| $P_{\max}$<br>39 | $P_{\max}$<br>8 | $P_{\max}$<br>15 | $P_{\max}$<br>16 | $P_{\max}$<br><b>78</b> |
|                  |                 |                  |                  |                         |





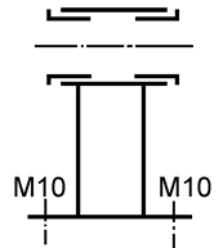
Name:

Matr.-Nr.:

**Aufgabe E1-GG (Grundlagen)**

| Teilaufg.           | E1-GG.a | E1-GG.b | E1-GG.c | $\Sigma$  |
|---------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Max. Pktzahl        | 5       | 8       | 26      | <b>39</b> |
| 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.

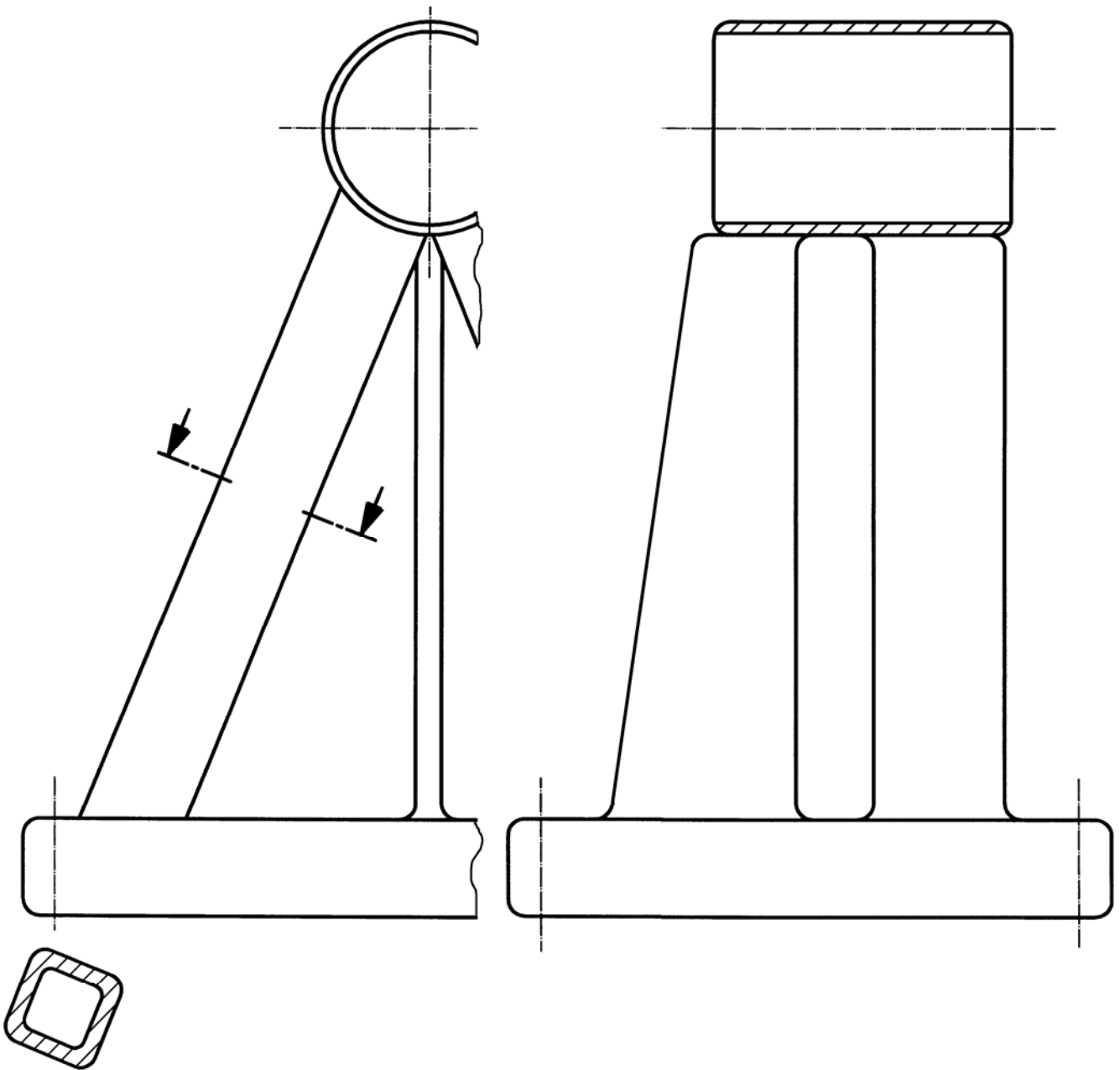


- a) Ein unerfahrener Konstrukteur hat die Konsole als Gussteil konstruiert, s. Zeichnung unten (Maßstab ca. 1:1). Markieren Sie mindestens 10 Fehler und erläutern Sie diese stichwortartig.



Name:

Matr.-Nr.:



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

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

**oben**

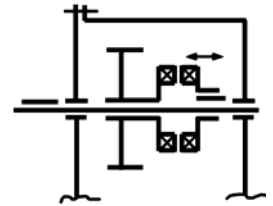
M10

M10

Name:

Matr.-Nr.:

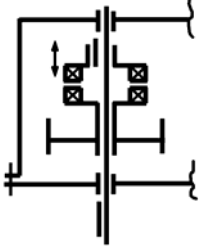
- c) Es ist eine Anordnung gemäß nebenstehender Skizze zu konstruieren: In einem Gehäuse ist eine Welle gelagert, die über ein Wellenende (links) angetrieben wird. Auf der Welle ist ein Zahnrad drehbar gelagert. Rechts befindet sich eine Kupplung, die bei Bedarf die Welle mit dem Zahnrad drehmomentenschlüssig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



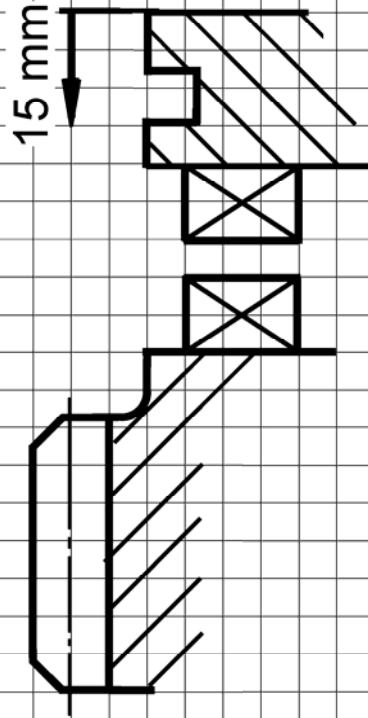
- Alle Lager sind ölgeschmiert, daher muss links eine entsprechende Dichtung vorgesehen werden; außerdem muss links ein Wellenende mit Passfeder vorhanden sein.
- Das Gehäuse ist als Gusskonstruktion zu gestalten. Links ist ein großer Deckel vorzusehen; eine Schraubenverbindung ist zu zeichnen.
- Die Welle ist im Gehäuse in Wälzlager 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**

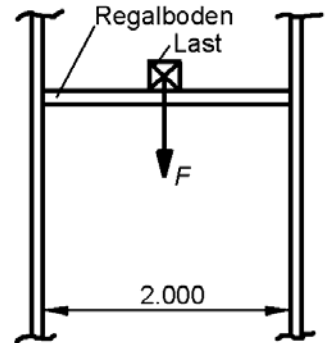


Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

**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 |         |         |         |         |   |

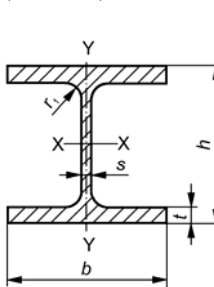
Ein Hochregallager ist gemäß der Skizze aufgebaut. Er soll pro Regalboden eine Masse  $m = 6000$  kg (mittig) eingelagert werden. Der Regalbodenträger besteht aus **zwei** parallelen Trägern und soll aus S235JRG2 (St 37-2) mit einer maximal ertragbaren Biegespannung von  $260$  N/mm<sup>2</sup> gefertigt 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<sup>2</sup>. 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<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                               |
| 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

b) Biegewidstandsmoment, mindestens

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

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

(Beiblatt zu E VE)

---





Name:

Matr.-Nr.:

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

| Teilaufgabe       | E1-AW a | E1-AW b | E1-AW c | E1-AW d | $\Sigma$ |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 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 geschichteten Fläche. Wie hoch ist die Sicherheit  $S$ ? Kennzeichnen Sie die ermittelten Werte in den folgenden Diagrammen.

$$S_{\text{ST37}} =$$

- b) Auf welchen Wert verändert sich die Sicherheit, wenn als Werkstoff St 70 verwendet wird? Gehen Sie vom gleichen Wert für  $\alpha_0$  aus und kennzeichnen Sie die ermittelten Werte in den folgenden Diagrammen.

$$S_{\text{ST70}} =$$


- 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)?

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

$$\text{Gew. M} \quad \times 1,5$$

- 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?

$$\text{Radius} = \quad \text{mm}$$

|  |  |   |
|--|--|---|
|  Maschinenelemente<br>Universität Dortmund<br>Fakultät Maschinenbau<br>Prof. Dr.-Ing. B. Künne | <b>Konstruktionselemente / Maschinenelemente</b><br><b>Fachprüfung</b> | Kl. E1  |
|  |  | E1-AW 2 kün 06.03 Bl. 2 v. 4<br>Name: Künne / Mitarbeiter |

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

(Beiblatt zu E AW)

---



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

**Konstruktionselemente / Maschinenelemente**  
**Fachprüfung**

Kl. E1

E1-AW 2 kün 06.03 Bl. 3 v. 4  
Name: Künne / Mitarbeiter

Name:

Matr.-Nr.:

(Beiblatt zu E AW)

---

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

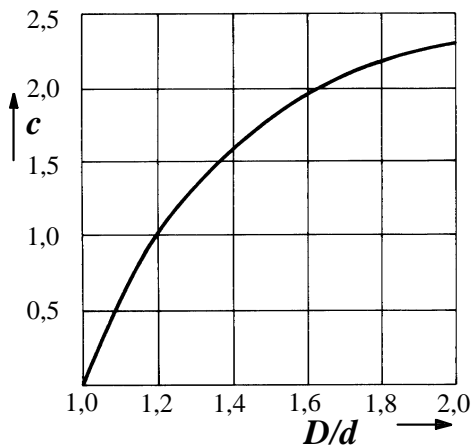
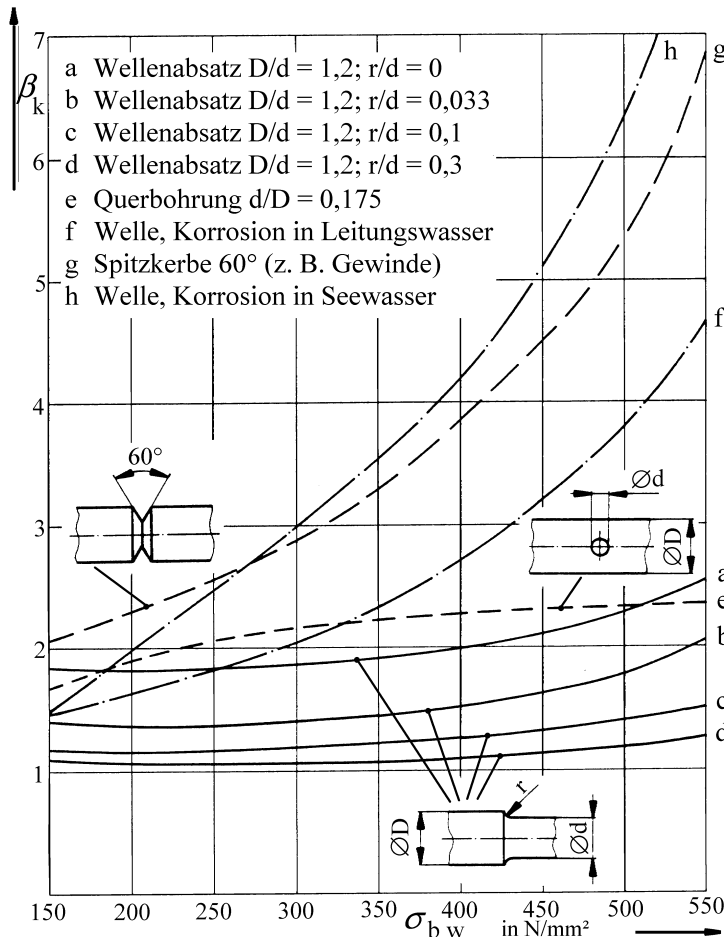
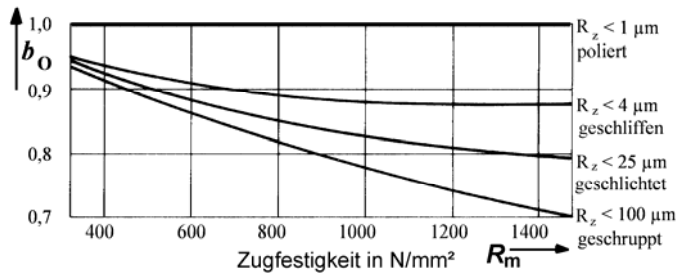
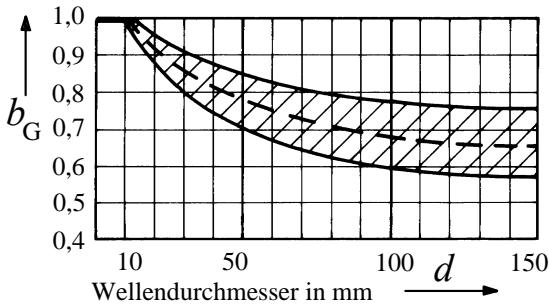
Formelsammlung/Auszug aus dem Skript:

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

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

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

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



| Werkstoff                    | $R_m$ | $\sigma_{zsch}$ | $\sigma_{zw}$ | $\sigma_{bsch}$ | $\sigma_{bw}$ | $\tau_{tsch}$ | $\tau_{tw}$ |
|------------------------------|-------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|-------------|
| <b>Allgemeine Baustähle:</b> |       |                 |               |                 |               |               |             |
| St 37                        | 340   | 240             | 175           | 340             | <b>200</b>    | 170           | 140         |
| St 42                        | 410   | 260             | 190           | 360             | <b>220</b>    | 180           | 150         |
| St 50                        | 490   | 300             | 230           | 420             | <b>260</b>    | 210           | 180         |
| St 60                        | 570   | 340             | 270           | 470             | <b>300</b>    | 230           | 210         |
| St 70                        | 670   | 370             | 320           | 520             | <b>340</b>    | 260           | 240         |

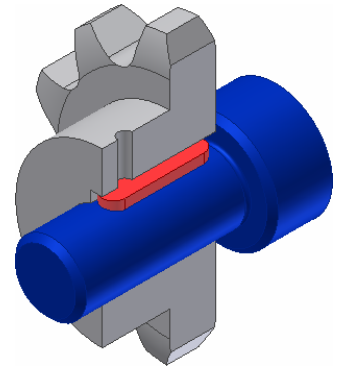
Name:

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 | $\Sigma$  |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| Max. Pktzahl      | 2      | 4      | 2      | 1      | 5      | 2      | <b>16</b> |
| 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.

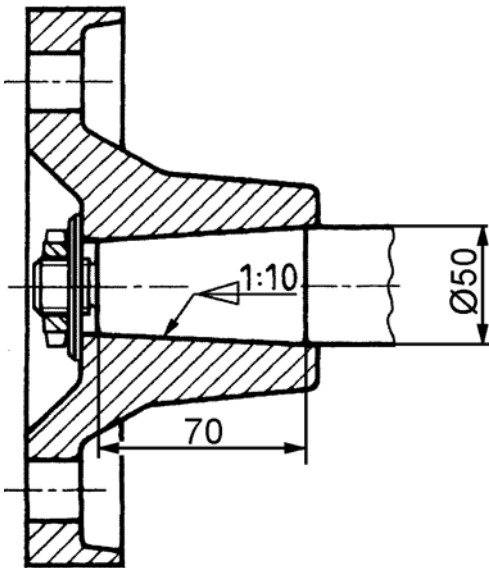


- a) Die Baugröße darf nicht verändert werden. Welche Maßnahme kann getroffen werden, um bei der Passfederverbindung das übertragbare Drehmoment zu verdoppeln?
- b) Welche formschlüssige Verbindung kann gewählt werden, um ein noch höheres Drehmoment (z. B. ca. 3- bis 4fach) zu übertragen? Schlagen Sie 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.
- c) Auf die Welle einer Maschine ist eine Nabe aufgespresst, 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?
- d) Wie sollte der Monteur vorgehen, um die Bauteile nach der Reparatur möglichst schonend wieder zu montieren?

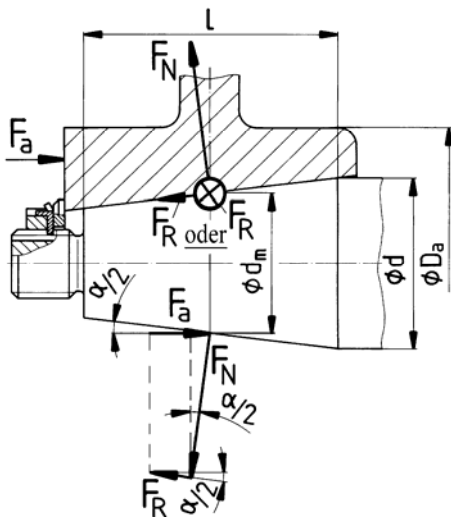
Name:

Matr.-Nr.:

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

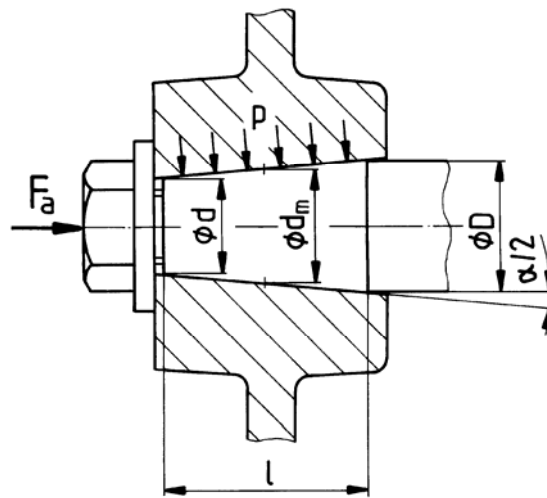


Formelsammlung/Auszug aus dem Skript:



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

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



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

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

$D$  = Großer Kegeldurchmesser       $\alpha$  = Kegelwinkel  
 $d$  = Kleiner Kegeldurchmesser       $d_m$  = Mittlerer Kegeldurchmesser  
 $l$  = tragende Kegellänge       $F_a$  = Axiale Aufpresskraft