

1 Verbindungstechnik, Passungen und Toleranzen (28 Punkte)

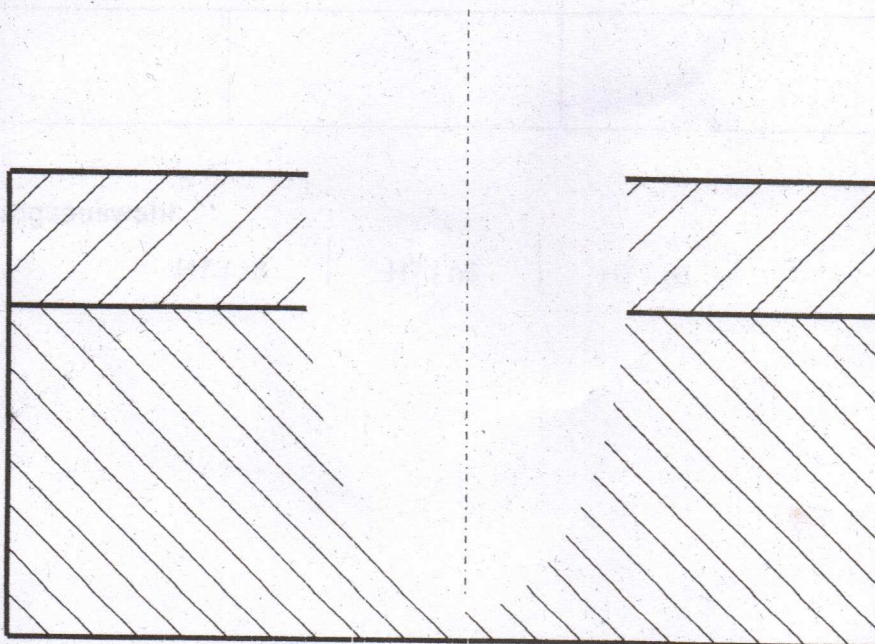
- a) Nennen Sie drei verschiedene Schlussarten für Verbindungen und geben Sie jeweils ein Beispiel an.

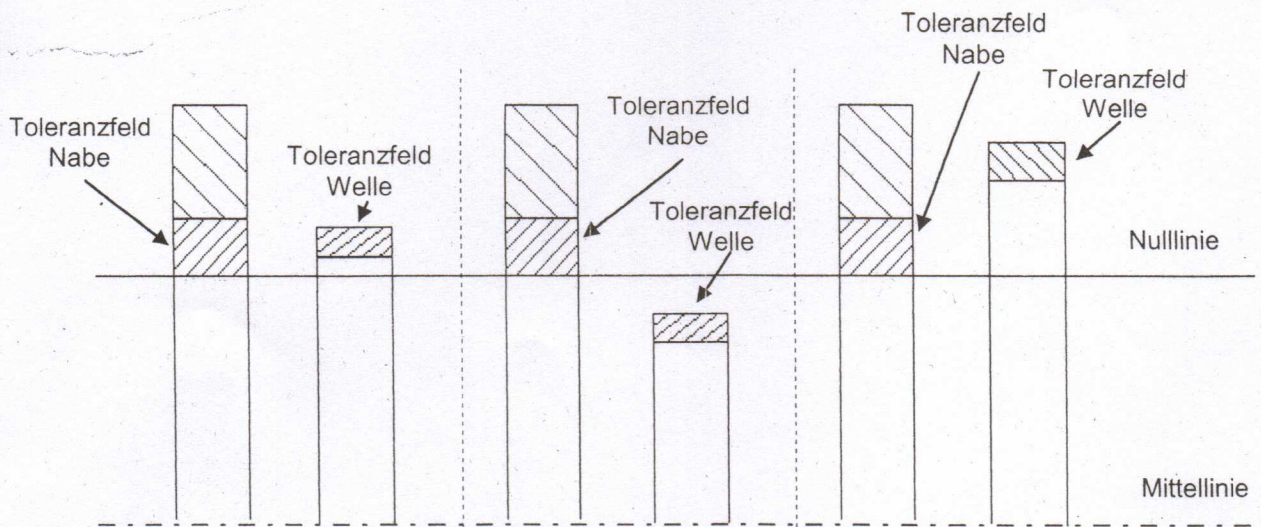
(6 Punkte)

| Schlussart | Beispiel |
|------------|----------|
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |

- b) Ergänzen Sie die folgende Abbildung derart, dass zwei mit einer Einschraubverbindung verbundene Bleche normgerecht und im Maßstab 2:1 dargestellt sind. Verwenden Sie eine Sechskantschraube M6 mit geeigneter Länge!

(8 Punkte)





Art der Passung:

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

Passung (von den unten genannten auszuwählen):

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

Passungsauswahl:

H7 / x8

H7 / n6

H7 / g6

Beachten Sie für die folgenden Aufgaben **Tabelle 1 (Grenzabmaße für ausgewählte Toleranzklassen)** am Ende dieser Seite.

d) Auf einem Wellenabsatz soll eine Nabe montiert werden. Diese ist in ihrer Fertigungszeichnung mit einem Durchmesser von $\varnothing 10$ F8 bemaßt. Welches exakte Abmaß darf die größte / kleinste Bohrung nach dieser Angabe haben?

(2 Punkte)

e) In einer Fertigungszeichnung ist der Durchmesser einer Welle mit $\varnothing 10$ j6 bemaßt. Welches exakte Abmaß darf die größte / kleinste Welle nach dieser Angabe haben?

(2 Punkte)

f) Die Nabe aus Aufgabenteil d) und die Welle aus Aufgabenteil e) sollen gefügt werden. Welches minimale und welches maximale Spiel / Übermaß ergeben sich?

Um was für eine Passungsart handelt es sich bei der verwendeten Passung $\varnothing 10$ F8 j6? Gehört diese Passung zum System Einheitswelle oder Einheitsbohrung?

(4 Punkte)

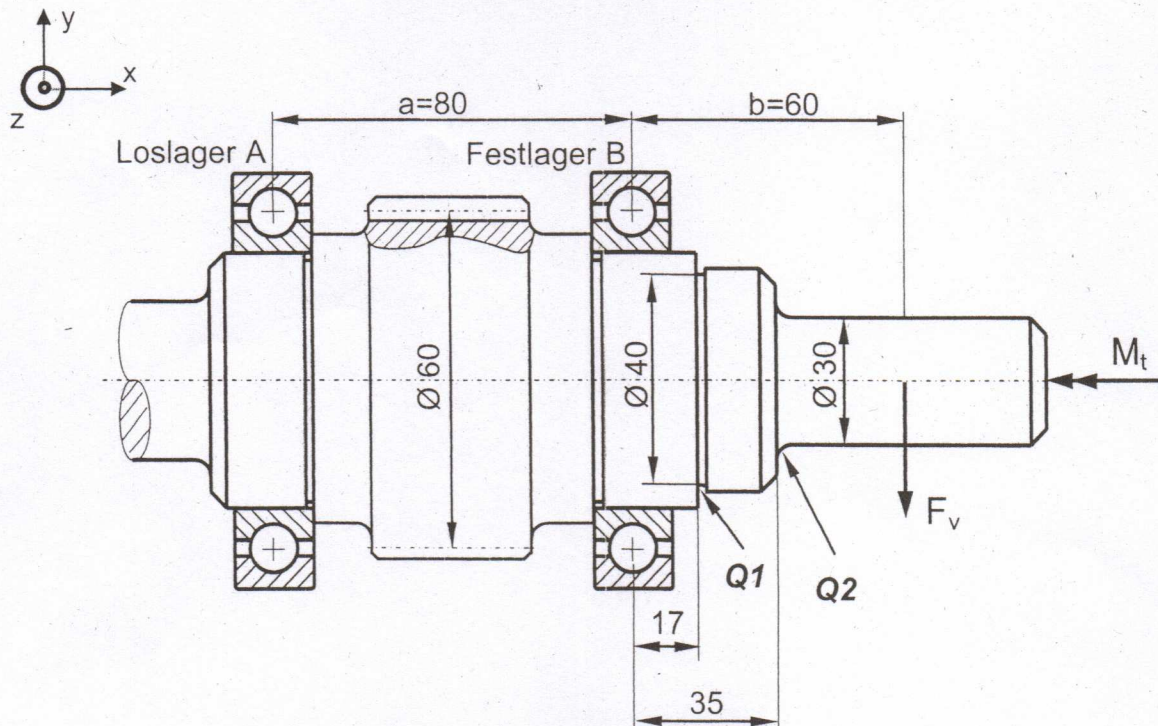
| Nennmaß [mm] | Innenteile | | | | | | Außenteile | | | | | |
|-----------------|------------|------------|-----------|----------|----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| | s6 | r6 | k6 | j6 | h6 | h11 | H7 | H8 | H11 | G7 | F8 | E9 |
| 1 bis 3 | +20 +14 | +16 +10 | +6 0 | +4 -2 | 0 -6 | 0 -60 | +10 0 | +14 0 | +60 0 | +12 +2 | +20 +6 | +39 +14 |
| > 3 bis 6 | +27 +19 | +23 +15 | +9 +1 | +6 -2 | 0 -8 | 0 -75 | +12 0 | +18 0 | +75 0 | +16 4 | +28 +10 | +50 +20 |
| > 6 bis 10 | +32 +23 | +28 +19 | +10 +1 | +7 -2 | 0 -9 | 0 -90 | +15 0 | +22 0 | +90 0 | +20 +5 | +35 +13 | +61 +25 |
| > 10 bis 18 | +39 +28 | +34 +23 | +12 +1 | +8 -3 | 0 -11 | 0 -110 | +18 0 | +27 0 | +110 0 | +24 +6 | +43 +16 | +75 +32 |
| > 18 bis 30 | +48 +35 | +41 +28 | +15 +2 | +9 -4 | 0 -13 | 0 -130 | +21 0 | +33 0 | +130 0 | +28 +7 | +53 +20 | +92 +40 |

Tabelle 1: Grenzabmaße [μm] für ausgewählte Toleranzklassen

2 Auslegung und Nachweis von Achsen und Wellen (32 Punkte)

An einer Ritzelwelle soll anhand der Berechnung der Nennspannungen geprüft werden, welcher der zwei vorgegebenen Querschnitte Q1 und Q2 die kritischere Stelle darstellt. Hierzu ist nach den unten aufgeführten Arbeitsschritten (Teilaufgaben) vorzugehen.

Hinweis 1: Das Ritzel sitzt mittig zwischen den Lagern.

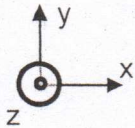


Technische Daten:

| | |
|---------------------|------------------------|
| Äußere Radialkraft: | $F_v = 1000 \text{ N}$ |
| Antriebsdrehmoment: | $M_t = 12 \text{ Nm}$ |
| Wellenmaterial | E335 |

- a) Skizzieren Sie das mechanische Ersatzmodell mit sämtlichen äußeren Lasten. Berücksichtigen Sie dabei insbesondere auch die am geradverzahnten Ritzel angreifenden Kräfte sowie das vorgegebene Koordinatensystem!

(4 Punkte)



- b) Welchen Durchmesser sollte die Welle unter Berücksichtigung des Torsionsmomentes sinnvollerweise besitzen? Gefertigt wird die Welle aus einem Baustahl E335 (zulässige Schubspannung 32 N/mm^2).

(2 Punkte)

- c) Wie groß ist die Tangentialkraft am Zahnrad?

(1 Punkt)



Betrachtet werden soll im folgenden Verlauf (Aufgabenteil d und e) nur noch ein vereinfachtes System. Es gibt dabei weder Zahnkräfte noch Torsionsmomente.

d) Ermitteln Sie die Lagerbelastungen an den Lagerstellen A und B.

(3 Punkte)

e) Bestimmen Sie die Verläufe von Querkraft und Biegemoment in der Welle und stellen Sie diese grafisch dar. Beachten Sie dabei das bereits gegebene Koordinatensystem.

(10 Punkte)



Platz zum Rechnen für Aufgabenteil 2e)



- f) Berechnen Sie nun für das am Anfang der Aufgabe 3 abgebildete System die statische Sicherheit ($S_{\text{gefordert}}=1,5$) für die beiden kritischen Stelle (Q1 und Q2), wenn diese mit den unten angegeben Belastungen beaufschlagt werden. Geben Sie alle Zwischenergebnisse an. Geben Sie außerdem an, welcher Querschnitt als „kritisch“ gelten kann und kommentieren Sie Ihre Aussage.

(12 Punkte)

| | Stelle Q1 | Stelle Q2 |
|-------------------|-----------|-----------|
| Krit. Durchmesser | 40mm | 30mm |
| Biegemoment | 215Nm | 125Nm |
| Torsionsmoment | 144Nm | 144Nm |
| Normalkraft | 0Nm | 0Nm |
| Werkstoff | E335 | |

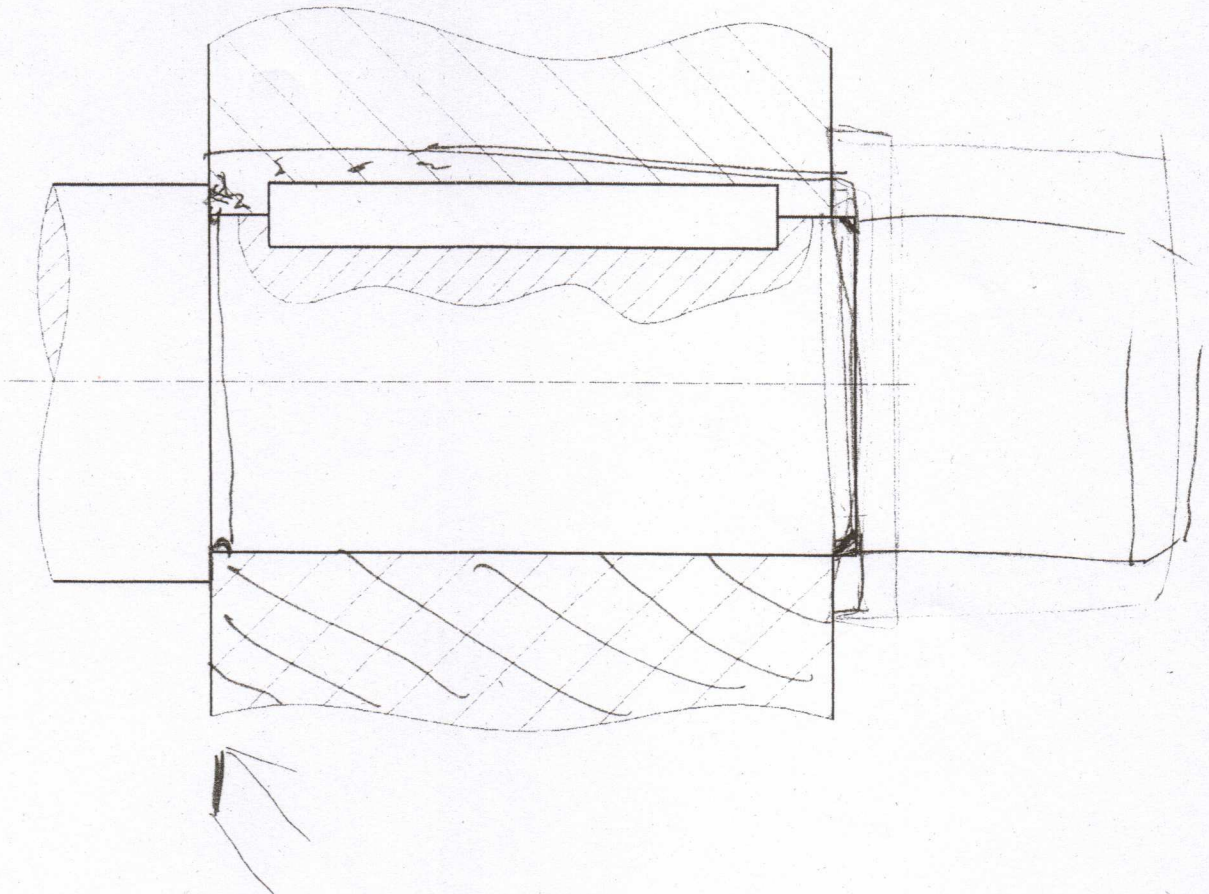
3 Welle-Nabe-Verbindungen (13 Punkte)

- a) Kennzeichnen Sie bei dem unten dargestellten Zeichnungsausschnitt einer Passfeder-
verbindung zwischen einer Welle und einem Zahnrad vier Fehler mit Hilfe von Nummern!
Beschreiben Sie anschließend kurz die jeweiligen Fehler.

Hinweis 1: Ohne eine Beschreibung kann es keine Punkte geben.

Hinweis 2: Sollten Sie mehr als vier Fehler nennen, so zählen nur die ersten vier.

(4 Punkte)



Fehler 1:

Fehler 2:

Fehler 3:

Fehler 4:



- b) Entscheiden Sie bezüglich der genannten Kriterien, welche der Welle-Nabe-Verbindungen den angegebenen Merkmalen bzw. Eigenschaften entspricht! (Bitte mit „+“ (zutreffend) oder „-“ (nicht zutreffend) ankreuzen! Mehrfachnennungen möglich!).

Dabei kann jede Eigenschaft mehreren Welle-Nabe-Verbindungen zugeordnet werden. Leere Felder werden nicht bewertet, jede falsche Zuordnung führt zu Punktabzug. Es können in dieser Aufgabe nicht weniger als 0 Punkte erzielt werden.

(9 Punkte)

| Merkmale / Eigenschaften | Querpress- verbindung | Keilwellen- verbindung (flankenzen- triert) | Passfeder- verbindung | Klemm- verbindung |
|---|--------------------------|--|--------------------------|----------------------|
| Kurze Nabenlänge | X | | | X |
| Nabe axial verschiebbar | | | | |
| wechselnde und große Dreh- momentübertragung möglich | | | | |
| zerstörungsfrei lösbar | | | | |
| Querschnittsschwächung der Welle | | | | |



4 Zahnradgetriebe (7 Punkte)

- a) Auf der Antriebsseite eines Getriebes befindet sich ein geradverzahntes Stirnrad mit 19 Zähnen und Modul 2,5mm. Welchen Modul hat das zweite Zahnrad, welche Teilkreisdurchmesser haben die beiden Zahnräder und welche Übersetzung besitzt die Zahnradpaarung? Wählen Sie für das zweite Zahnrad eine günstige Zähnezahl.

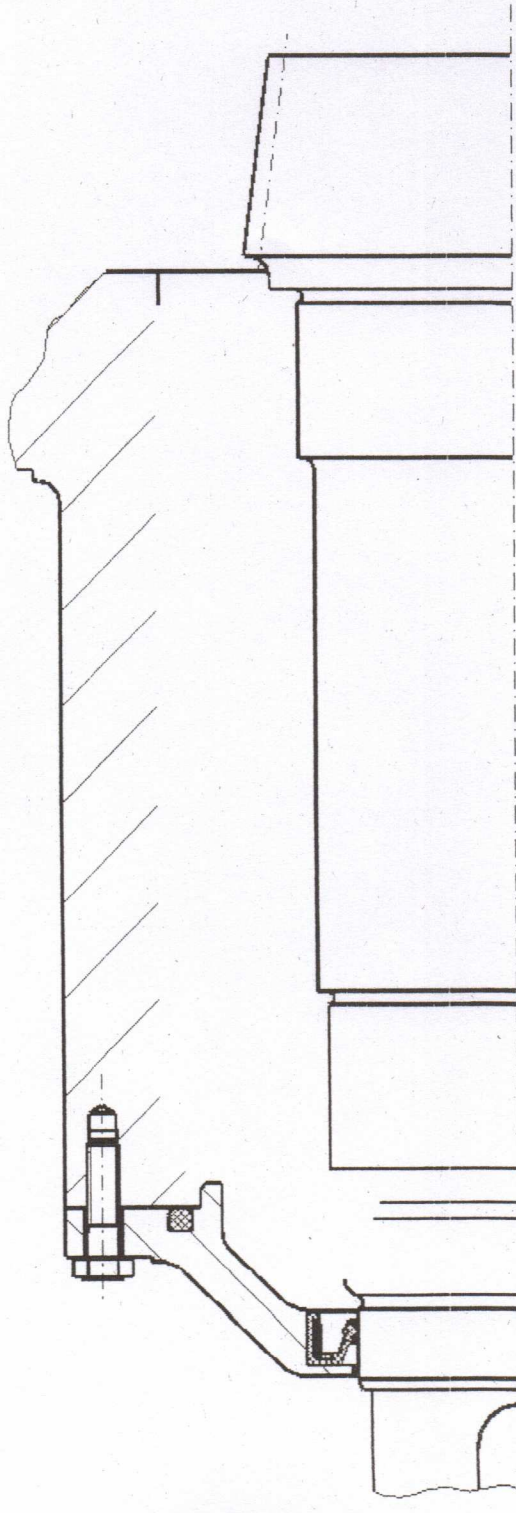
(7 Punkte)

| | |
|------------------|-----------------------------|
| Antriebsdrehzahl | 1400 min ⁻¹ |
| Abtriebsdrehzahl | Mind. 465 min ⁻¹ |

5 Lagerungen und Dichtungen (20 Punkte)

- a) Vervollständigen Sie die Zeichnung unter Verwendung geeigneter Schrägkugellager so, dass die Welle nach dem Prinzip der angestellten Lagerung in O-Anordnung gelagert ist!

(12 Punkte)

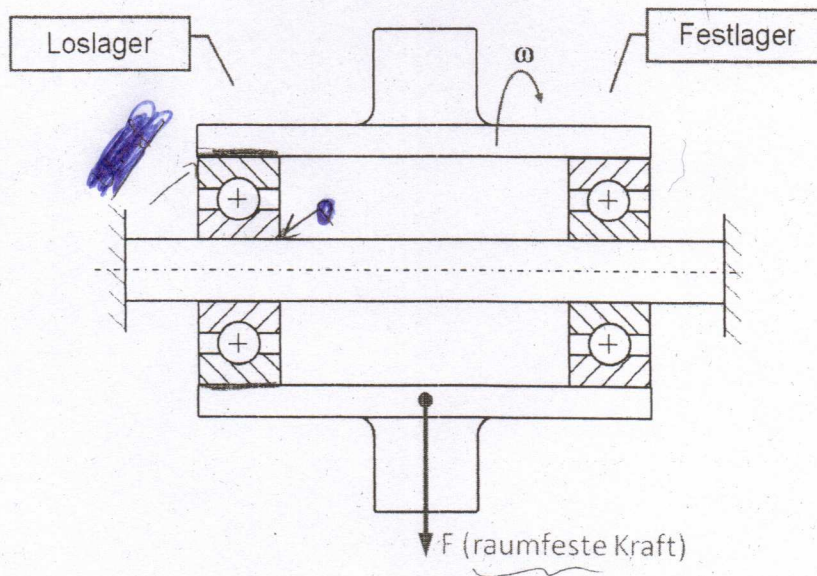


- b) Welcher Ring des Loslagers trägt in der folgenden schematischen Darstellung die Umfangslast, welcher die Punktlast?

(1 Punkt)

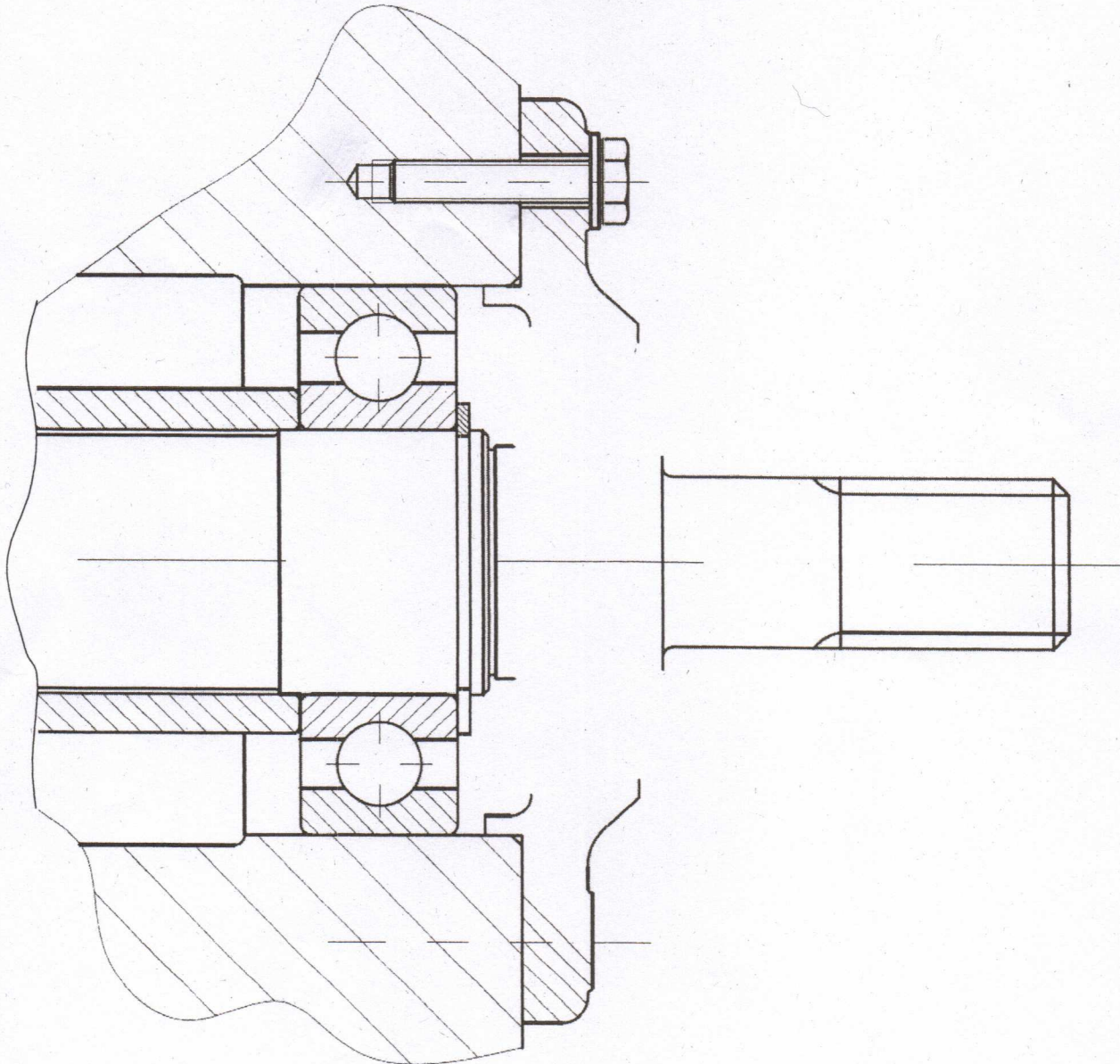
Umfangslast: _____

Punktlast: _____



- c) Ergänzen Sie die folgende Darstellung derart, dass eine Abdichtung des Gehäuses gewährleistet ist. Es liegt eine Fettschmierung vor und die Umfangsgeschwindigkeit der Welle beträgt 15m/s.

(7 Punkte)





Formelsammlung

Biegestandsmoment
für Kreisquerschnitt einer
Vollwelle

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

Torsionsstandsmoment
für Kreisquerschnitt einer
Vollwelle

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

Biegestandsmoment
für Kreisquerschnitt einer
Hohlwelle

$$W_b = \frac{\pi \cdot D^4 - d^4}{32 \cdot D}$$

Torsionsstandsmoment
für Kreisquerschnitt einer
Hohlwelle

$$W_t = \frac{\pi \cdot D^4 - d^4}{16 \cdot D}$$

Biegestandsmoment
für rechteckigen
Biegebalken

$$W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Vergleichsspannung nach Mises (GEH)
kombinierte Biegung mit Zug/Druck und
Torsion

$$\sigma_v = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_{zd})^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$$

äquivalente Lagerbelastung
für Rillenkugellager

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Lagerlebensdauer
in Umdrehungen

$$L = \left(\frac{C_r}{P} \right)^q \cdot 10^6$$

nominelle
Lagerlebensdauer in h

$$L_h = \left(\frac{C_r}{P} \right)^q \cdot \frac{16666}{n}$$

mit n in $\left[\frac{1}{\text{min}} \right]$

Flächenpressung Passfeder

$$p = \frac{2 \cdot M_t}{d \cdot l_{tr} \cdot (h - t_l) \cdot k \cdot i}$$

Flächenpressung Keilwelle

$$p = \frac{2 \cdot M_t}{d_m \cdot l_{tr} \cdot h \cdot k \cdot z}$$