

1 Passungen, Toleranzen und Bauteilverbindungen (5 Punkte)

Beachten Sie Tabelle 1 mit Grenzabmaßen für ausgewählte Toleranzklassen am Ende der Aufgabe.

a) An einem Funktionsabsatz einer Welle steht die folgende Bemaßung:

(2 Punkte)

$$\varnothing 45 \begin{matrix} H7 \\ h6 \end{matrix}$$

Ergänzen Sie die folgende Passungstabelle mit dieser Bemaßung und den fehlenden Werten. Beachten Sie dabei, dass die Grundabmaße der Toleranzfelder „H“ und „h“ jeweils auf der Nulllinie liegen.

Abmaß	Grenzmaß	Spiel / Übermaß
$\varnothing 45$	H7	max. Spiel
	45,025 mm	0,041 mm = 41 µm
	45 mm	
	h6	max. Übermaß:
45 mm	0,000 mm	
	44,984	

⇒ Spielpassung

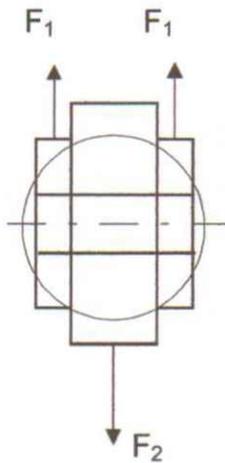
Nennmaß [mm]	Innenteile						Außenteile					
	s6	r6	k6	j6	h6	h11	H7	H8	H11	G7	F8	E9
1 bis 3	+20	+16	+6	+4	0	0	+10	+14	+60	+12	+20	+39
	+14	+10	0	-2	-6	-60	0	0	0	+2	+6	+14
> 3 bis 6	+27	+23	+9	+6	0	0	+12	+18	+75	+16	+28	+50
	+19	+15	+1	-2	-8	-75	0	0	0	4	+10	+20
> 6 bis 10	+32	+28	+10	+7	0	0	+15	+22	+90	+20	+35	+61
	+23	+19	+1	-2	-9	-90	0	0	0	+5	+13	+25
> 10 bis 18	+39	+34	+12	+8	0	0	+18	+27	+110	+24	+43	+75
	+28	+23	+1	-3	-11	-110	0	0	0	+6	+16	+32
> 18 bis 30	+48	+41	+15	+9	0	0	+21	+33	+130	+28	+53	+92
	+35	+28	+2	-4	-13	-130	0	0	0	+7	+20	+40
> 30 bis 50	+59	+50	+18	+11	0	0	+25	+39	+160	+34	+64	+112
	+43	+34	+2	-5	-16	-160	0	0	0	+9	+25	+50
> 50 bis 65	+72	+60			0	0	+30	+46	+190	+40	+76	+134
	+53	+41	+21	+12	0	0	0	0	0	+10	+30	+60
> 65 bis 80	+78	+62	+2	-7	-19	-190	0	0	0			
	+59	+43										

Tabelle 1: Grenzabmaße [µm] für ausgewählte Toleranzklassen

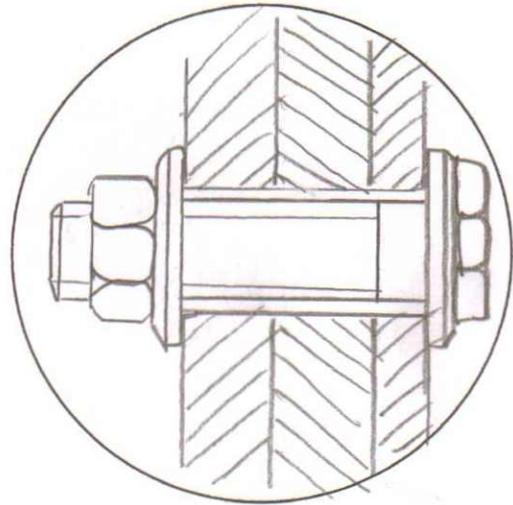
- b) Skizzieren Sie in Anlehnung an die vorgegebene Prinzipskizze (s. Kreismarkierung) eine reibschlüssige Durchschraubverbindung für folgenden Anwendungsfall:

(2,5 Punkte)

Prinzipskizze



Handskizze



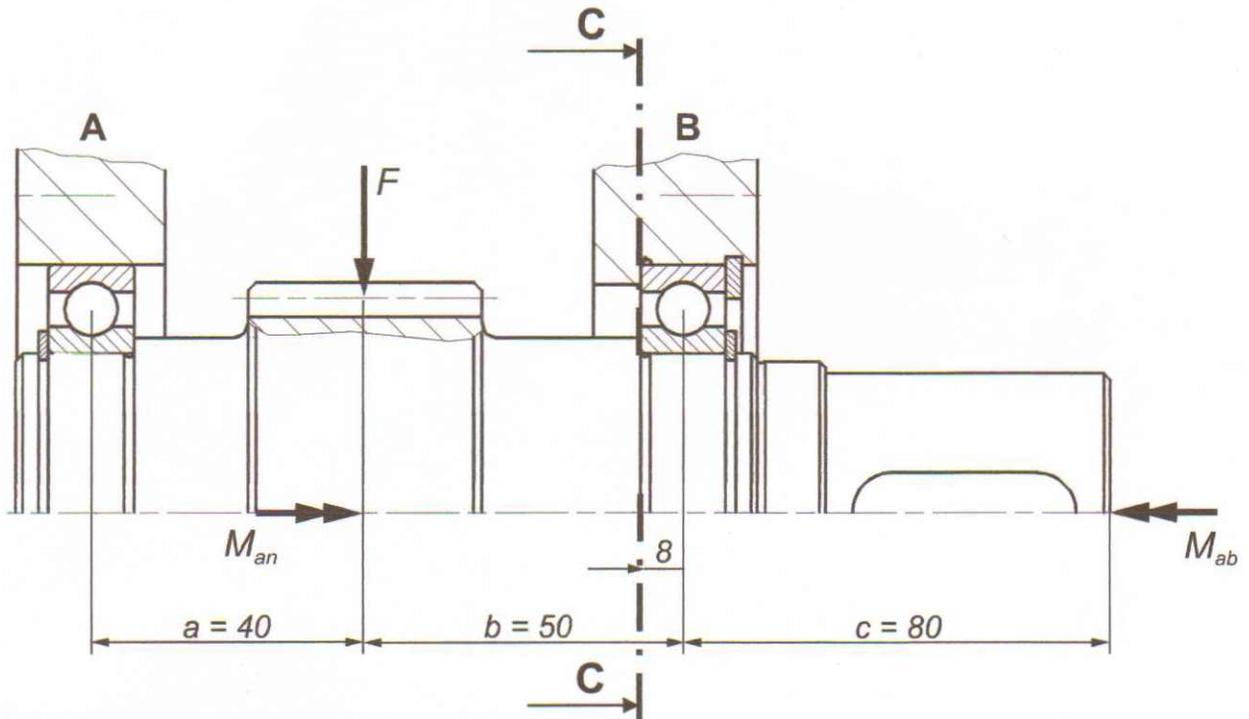
- c) Warum wird häufig das Passungssystem „Einheitsbohrung“ dem Passungssystem „Einheitswelle“ vorgezogen?

(0,5 Punkte)

Beim Passungssystem „Einheitsbohrung“ muss nur die Welle nachbearbeitet werden, was einfacher ist als eine genaue Bohrung zu fertigen.

2 Achsen, Wellen und Welle-Nabe-Verbindungen (11 Punkte)

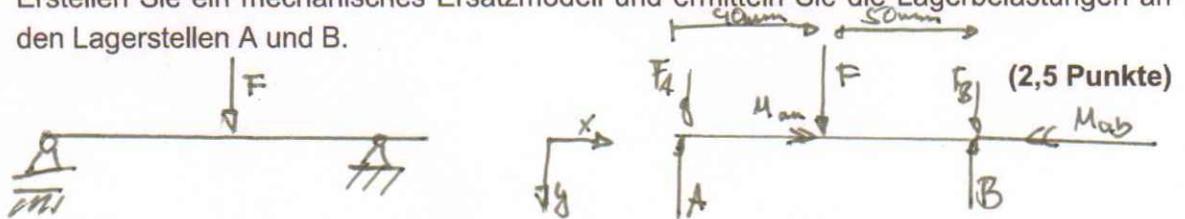
Die nachfolgend dargestellte Getriebewelle soll auf ihre grundsätzliche Eignung für den Betrieb bei den angegebenen Lasten rechnerisch überprüft werden.



Technische Daten:

Radialkraft:	$F = 9000 \text{ N}$
Antriebsdrehmoment:	$M_{an} = 100 \text{ Nm}$

a) Erstellen Sie ein mechanisches Ersatzmodell und ermitteln Sie die Lagerbelastungen an den Lagerstellen A und B. (2,5 Punkte)



$F_y = 9000 \text{ N}$
 Lager A
 $F_A = A$
 $F_{yA} = 4000 \text{ N}$
 keine Axiale Belastung
 oder Torsion

Lager B:
 $F_{yB} = 5000 \text{ N}$
 trägt die gesamte Torsion
 $M_{tB} = 100 \text{ Nm}$

$F_{yA} = 4000 \text{ N}$
 $F_{yB} = 5000 \text{ N}$

- b) Bestimmen Sie das Biege- und das Torsionsmoment sowie die daraus resultierenden Nennspannungen im Wellenquerschnitt C-C mit dem Nenndurchmesser 40 mm.

$$M_B = 5000 \text{ N} \cdot 8 \text{ mm} = 40000 \text{ Nmm}$$

$$M_T = 100 \text{ Nmm} = 100 \cdot 1000 \text{ Nmm}$$

$$W_B = \frac{d^3 \cdot \pi}{32} = \frac{40^3 \cdot \pi}{32} = 6283,19 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_B = \frac{M_B}{W_B} = \frac{40000 \text{ Nmm}}{6283,19 \text{ mm}^3} = 6,366 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_t = \frac{M_T}{W_T} = \frac{100 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{12566,37 \text{ mm}^3} = 7,96 \text{ N/mm}^2$$

- c) Überprüfen Sie, ob die statische Sicherheit an der Stelle C einen Wert von 1,5 erreicht (Streckgrenze des Werkstoffs $R_{eH} = 400 \text{ N/mm}^2$; Vergütungsstahl). Verwenden Sie die Mises-Hypothese für die Vergleichsspannung!

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_B + \sigma_{Z0})^2 + 3 \cdot \tau_t^2} = \sqrt{(6,366 \text{ N/mm}^2)^2 + 3 \cdot (7,96 \text{ N/mm}^2)^2} = 15,19 \text{ N/mm}^2$$

$$S = \frac{\sigma_{zul}}{\sigma_{w\text{erkl.}}} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{15,19 \text{ N/mm}^2} = 26,33$$

Sicherheit von 1,5 erfüllt, Bauteil ist weit überdimensioniert!

- d) Weisen Sie nach, ob die tragende Passfederlänge korrekt dimensioniert wurde.

Technische Daten der Passfederverbindung:

Nenndurchmesser:	30 mm
zulässige Flächenpressung	50 N/mm ²
tragende Länge:	35 mm

Passfederbreite:	8 mm
Passfederhöhe:	7 mm
Wellennuttiefe:	4 mm

Hinweis: die zulässige Flächenpressung bezieht sich auf die Nabe.

Aus der Formelsummlung:

$$p_{zul} = \frac{2 \cdot M_t}{d \cdot l_{tr} \cdot (u - e_1) \cdot k_i} \Leftrightarrow l_{tr} \geq \frac{2 \cdot M_t}{d \cdot p_{zul} \cdot (u - e_1) \cdot k_i}$$

$$l_{tr} \geq \frac{2 \cdot 100000 \text{ Nmm}}{30 \text{ mm} \cdot 50 \text{ N/mm}^2 \cdot 3 \text{ mm} \cdot 1} = 44,44 \text{ mm}$$

Die Passfeder wurde zu klein dimensioniert. Sie muss mind. 44,44 mm lang sein.

(1,5 Punkte)

$$k_i = 1 \text{ für 1 Passfeder}$$

$$(u - e_1) = 7 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$$

$$M_t = M_{ax} = 100 \text{ Nm}$$

3 Lagerungen (9,5 Punkte)

- a) Erklären Sie kurz, was unter Umfangslast und Punktlast zu verstehen ist, wenn man über den richtigen Einbau von Wälzlagern spricht.

Der Ring, welcher um ganzen Umfang belastet wird, trägt die Umfangslast. (1 Punkt)

Der Ring, welches statisch über einem Punkt belastet wird trägt die Punktlast.

Beim Einbau muss der Ring, welcher die Umfangslast trägt axial gesichert werden.

- b) Welcher Ring des Loslagers ist bei einer Fest-Los-Lagerung axial festzulegen?

Der Ring, welcher die Umfangslast trägt.

(0,5 Punkte)

- c) Eine Welle soll mittels einer Riemenscheibe einen Zahnriemen antreiben um ein Moment zu übertragen. Der Riemen ist vorgespannt. Welcher Ring des Loslagers der Wellenlagerung muss festgelegt werden?

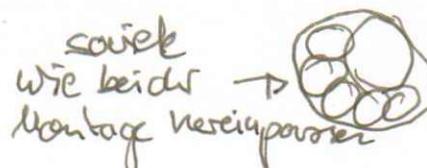
Der Innenring, da durch die Vorspannung dieser die Umfangslast trägt.

(0,5 Punkte)

- d) Wodurch ist die Anzahl der verwendeten Wälzkörper eines Rillenkugellagers begrenzt?

Durch die Geometrie, also den Einbauraum

(0,5 Punkte)



- e) Mit welcher Gleichung können die Lebensdauern von Wälzlagern berechnet werden. Benennen Sie alle in der Gleichung auftretenden Größen. (1,5 Punkte)

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P} \right)^q \cdot 10^6 \text{ berechnet die Lebensdauer in } 10^6 \text{ Umdrehungen}$$

L_{10} - Lebensdauer mit 10% Ausfallwahrscheinlichkeit

P - äquivalente dynamische Lagerbelastung

C_r - dynamische Tragfähigkeit

q - Lagerlebensdauerexponent $\frac{10}{3}$ für Kugellager
 $\frac{12}{3}$ für Zylinderrollenlager

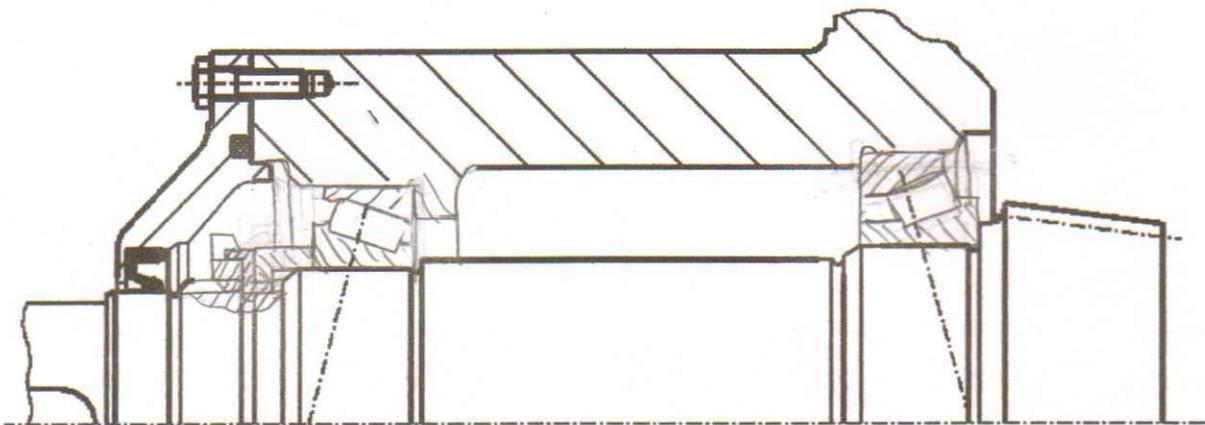
- f) Ein Rollenlager ($C_{dyn} = 6 \text{ kN}$) sei mit einer Lagerlast von 1400 N belastet, während sich die Welle mit einer Winkelgeschwindigkeit von $\omega = 10 \text{ s}^{-1}$ dreht. Berechnen Sie in Stunden, wie lange das Lager (stationärer Betrieb vorausgesetzt) mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% halten wird!

$$L_{10h} = \left(\frac{C_r}{P} \right)^q \cdot \frac{166666}{u} \quad u \text{ in } \left[\frac{1}{\text{min}} \right] \quad \omega = 2\pi \cdot u$$

$$u = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{10 \frac{1}{s}}{2\pi} = 1,59 \frac{1}{s} = 95,5 \frac{1}{\text{min}}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{6000 \text{ N}}{1400 \text{ N}} \right)^{\frac{10}{3}} \cdot \frac{166666}{95,5 \frac{1}{\text{min}}} = 22.313,7 u // = 95,5 \frac{1}{\text{min}}$$

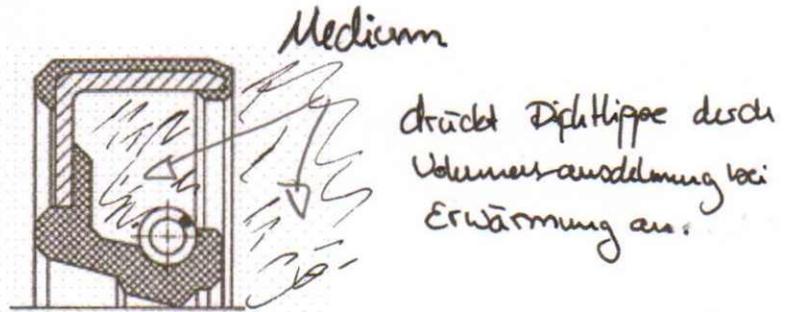
- g) Vervollständigen Sie bitte die Zeichnung unter Verwendung geeigneter Wälzlager so, dass die Welle nach dem Prinzip der angestellten Lagerung in O-Anordnung gelagert ist! (4 Punkte)



4 Dichtungen (2 Punkte)

- a) Auf welcher Seite des dargestellten Radialwellendichtringes befindet sich das abzudichtende Medium?

(0,5 Punkte)



- b) Nennen Sie drei unterschiedliche Typen von Dichtungen mit typischen Anwendungsbereichen!

(1,5 Punkte)

- o Radialwellendichtringe →
 - bei Ölschmierung
 - ~~hohe~~ Umfangsgeschwindigkeiten $> 10 \text{ m/s}$
 - teuer, da aufwendig in Fertigung und Montage
- o Filzdichttringe →
 - bei Fettschmierung
 - bis Umfang bei geringen Umfangsgeschwindigkeiten
 - günstig bis zu $5-10 \text{ m/s}$
- o O-Ringe →
 - statische Dichtung
 - z.B. bei getrennten Teilen für 2 Teile ohne Relativbewegung

5 Zahnradgetriebe (3 Punkte)

- a) Ein Ritzel mit 24 Zähnen und einem Modul von 2 mm soll mit einem geschweißten Zahnrad derart gepaart werden, dass eine Übersetzung von mindestens 1,5 entsteht. Geben Sie Modul, Teilkreisdurchmesser und Zähnezahl eines passenden Zahnrades an. Bedenken Sie hierbei insbesondere an die Verschleißbedingungen der Verzahnung. Welcher Achsabstand ergibt sich? (2 Punkte)

$$i = \frac{z_2}{z_1} \quad z_2 = i \cdot z_1 = 1,5 \cdot 24 = 36$$

24 und 36 sind nicht teilerfremd

~~24~~ $\Rightarrow z_2 = 37$ Zähne // (größer als 36, damit Übersetzung $> 1,5$)

• Modul muss ebenfalls 2 mm sein

achsabstand $a = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (z_1 + z_2) = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ mm} \cdot (24 + 37) = \underline{\underline{61 \text{ mm}}}$

- b) Nennen Sie eine wesentliche positive und eine wesentliche negative Eigenschaft von Zahnradgetrieben! (1 Punkt)

positiv: • schlupflose Übertragung platzsparend

• hohe Übersetzungen möglich
• hohe Wirkungen können übertragen werden

negativ: Geräusche und Vibrationen beim Zahnengriff