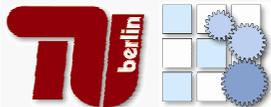


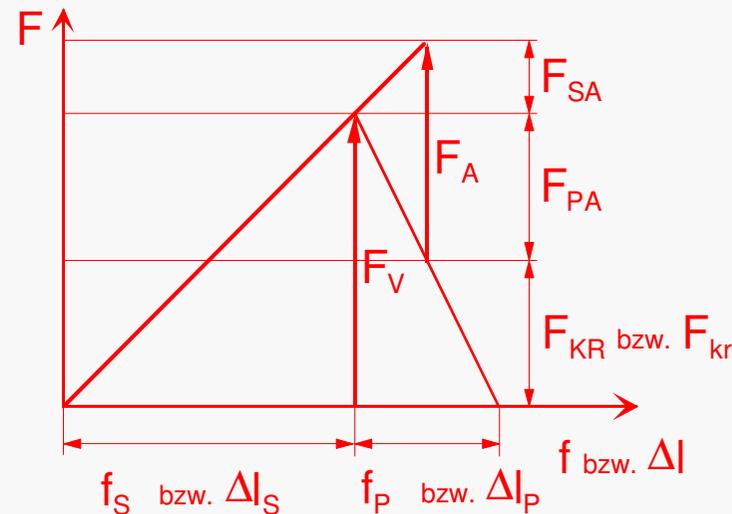
Beispielaufgaben für die Klausur

# KONSTRUKTION 1



# Typische Verständnisaufgabe: Verspannung einer Schraubenverbindung

a) Zeichnen Sie ein Verspannungsschaubild (ohne thermische Zusatzkraft) für  $\delta S / \delta P = 2$  und geben Sie alle fünf wichtigen Kräfte und zwei Längenänderungen mit Formelzeichen und Benennung an.



- $f_{SA}$  bzw.  $\Delta l_S$  Verlängerung der Schraube durch  $F_V$
- $f_{PA}$  bzw.  $\Delta l_P$  Längenänderung der verspannten Teile durch  $F_V$
- $F_A$  Axialkraft; eine in Schraubenachse gerichtete und anteilig auf eine Schraube bezogene Komponente einer beliebig gerichteten Betriebskraft
- $F_{SA}$  axiale Schraubenzusatzkraft
- $F_{PA}$  Anteil der Axialkraft, der die Belastung der verspannten Teile verändert, Plattenzusatzkraft
- $F_V$  Vorspannkraft
- $F_{KR}$  bzw.  $F_{kr}$  Restklemmkraft in der Trennfuge bei Ent- bzw. Belastung durch  $F_{PA}$

## Typische Verständnisaufgabe: Verspannung einer Schraubenverbindung

b) Wovon hängt es ab, welcher Anteil der Betriebskraft die Schraube zusätzlich belastet und welcher Anteil die verspannten Platten entlastet?

Vom Verhältnis der Nachgiebigkeiten der Schraube und der verspannten Teile bzw. vom Verhältnis der Steifigkeiten.

$$\frac{\delta_S}{\delta_P} \text{ bzw. } \frac{c_P}{c_S}$$

c) Wie kann der Anteil der Betriebslast, der durch die Schraube aufgenommen wird konstruktiv gesenkt werden und welche Bauteile sind dann entsprechend stärker belastet?

Nachgiebigere Schrauben (zum Beispiel Dehnschrauben) und/oder steifere Platten führen dazu, dass ein größerer Anteil der Betriebslast von den verspannten Teilen aufgenommen wird.

## Typische Verständnisaufgabe: Verspannung einer Schraubenverbindung

d) Was versteht man unter dem „Setzen“ einer Schraubenverbindung? Warum ist diese Erscheinung problematisch? Nennen Sie mindestens zwei wesentliche Einflussfaktoren auf dieses Phänomen!

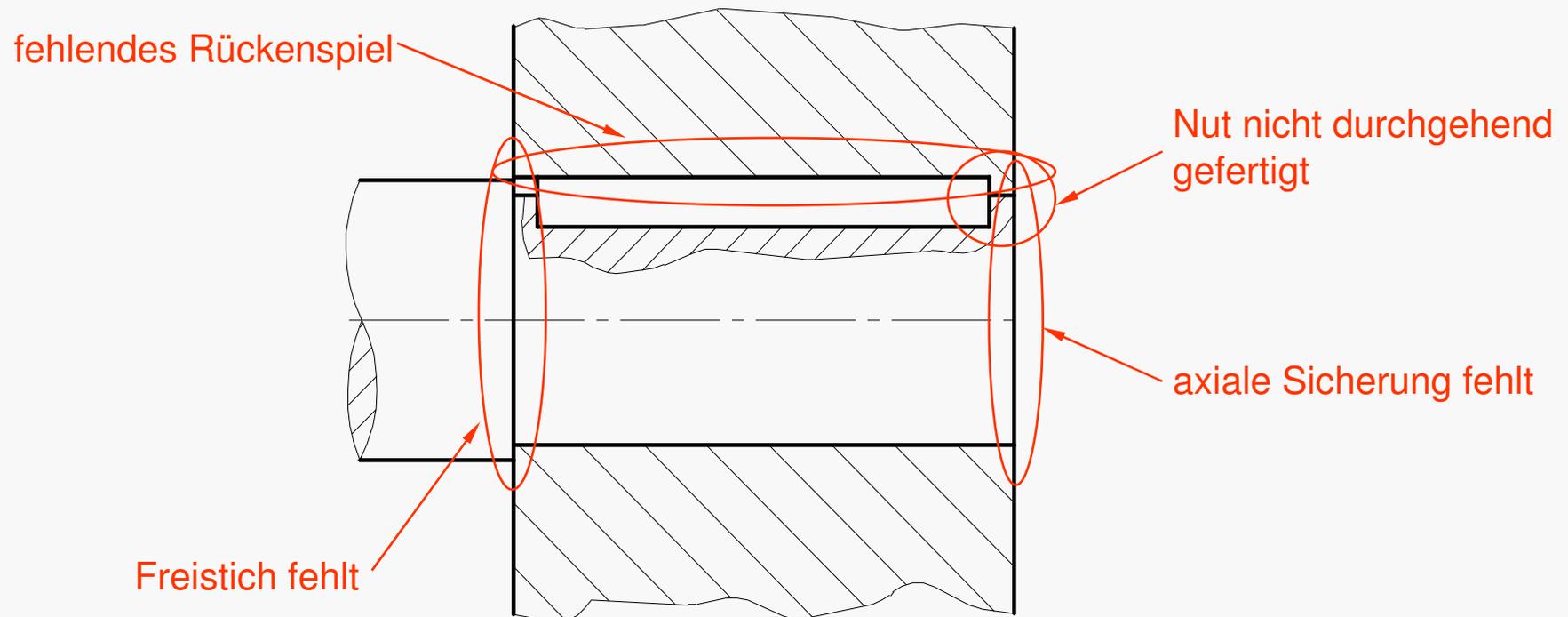
Beim „Setzen“ handelt es sich um eine plastische Längenänderung der Schraube und der Flansche. Dieser Vorgang ist zeitabhängig und hängt neben der Zahl der Trennfugen in der Verschraubung vor allem von der Oberflächenbeschaffenheit (Rauhigkeit) der verspannten Teile ab. Das wesentliche Problem beim „Setzen“ ist der Verlust an Vorspannkraft der sich einstellt.

e) Welche Beanspruchungsarten liegen in der Schraube und in den verspannten Teilen einer korrekt montierten Schraubenverbindung vorwiegend vor?

In einer korrekt montierten Schraubenverbindung sollte die Schraube vorwiegend auf Zug und die verspannten Teile vorwiegend auf Druck beansprucht sein.

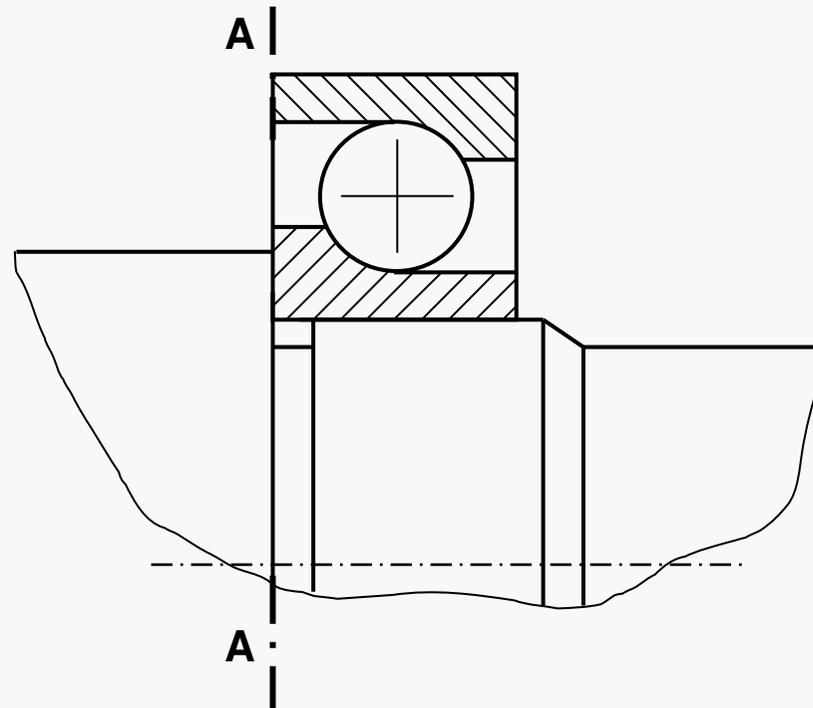
# Typische Gestaltungsaufgabe

a) Fehlersuche: Kennzeichnen und benennen Sie bei der unten dargestellten Passfederverbindung vier konstruktive Fehler!



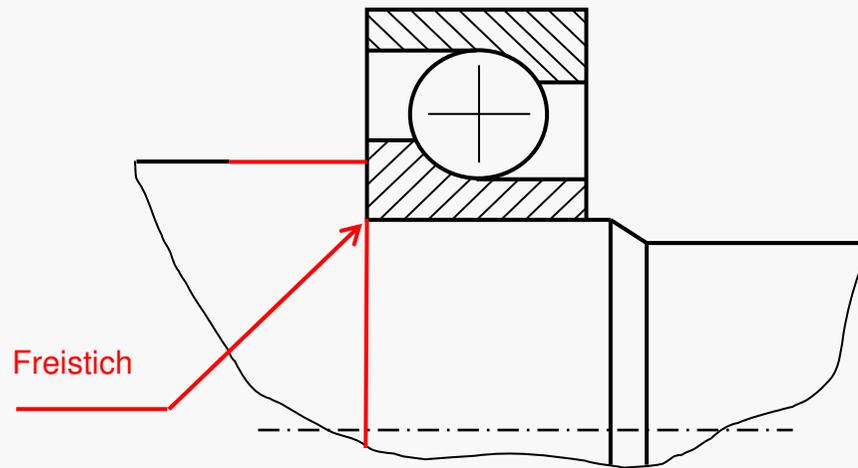
## Gestaltungsaufgabe – Beispiel 2

b) Konstruktionszeichnung ergänzen: Eine Dauerfestigkeitsrechnung hat ergeben, dass die unten abgebildete Welle an der Stelle A-A besonders dauerbruchgefährdet ist.



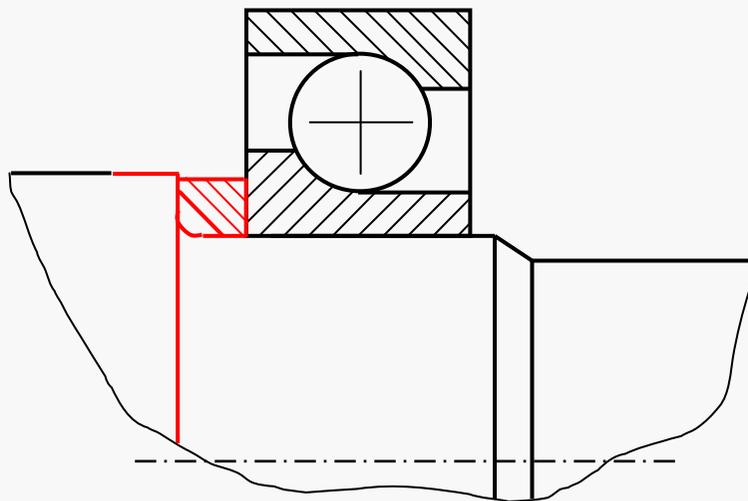
Nennen und skizzieren Sie 2 konstruktive Maßnahmen, welche die Dauerfestigkeit an der genannten Stelle erhöhen. Dabei sollen aber weder die Nennbelastung noch die Wellendurchmesser geändert werden.

# Gestaltungsaufgabe – Beispiel 2



**Freistich**

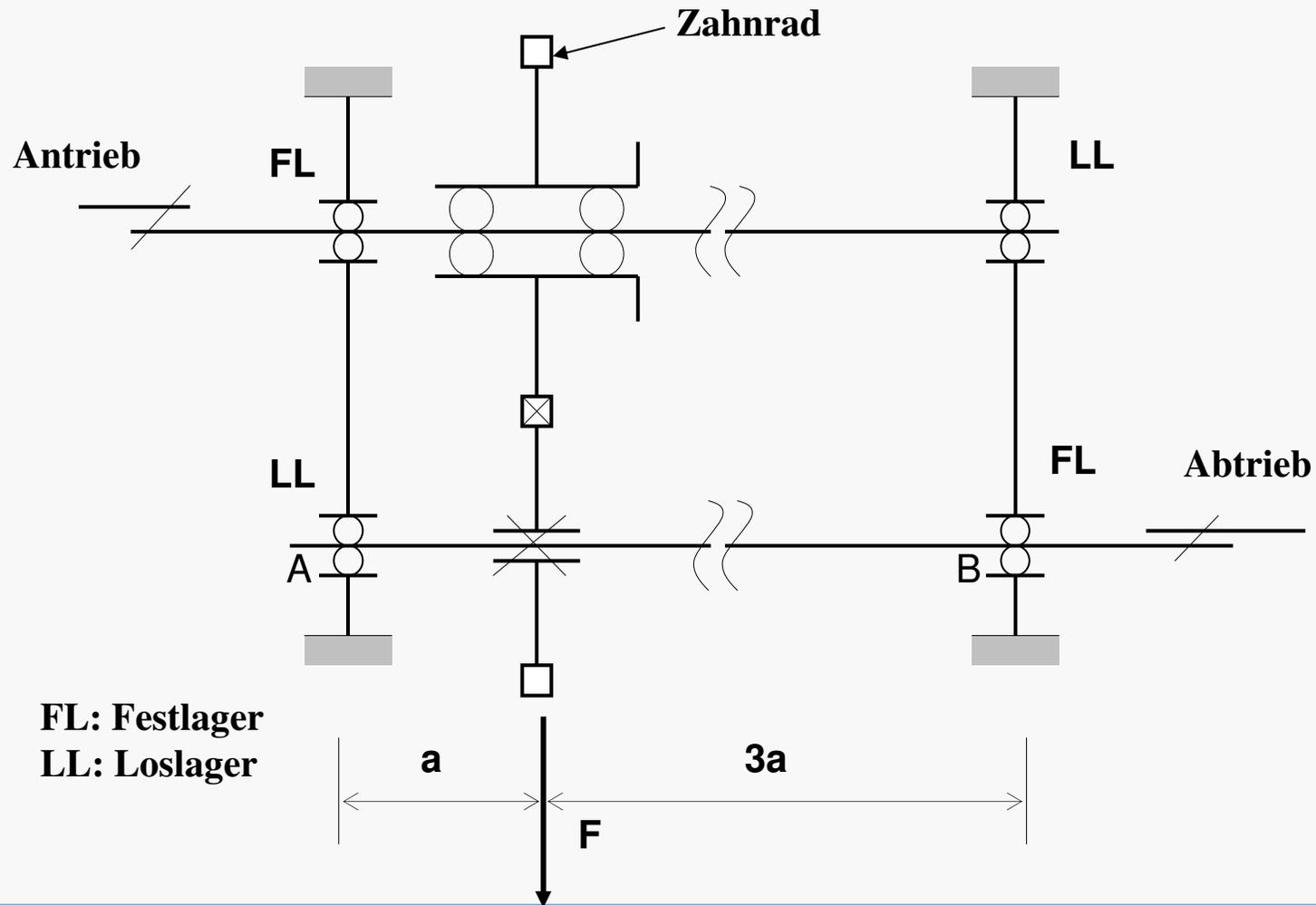
Nach Norm angedeutet oder gezeichnet



**Wellenabsatz ausrunden und  
Verwendung einer Abstandshülse**

# Typische Rechenaufgabe

Analyse eines einstufigen geradverzahnten Getriebes



FL: Festlager  
LL: Loslager

# Lagerlebensdauer

- a) Die Abtriebswelle ist im Gehäuse fest-los-gelagert (Rillenkugellager). Das Festlager hat die dynamische Tragzahl  $C_{FL} = F/3$ . Berechnen Sie die äquivalente Belastung des Festlagers und bestimmen Sie die nominelle Lebensdauer sowie die Lebensdauer in Betriebsstunden dieses Lagers, wenn die Abtriebswelle mit einer Winkelgeschwindigkeit von  $\omega = 78,54 \text{ s}^{-1}$  rotiert!

Auflagerreaktionen:

$$\sum F = 0 \quad \Rightarrow F_A + F_B - F = 0 \quad \Rightarrow F_B = F - F_A$$

$$\sum M_B = 0 \quad \Rightarrow -4a \cdot F_A + 3a \cdot F = 0 \quad F_A = \frac{3}{4} \cdot F$$

$$F_A = \frac{3}{4} \cdot F \quad \text{und} \quad F_B = \frac{1}{4} \cdot F$$

Keine Axialkräfte vorhanden!

# Lagerlebensdauer

- (i) **Bestimmung der äquivalenten Lagerbelastung (keine Axialkraft, Rillenkugellager)**

Da keine axiale Last vorhanden ist, ist die radiale Last gleich der äquivalenten Belastung.

- (ii) **Berechnung der nominellen Lebensdauer  $L_{10}$  und der Lebensdauer in Stunden  $L_h$**

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^p \cdot 10^6 \quad \text{in Umdrehungen} \quad p = 3 \text{ für Rillenkugellager}$$

$$C = \frac{1}{3} \cdot F \quad P_{\text{äq}(FL)} = \frac{1}{4} \cdot F$$

$$L_{10} = \left( \frac{\frac{1}{3} \cdot F}{\frac{1}{4} \cdot F} \right)^3 = \left( \frac{4}{3} \right)^3 = 2,37 \quad \text{Die nominelle Lebensdauer beträgt } 2,37 \cdot 10^6 \text{ Umdrehungen}$$

$$L_h = \frac{L_{10} \cdot 10^6}{60 \cdot n} \quad n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 78,54 \text{ s}^{-1}}{\pi} = 750 \text{ min}^{-1}$$

$$L_h = \frac{2,37 \cdot 10^6}{60 \cdot 750} = 52 \text{ h } 40 \text{ min } 29 \text{ sec} \quad \text{Die Lebensdauer beträgt also } 52 \text{ h } 40 \text{ min.}$$

# Lagerlebensdauer

- b) Wie muss sich die erforderliche dynamische Tragzahl des Loslagers zu der des Festlagers verhalten, wenn beide Lager die gleiche nominelle Lebensdauer haben sollen? Interpretieren Sie das Ergebnis.

**Berechnung des dynamischen Tragzahlverhältnisses**

**Forderung:**  $L_{10(FL)} = L_{10(LL)}$

$$\frac{C_{(FL)}}{C_{(LL)}} = \frac{F_B}{F_A} = \frac{\frac{1}{4} \cdot F}{\frac{3}{4} \cdot F} = \frac{1}{3}$$

**Die dynamische Tragzahl des Loslagers müsste nur 1/3 der des Festlagers betragen das entsprechende Lager kann also leichter ausgeführt werden.**