

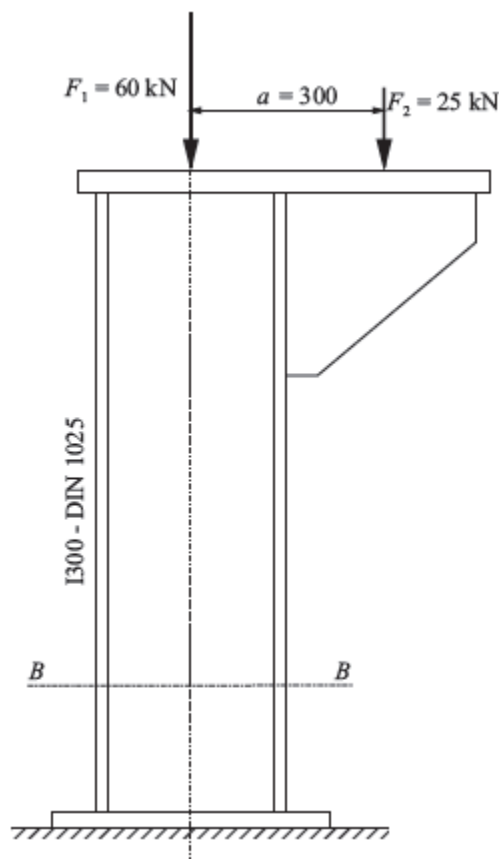
## Übungsblatt 8: Zusammengesetzte Beanspruchung - Vergleichsspannungen

Kleine Verständnisfragen - formulieren Sie selber!

1. Nennen Sie Beispiele für ein Bauteil mit zusammengesetzter Beanspruchung aus Normal- und Tangentialspannungen.
2. Was ist bei der Überlagerung von Schubspannungen aus Querkraft und Torsion zu beachten?
3. Was kennzeichnet einen ebenen Spannungszustand?
4. Erläutern Sie die Bedeutung der Hauptachsen bei einem ebenen Spannungszustand.
5. Wozu dient der Mohr'sche Spannungskreis?
6. Warum können Schub- und Normalspannungen nicht einfach addiert werden, um eine maximal auftretende Spannung zu bestimmen?

### 1. Aufgabe: Zusammengesetzte Beanspruchung

Wir untersuchen eine Stütze aus einem I-Profil mit angeschweißtem Konsolblech (Bild). Die Stütze wird durch zwei Druckkräfte  $F_1$  und  $F_2$  außermittig belastet, da die Kraft  $F_2$  um die  $y$ -Achse des I-Profiles (senkrecht zur Zeichnungsebene) ein Biegemoment erzeugt.



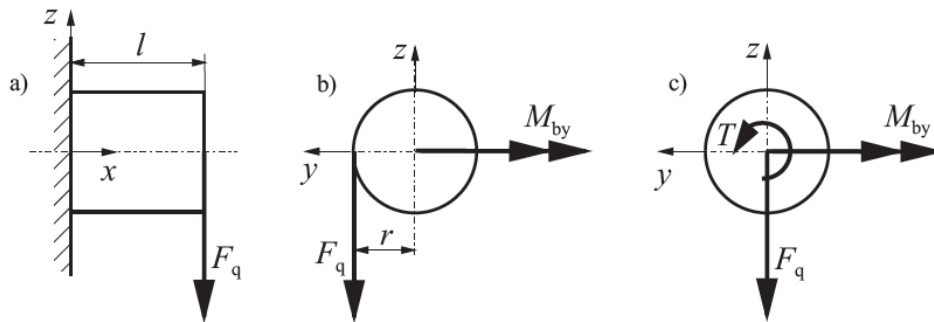
gegeben:

Querschnittsfläche  $A = 69 \text{ cm}^2$ ;  
axiales Widerstandsmoment  $W_{bx} = 653 \text{ cm}^3$ ;  
zul. Spannung  $\sigma_{zul} = 30 \text{ N/mm}^2$

gesucht:

- a.) ist die maximale Randspannung.
- b.) Ist sie zulässig?
- c.) Wo liegt die Spannungsnulllinie

## 2. Aufgabe: Querkraftschub und Torsion:

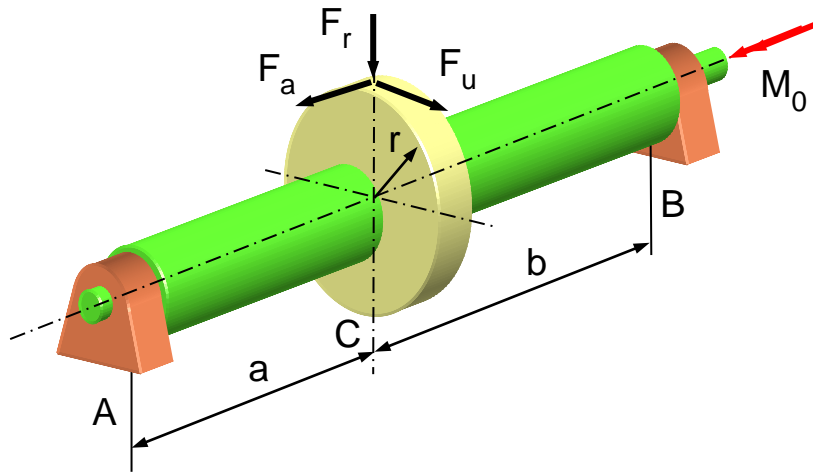


- a) Im Bild ist ein einseitig eingespannter Zapfen mit einer außermittigen Querkraft  $F_q$  am freien Ende dargestellt. Die weiteren Bilder b und c zeigen die Belastungen des Zapfens an der Einspannstelle.
- b) Neben der Querkraftbeanspruchung, die zu Schubspannungen (Scherspannungen) führt, ergibt die am Außenradius angreifende Kraft  $F_q$  eine Torsionsbeanspruchung (Torsionsspannungen aus dem Torsionsmoment  $T$ , Bild c).
- c) Die zusätzlich aus der Querkraft herrührende Biegebelastung, das Biegemoment  $M_{by}$  in den Bildern b und c, wird für die Überlegungen hier vernachlässigt. Aufgrund der geringen Länge des Zapfens ist das zunächst zulässig. Je näher die Schnittebene am freien Ende liegt, umso geringer ist das Biegemoment.

Wo herrscht max. Schubspannung durch Querkraft und Torsion?

### 3. Aufgabe: Vergleichsspannung:

Getriebewelle mit einem schrägverzahnten Zahnrad



**Gegeben:**

$$a = 80 \text{ mm}, b = 120 \text{ mm}, r = 40 \text{ mm}$$

$$M_0 = 120 \text{ Nm}, \sigma_{zul} = 120 \text{ N/mm}^2$$

Nach der Verzahnungsgeometrie gilt:

$$F_a = F_u \cdot \tan \beta,$$

$$F_r = (F_u \cdot \tan \alpha) / \cos \beta,$$

$$\alpha = 20^\circ, \beta = 10^\circ$$

Annahme: Die Querkraftschubspannungen seien vernachlässigbar klein!

**Gesucht:**

Durchmesser  $d$  der Welle nach der Gestaltänderungshypothese.

**Hinweis:**

$$\sigma_{V3} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_{zul}$$

$$\text{Spezialfall für } \sigma_{V3} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \leq \sigma_{zul} \quad \text{bzw.} \quad \sigma_{V3} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2} \leq \sigma_{zul}$$

wenn nur eine Normalspannung vorhanden ist und die Schubspannung

$$\text{z. B. } \sigma_x = \sigma, \sigma_y = 0, \tau_{xy} = \tau$$

Der Spezialfall trifft in der Regel für Träger und Balken immer zu, wobei sich die Normalspannung  $\sigma$  aus der Überlagerung der gleichartigen Spannungen aus Zug/Druck und zweiachsiger Biegung ergeben kann und die Schubspannung  $\tau$  ebenfalls die Resultierende der gleichartigen Schubspannungen aus Querkraftschub und Torsion sein kann