

 	WS 17/18	Fakultät V Verkehrs- und Maschinensysteme
<u>Konstruktion II</u> Probetest		<hr/> Institut für Konstruktion, Mikro- und Medizintechnik
		<hr/> AG Konstruktion <hr/> Prof. Dr.-Ing. D. Göhlich Prof. Dr.-Ing. R. Liebich Prof. Dr.-Ing. H. Meyer

Der Probetest wird vom Übungsleiter vorgerechnet und dient als Orientierung für den echten K2-Test. Rechnen Sie also die Aufgaben allein und auf Zeit, reale Bedingungen sind 75 Minuten Zeit für alles.

Auch der echte Test wird aus 4 Rechenaufgaben und einer Aufgabe zu bunt gemischten Theoriefragen aus Vorlesung, Übung und Tutorium bestehen.

Es sind insgesamt 60 Punkte zu erreichen.

1 Seilwinde (12,5 Punkte)

Die Feuerwehr beauftragt Sie, ein Getriebe für eine Seilwinde auslegen, die später ein Feuerwehrmann von Hand bedienen kann. Der Feuerwehrmann soll damit in der Lage sein, Äste von umgestürzten Bäumen aus dem Weg räumen zu können, und zwar soll ein bis zu 300 kg schwerer Ast innerhalb von 60 s um 5 m in die Höhe gehoben werden.

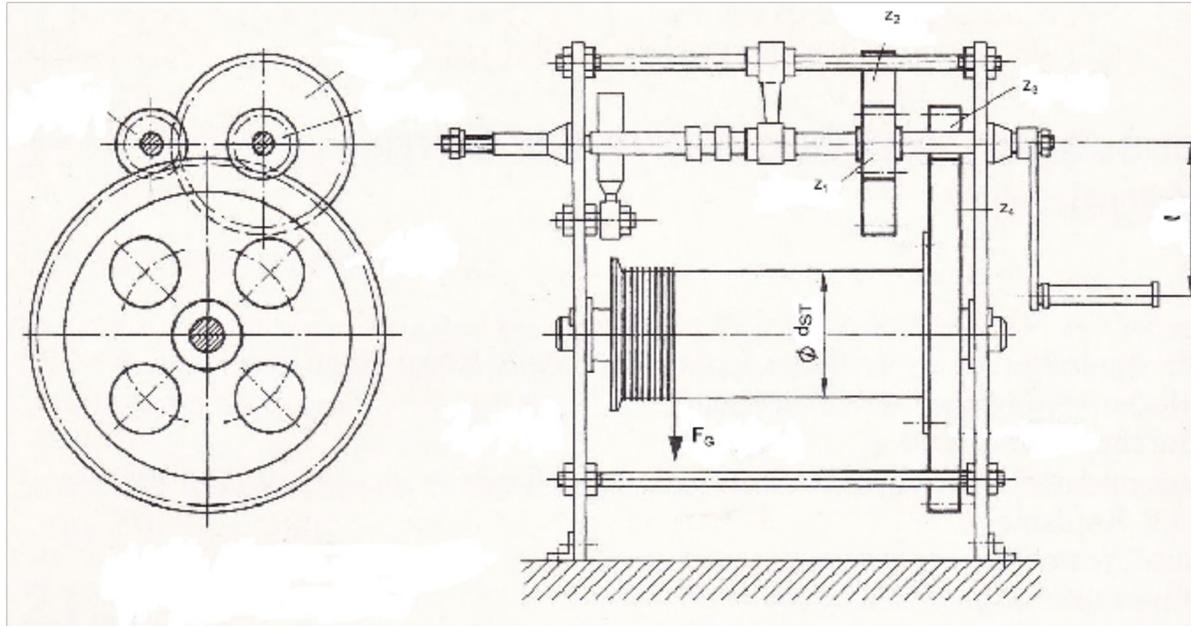


Abbildung 1.1: Getriebe der Seilwinde

Für die Berechnung sind folgende Werte gegeben:

Länge des Bedienhebels	$l = 35 \text{ cm}$
max. „Handkraft“ des Feuerwehrmanns	$F_t = 200 \text{ N}$
Getriebewirkungsgrad	$\eta = 1$
Masse des Astes	$m = 300 \text{ kg}$
max. Zeitintervall	$dt = 60 \text{ s}$
Höhendifferenz	$dh = 5 \text{ m}$
Durchmesser der Seiltrommel	$d_{ST} = 200 \text{ mm}$
Normalmodul aller Zahnräder	$m_n = 3 \text{ mm}$
Normaleingriffswinkel	$\alpha_n = 20^\circ$
Schrägungswinkel	$\beta = 15^\circ$
Zähnezahlverhältnis der ersten Zahnradstufe	$u_I = 3,1$
Zahnräder 1 und 3	$z_1 = z_3 = 17$

a) **An- und Abtriebsmoment (2 Punkte)** Berechnen Sie das wirkende Antriebs- und das erforderliche Abtriebsmoment.

b) Übersetzung und Zähnezahlen (2 Punkte) Für Zahnrad 1 und 3 sind die Zähnezahlen von $z_1 = z_3 = 17$ gegeben. Bestimmen Sie daraus die Zähnezahlen von Zahnrad 2 und 4. Beachten Sie das vorgegebene Übersetzungsverhältnis.

c) An- & Abtriebsdrehzahl (4 Punkte) Berechnen Sie die aus der Höhen- und Zeitdifferenz resultierende Abtriebsdrehzahl sowie die Abtriebsleistung. Genügt es, wenn der Feuerwehrmann 35 U/min schnell kurbeln kann?

d) Zahnradgeometrie (3 Punkte) Bestimmen Sie an Zahnrad 1 die folgenden Geometrien: Teilkreis- Fuß- & Kopfkreis-, sowie Grundkreisdurchmesser. Rechnen Sie dabei mit einem Kopfspiel von $c = 0,25 \cdot m$.

e) Zahnkräfte (1,5 Punkte) Berechnen Sie an Zahnrad 1 die auftretenden Zahnkräfte (Tangential-, Radial- & Axialkraft). Runden Sie dabei den Größenordnungen angemessen.

2 Durchsteckverbindung (12,5 Punkte)

Die in der Abbildung dargestellte Durchsteckverbindung fixiert zwei Platten aus Stahl (E295) miteinander und wird durch eine direkt unter Schraubenkopf und Mutter angreifende Betriebskraft F_A belastet. Dabei schwankt die Betriebskraft zwischen den Werten F_{Au} und F_{Ao} . Es ist eine Restklemmkraft von 3 kN zu gewährleisten. Die Schraube links ist nach ISO 4014 gefertigt und hat einen Schaftdurchmesser von $d = 12$ mm. Die Schraube rechts ist eine Dehnschraube mit einem Tailendurchmesser $d_T = 9$ mm. Zunächst soll nur die Schaftschraube betrachtet werden.

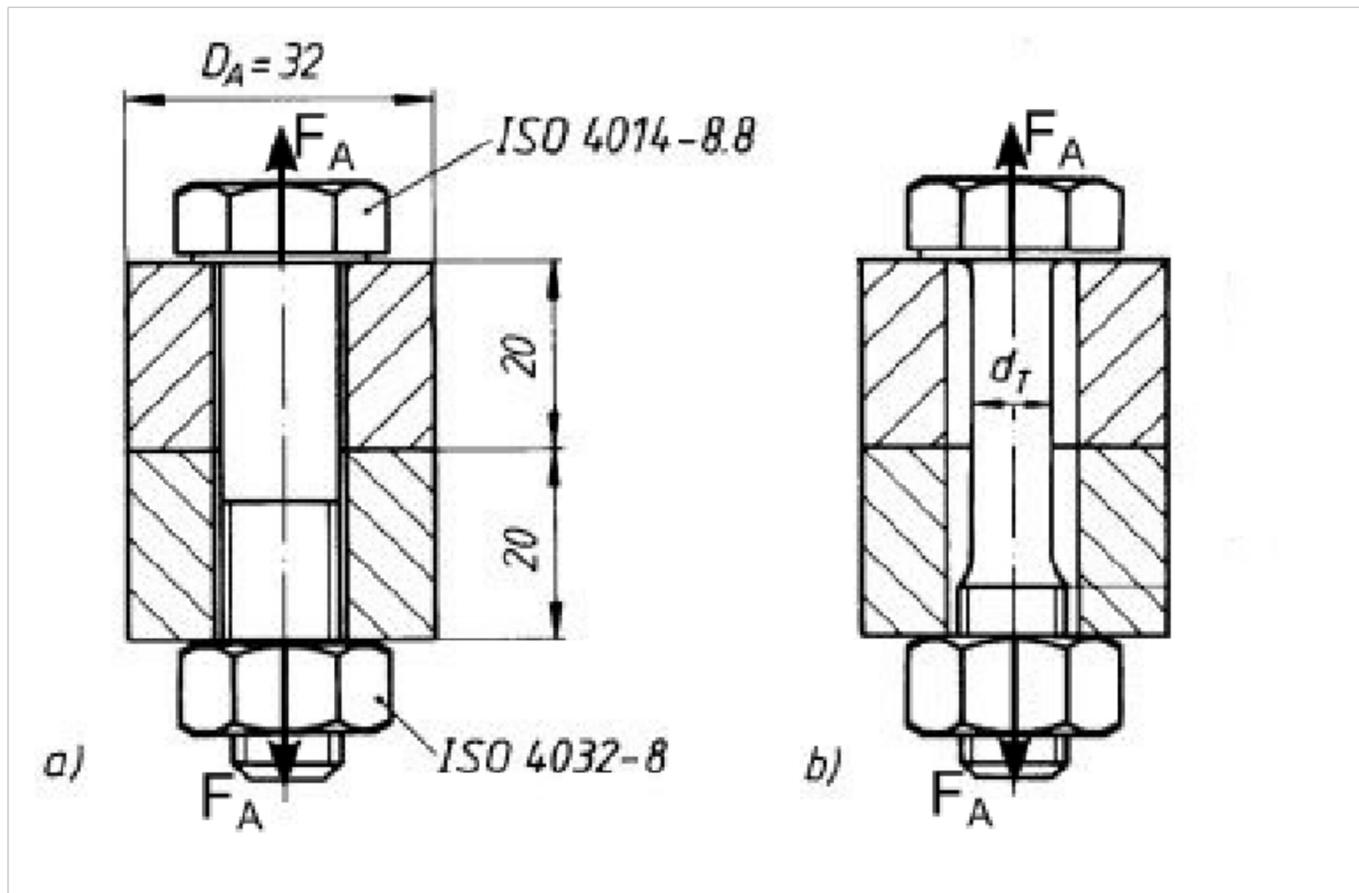


Abbildung 2.1: Durchsteckverbindung von zwei Platten mit Schaft- und Dehnschraube

Rechnen Sie mit folgenden, gegebenen Größen:

Schaftdurchmesser	$d = 12$ mm
Tailendurchmesser	$d_T = 9$ mm
Spannungsdurchmesser	$d_S = 11,2$ mm
Durchgangsloch in den Platten	$d_h = 13,5$ mm
Außendurchmesser Platten	$D_A = 32$ mm
Klemmlänge	$l_k = 40$ mm
minimale Betriebskraft	$F_{Au} = 4$ kN
maximale Betriebskraft	$F_{Ao} = 16$ kN
Restklemmkraft	$F_{KR} = 3$ kN
E-Modul Stahl	$E = 210\,000$ N/mm ²
Anziehungsfaktor	$\alpha = 1,6$
zulässige Spannungsamplitude in der Schraube	$\sigma_{a,zul} = 80$ N/mm ²

a) Verspannungsverhältnis (2,5 Punkte) Berechnen Sie das Verspannungsverhältnis Φ . Gehen Sie dabei davon aus, dass Sie die Nachgiebigkeit der Schraube durch ihren Schaft und die Nachgiebigkeit der Platte durch einen Hohlzylinder mit den Durchmessern D_A und d_h annähern können.

b) Setzkraftverlust (1 Punkt) Berechnen Sie den auftretenden Setzkraftverlust. Setzen Sie dafür die Formel nach Dubbel an, nach der gilt, dass: $f_Z = 3,29 \cdot \left(\frac{l_k}{d}\right)^{0,34} \cdot 10^{-3}mm$; hierbei ist d der Schaftdurchmesser der Schraube.

c) Schraubenkräfte (2 Punkte) Berechnen Sie alle Schraubenkräfte, um das Verspannungsschaubild zeichnen zu können (beachten Sie: *die Restklemmkraft ist gegeben*). Dabei sind die auftretenden Lasten auf die Schraube konservativ abzuschätzen. Beginnen Sie hierfür mit der Überlegung, wann die Restklemmkraft minimal wird.

d) Wege für's Verspannungsschaubild (1,5 Punkte) Bestimmen Sie die maximalen Wege, um die die Schraube gedehnt (f_{Smax}) und die Platte gestaucht wird (f_{Pmax}). Bestimmen Sie weiterhin den Weg, den die maximale Betriebskraft F_{Ao} verursacht. *Hinweis: Überlegen Sie sich, ob die Betriebskraft weg- oder kraftgleich wirkt!*

e) Verspannungsschaubild (3 Punkte) Zeichnen Sie ein maßstäbliches Verspannungsschaubild. Verwenden Sie dafür das gegebene Diagramm in Abbildung 2.2 unter Beachtung des gegebenen Maßstabs. Einzuzeichnen sind die folgenden Kräfte: F_{Mmax} , F_Z , F_{Ao} .

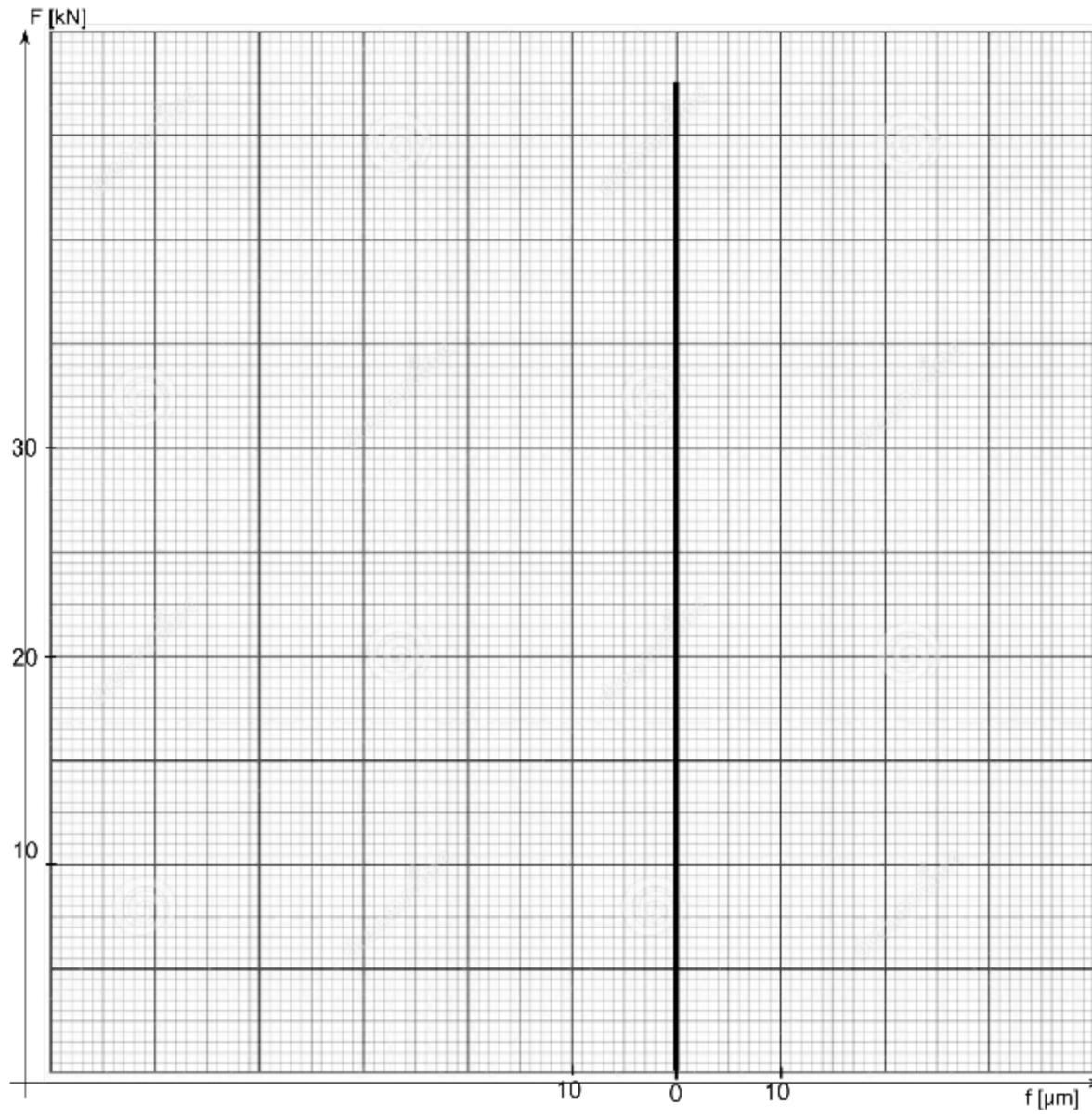


Abbildung 2.2: Verspannungsschaubild

f) Sicherheit gegen Dauerbruch (2,5 Punkte) Gehen Sie nun davon aus, dass die Schaftschraube durch die Dehnschraube (rechts in Abb. 2.1) ersetzt wurde. Alle bisher berechneten Größen bleiben erhalten. Falls erforderlich, sind der Tailendurchmesser d_T und der Spannungsdurchmesser d_S oben gegeben. Gesucht ist die Sicherheit gegen Dauerbruch, wenn die Betriebskraft F_A wie gehabt zwischen 4 und 16 kN anschwilt. Rechnen Sie mit der gegebenen zulässigen Amplitudenspannung $\sigma_{a,zul}$.

3 Ventilfeder (12,5 Punkte)

Für das Tellerventil einer Pumpe soll eine zylindrische Schrauben-Druckfeder berechnet werden, siehe Abbildung 3.1. Bei geschlossenem Ventil soll die Feder mit F_{zu} belastet werden, bei offenem mit F_{off} . Der Hub zwischen den beiden Zuständen wird mit s_h bezeichnet.

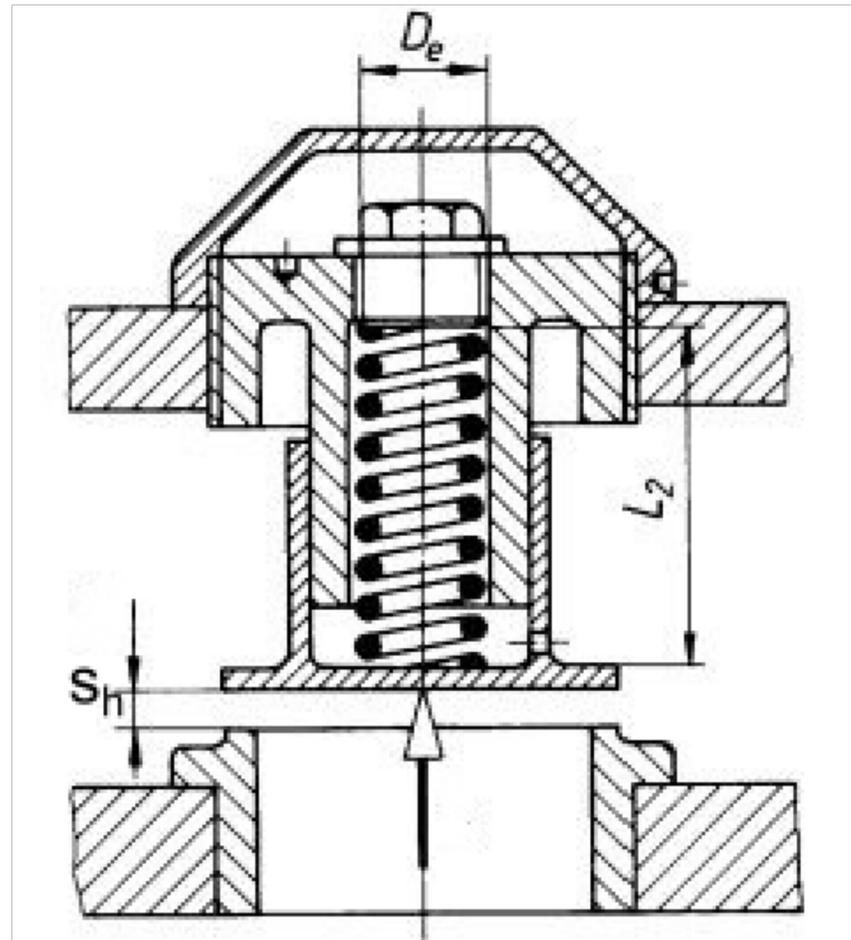


Abbildung 3.1: Ventilfeder für eine Pumpe

Die gegebenen Werte sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Federkraft geschlossenes Ventil	$F_{zu} = 400 \text{ N}$
Federkraft offenes Ventil	$F_{off} = 660 \text{ N}$
Drahtdurchmesser der Schraubenfeder	$d = 4 \text{ mm}$
Außendurchmesser der Schraubenfeder	$D_m = 25 \text{ mm}$
Gesamtwicklungszahl	$i_g = 10,5$
Schubmodul des Federstahls	$G = 79 \text{ GPa}$
Zugfestigkeit des Federstahls	$R_m = 1600 \text{ N/mm}^2$

a) **Federsteifigkeit (1,5 Punkt)** Berechnen Sie die Federsteifigkeit der Ventilfeder.

b) Federweg geschlossen & offen, Nenn-Hubspannung (3 Punkte) Berechnen Sie die Federwege im offenen und geschlossenen Zustand. Bestimmen Sie ferner aus der Hubkraft die Nenn-Hubspannung in der Feder.

c) Korrigierte Nennspannungen (3 Punkte) Berechnen Sie unter Berücksichtigung des k-Faktors die korrigierte Unterspannung und die korrigierte Hubspannung, die durch den Hub in der Feder wirkt. Nutzen Sie dafür das gegebene Diagramm aus Abbildung 3.2.

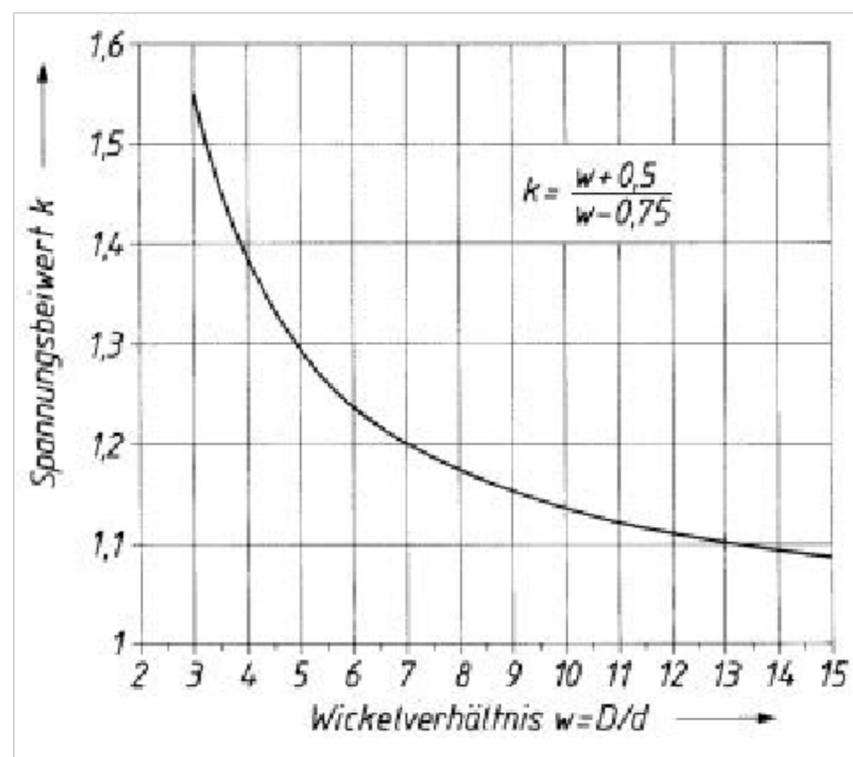


Abbildung 3.2: k-Faktor für dynamisch beanspruchte Schraubendruckfedern

d) Sicher gegen Fließen? (2,5 Punkte) Überprüfen Sie, ob die Fließgrenze der Feder überschritten wird. Rechnen Sie mit der aus dem Tutorium bekannten Formel für duktile Werkstoffe, nach der gilt: $\tau_{zul} = R_m/\sqrt{3}$.

e) **Sicher gegen Dauerbruch? (2,5 Punkte)** Überprüfen Sie, ob die Feder dauerfest ist. Ermitteln Sie dafür die zulässige Hubspannung und verwenden Sie gegebenes Diagramm, siehe Abbildung 3.3.

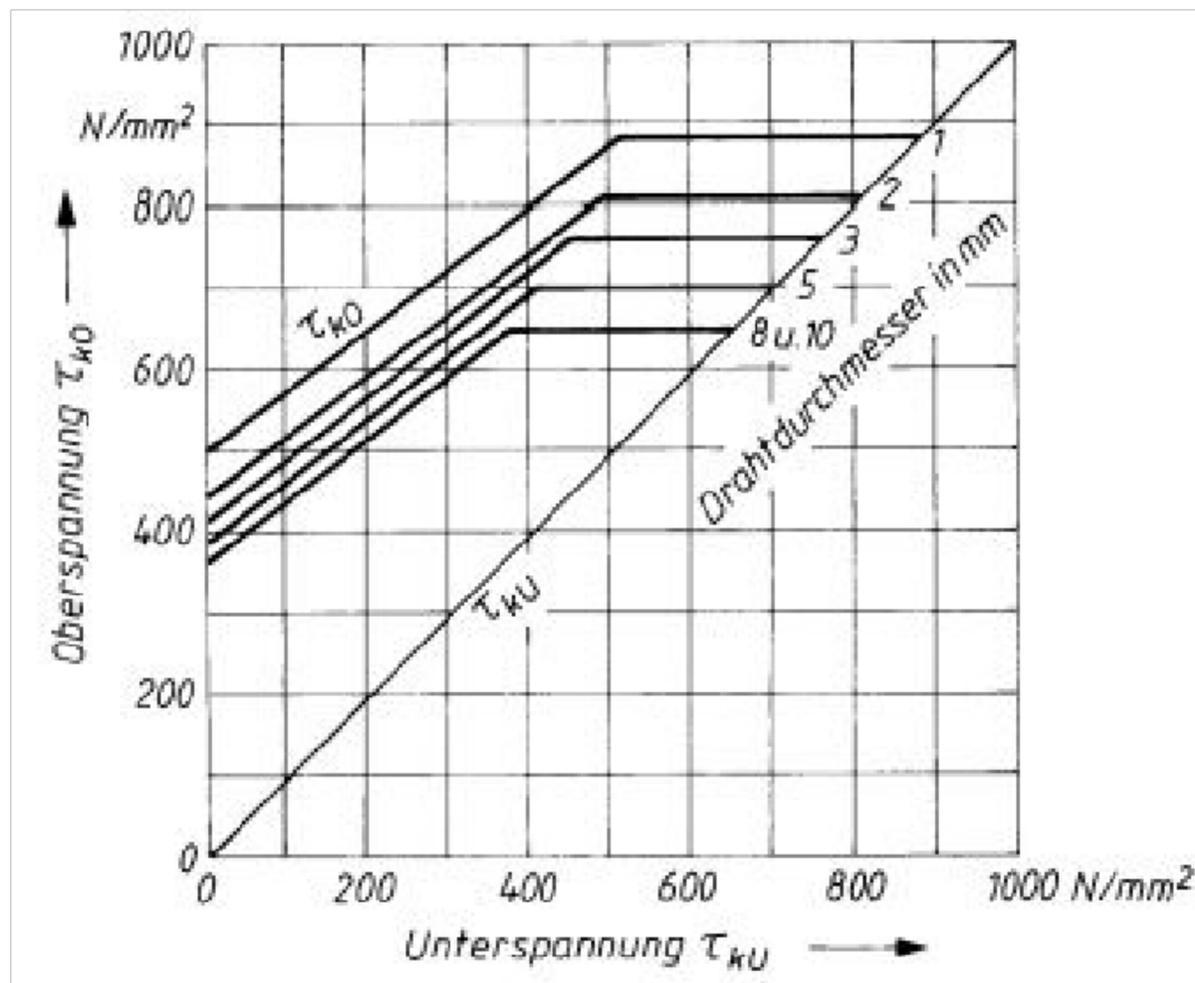


Abbildung 3.3: Dauerfestigkeitsschaubild für Schraubendruckfedern

4 Waschmaschine (12,5 Punkte)

Sie sollen die Festigkeit einer Waschmaschinen-Welle analysieren. Die Welle ist Abb. 4.1 dargestellt. Die Welle ist fest-los gelagert. An ihrem rechten Ende sitzt die Wäschetrommel, die über eine Keilwelle angetrieben wird. Es ist anzunehmen, dass alle äußeren Kräfte in der Mitte der Keilwelle auf die Welle übertragen werden, ferner die Lagerlasten an den markierten Stellen angreifen.

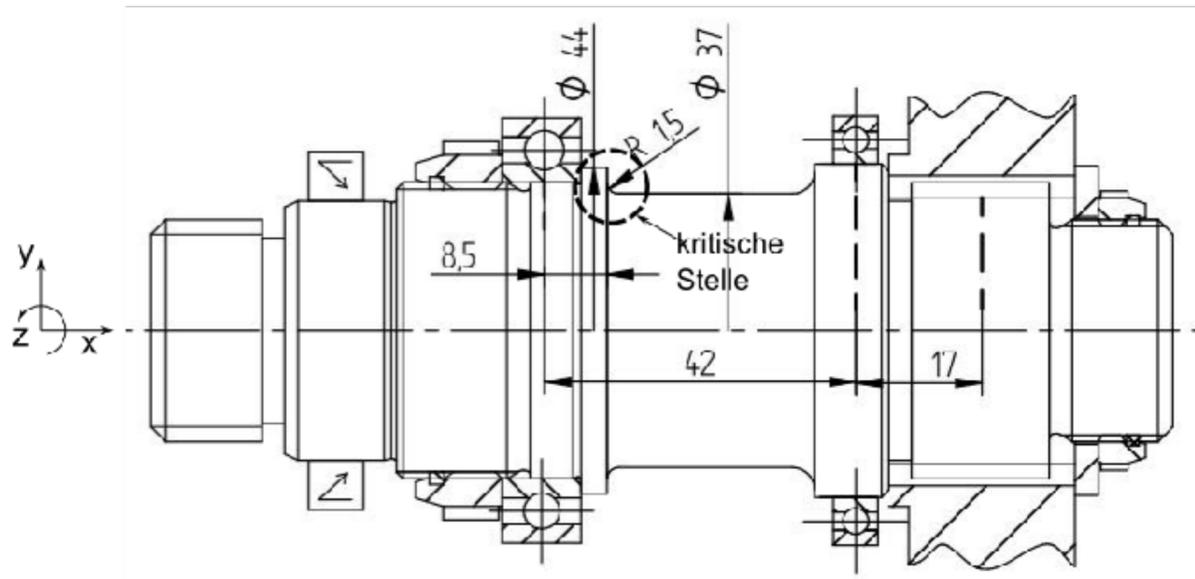


Abbildung 4.1: Waschmaschinen-Welle

Rechnen Sie im Folgenden mit diesen gegebenen Werten:

Drehzahl der Wäschetrommel	$n_T = 500 \text{ U/min}$
Masse der Trommel	$m_T = 20 \text{ kg}$
Masse der Wäsche	$m_W = 5 \text{ kg}$
Trommeldurchmesser	$d_T = 50 \text{ cm}$
Stützziffer	$n = 1,25$

a) Zentrifugalkraft und Gewichtskraft (3 Punkte) Bestimmen Sie die durch die Wäsche wirkende Fliehkraft sowie die Gewichtskraft, die durch Wäsche und Trommel auf die Trommelwelle wirkt.

Welche Last bewirkt eine statische, welche eine dynamische Biegebelastung in der Welle?

b) Biegemomente und Querkräfte (4 Punkte) Zur Berechnung der Schnittlasten sind Ihnen in Abb. 4.2 zwei Freischnitte der Trommelwelle gegeben (unterteilt in statische und dynamische Belastungen). Die Lagerlasten sind Ihnen unterhalb der Freischnitte ebenfalls gegeben.

Bestimmen Sie *qualitativ* den Verlauf der Biegemomente um die z-Achse und tragen Sie diesen in die vorgegebenen Diagramme ein, siehe Abbildung 4.3.

Bestimmen Sie ferner die qualitativen Verläufe der Querkräfte, der ebenfalls einzutragen sind.

Beachten Sie das vorgegebene KO-System!

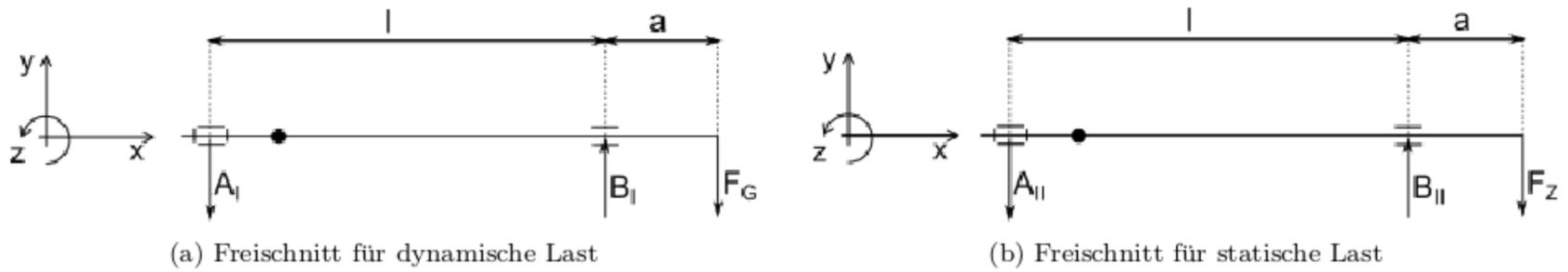


Abbildung 4.2: Freischnitte der Trommelwelle nach Superpositionsprinzip

Gegebene Lagerlasten:

$$A_I = 100 \text{ N}, B_I = 350 \text{ N},$$

$$A_{II} = 1400 \text{ N}, B_{II} = 4800 \text{ N}$$

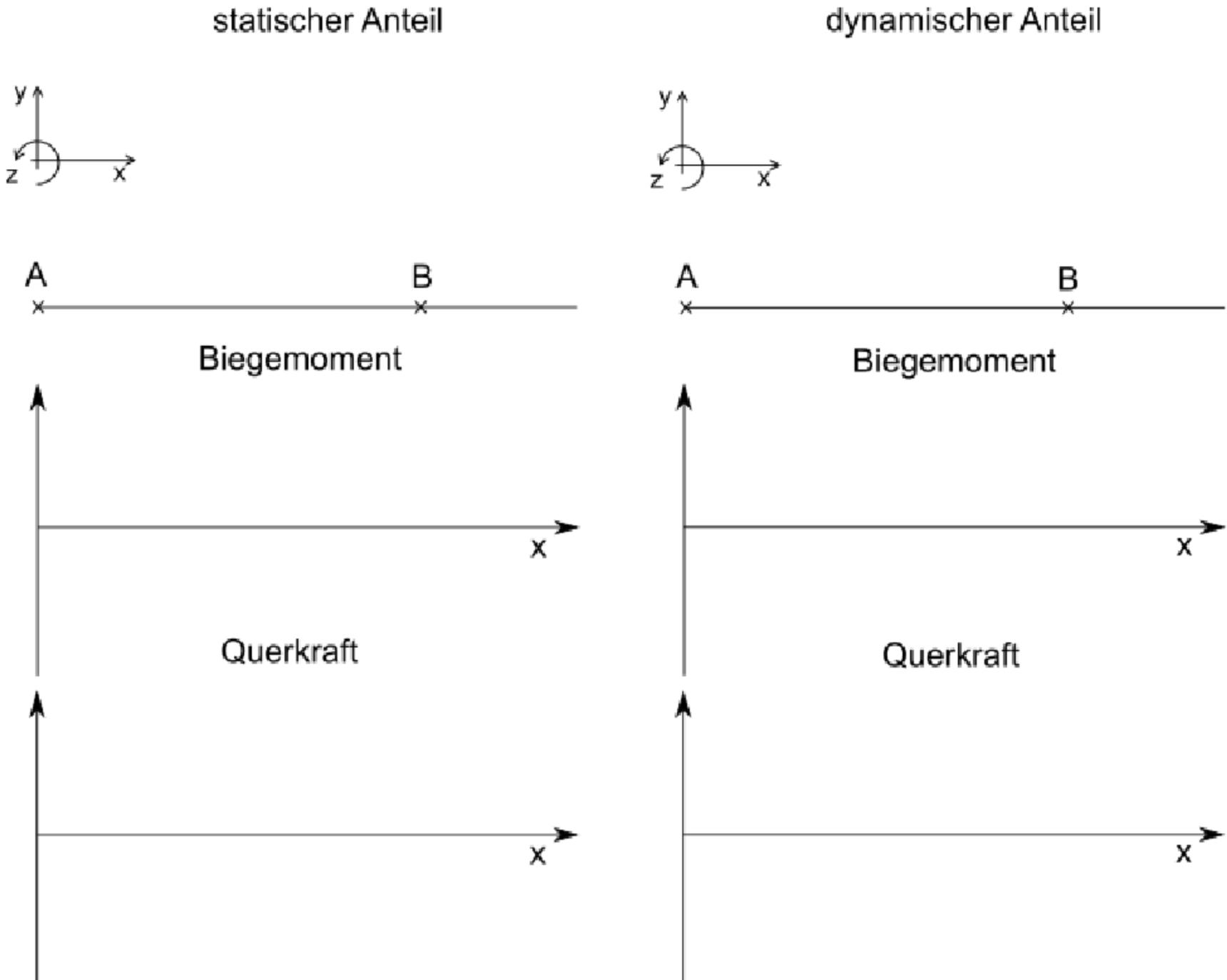


Abbildung 4.3: Schnittlastenverläufe getrennt nach dynamisch und statisch

c) maximale Biegemomente (1 Punkt) Berechnen Sie die maximalen Nenn-Biegemomente (um die z-Achse) je für den statischen als auch den dynamischen Fall.

d) **Nennspannungen an kritischer Stelle (2 Punkte)** Berechnen Sie die Nenn-Biegespannungen an der kritischen Stelle (markiert in der Zeichnung). Die Nenn-Lasten sind Ihnen hierfür bereits gegeben. Unterscheiden Sie dabei bitte zwischen statischer und dynamischer Spannung.

$$M_{ba} = 1 \text{ Nm}, M_{bm} = 12 \text{ Nm}$$

e) **Kerbwirkungszahl und Kerbspannung (2,5 Punkte)** Bestimmen Sie die Kerbwirkungszahl β für die kritische Stelle unter Verwendung der Abbildung 4.4. Berechnen Sie daraus die **dynamische** Biegekerbspannung an selbiger Stelle.

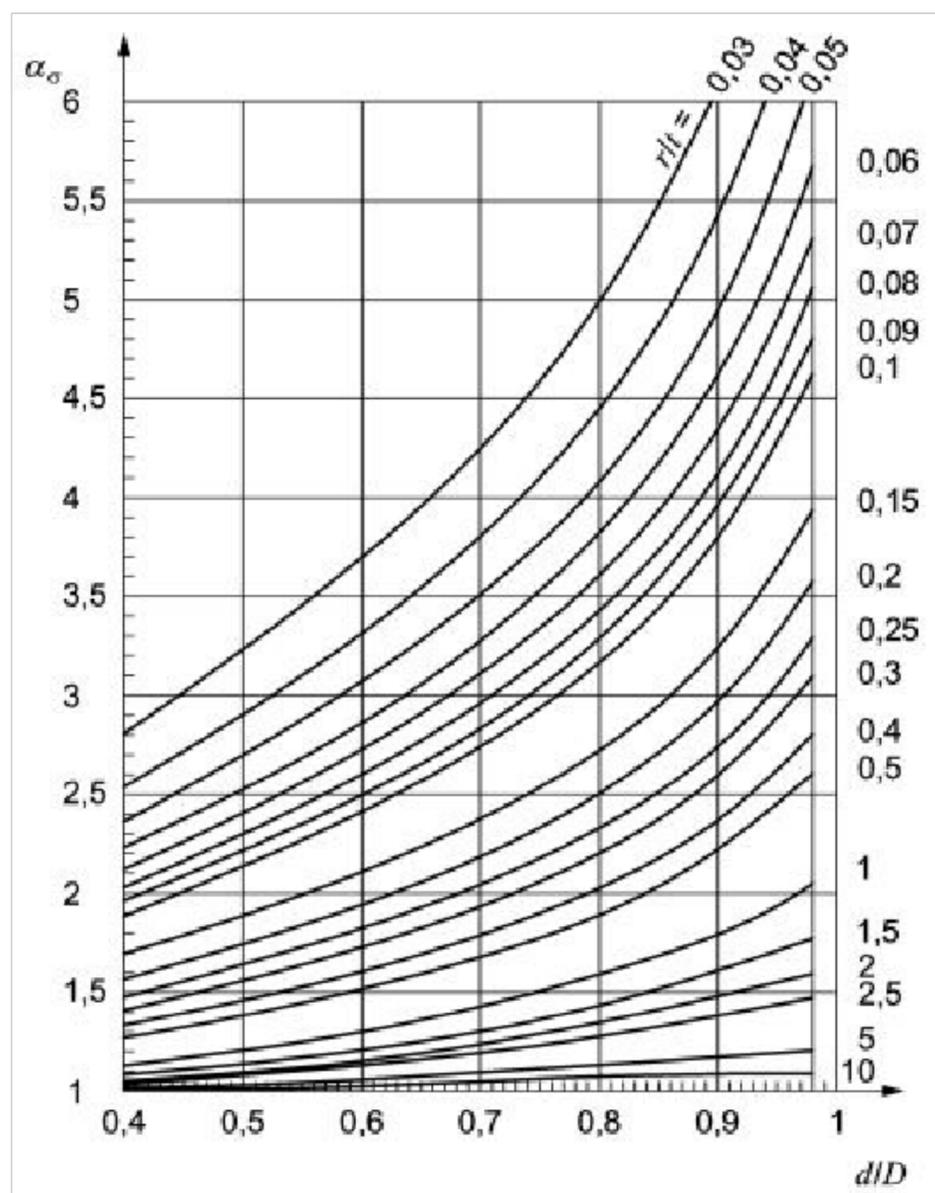


Abbildung 4.4: Stützziffer für Absätze

5 Theoriefragen (10 Punkte)

Zahnräder (3 Punkte)

Wahr-Falsch-Aussagen

1. Der Kopfkreisdurchmesser eines V-Plus-Rades ist identisch mit dem des Nullrades
2. V-Nullgetriebe haben denselben Achsabstand wie ein Getriebe ohne Profilverschiebung
3. Ein Dauerbruch am Zahnrad wird durch eine zu hohe Biegewechselbeanspruchung der Zähne verursacht
4. Bei positiver Profilverschiebung erhöht sich die Zahnfußtragfähigkeit gegenüber V-Null-Rädern

	w	f
1		
2		
3		
4		

weitere Theorie zu Zahnrädern

5. Wodurch wird Fressen an Zahnrädern hervorgerufen?
6. Wo am Zahnrad tritt Grübchenbildung auf?

Festigkeit (2 Punkte)

- Was wird durch den technologischen Größeneinflussfaktor berücksichtigt?
- Was besagt der geometrische Größeneinflussfaktor $K_2(d)$?

Federn (2,5 Punkte)

1. Benennen Sie, auf welche Weise (Zug/Druck, Biegung oder Torsion) die folgenden Federn *beansprucht* werden.
 - Spiralfeder
 - zylindrische Schraubendruckfeder
 - Ringfeder
2. Zeichnen Sie in unten abgebildeten Schnitt durch eine Schraubefeder (Abb. 5.1) den Spannungsverlauf im Draht ein!

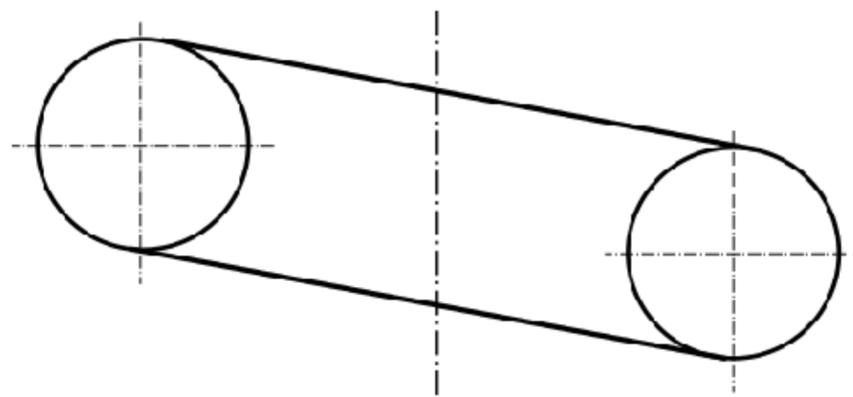


Abbildung 5.1: Spannungsverlauf im Draht einer Schraubefeder

Schrauben (2,5 Punkte)

1. Zeigen Sie mithilfe des Ansatzes $\Phi = \frac{F_{SA}}{F_A}$, dass gilt: $\Phi = \frac{\delta_P}{\delta_S + \delta_P}$.
2. Welche der beiden Anordnungen der Verschraubung (Abbildung 5.2) ist besser geeignet und warum?
3. Durch das Erhöhen welcher Größe lässt sich die Schrauben-Nachgiebigkeit bei einer Durchsteckverbindung erhöhen?

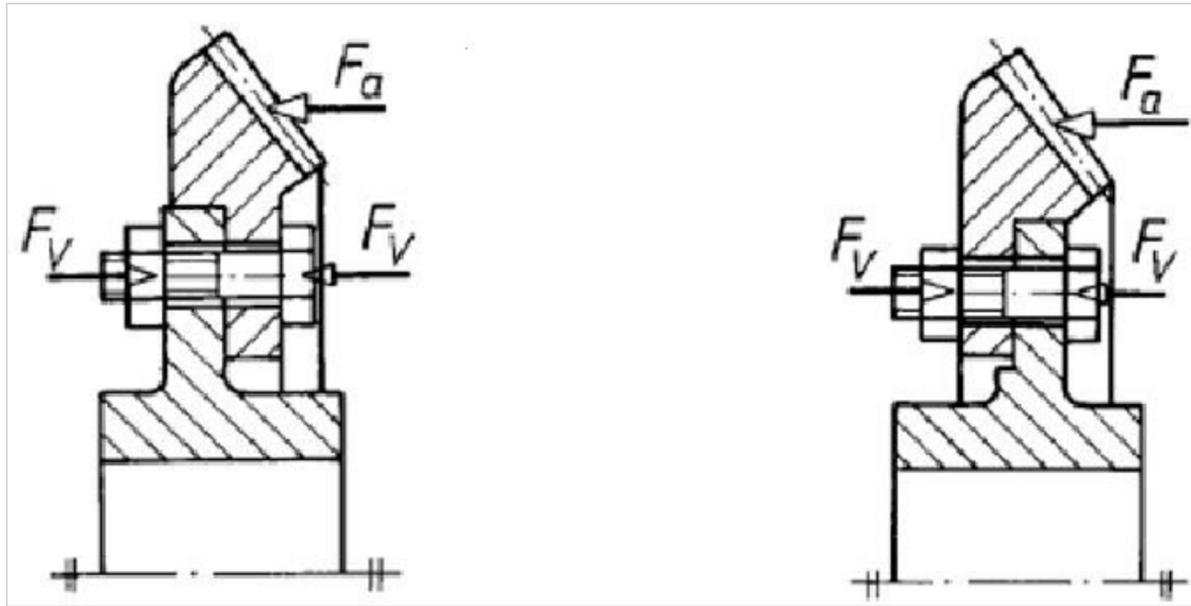


Abbildung 5.2: zwei mögliche Verschraubungen eines Kegelrades