

# Übungsklausur KO2

## Semester 2M

1. Eine Zahnrادpumpe besteht aus einem Gehäuse 2, welches die Zahnräder aufnimmt und aus den Flanschen 1 und 3, die zur Lagerung der Zahnräder und zur Abdichtung nach außen dienen. Diese Teile bestehen aus Grauguß. (E-Modul  $E = 120\,000 \text{ N/mm}^2$ )  
Der Betriebsdruck bewirkt eine schwellende Kraft von  $F = 20 \text{ kN}$ .  
Die Restklemmkraft  $F_{KL}$  beträgt 25% der Betriebskraft.  
Die Setzkraft beträgt 10% der Betriebskraft.  
Die Schrauben werden von Hand angezogen.  
Der Gesamtreibungsfaktor beträgt  $\mu_{ges} = 0,10$ .

$$\text{Es gilt } F_{VM} = K_A (F_{KL} + (1 - \Phi) F_B + F_Z)$$

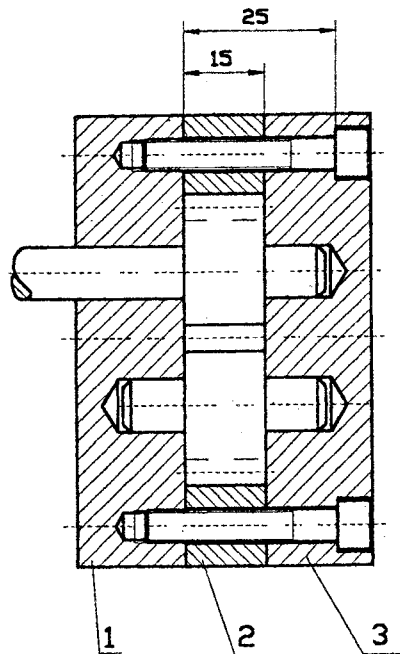
Wählen Sie notwendige Faktoren sinnvoll aus und begründen Sie speziell die Wahl des Faktors  $n$ !

- 1 a) Welche Schraubengröße in Festigkeitsklasse 8.8 kann eingesetzt werden, wenn 6 Schrauben verwendet werden sollen.  
Die Schraube ist als einfacher Zugstab (St) mit Länge  $l_k = 25$  und Querschnitt  $A_N$  zu betrachten, das Bauteil als Hohlzylinder (GG) mit dem Querschnitt  $A_{ers} = 3 A_N$ .

$$\text{Es gilt } \Phi_k = \frac{\delta_r}{\delta_s + \delta_r} \quad \text{und } \delta = \frac{l}{A \cdot E} \quad (\text{allgemein})$$

Überprüfen Sie die Schraube in allen notwendigen Belangen.

- 1 b) Welche Bedeutung hat die Restklemmkraft  $F_{KL}$  bei dieser Verbindung? Warum muß diese vorhanden sein?
- 1 c) Aus welchem Grund muß die Setzkraft  $F_Z$  berücksichtigt werden?



$$\sigma_a = F_a / A_s = \Phi F_B / 2A_s$$

$$\Delta\sigma = \Phi F_B / A_s$$

$$p_{\max} = F_{s\max} / A_p = (F_{sp} + \Phi F_B) / A_p$$

- 1 d) Wie ändert sich die Schraubengröße, wenn die Restklemmkraft bei Auftreten einer Längskraft  $2 \cdot F_B$  zu Null wird und auf das streckgrenzengesteuerte Anziehverfahren übergegangen wird?

$\Phi$ ,  $F_B$ ,  $F_z$  wie zuvor!

Es ist nur  $F_{VM}$  zu berechnen und die Schraubengröße zu wählen!

Grafische Veranschaulichung empfohlen!

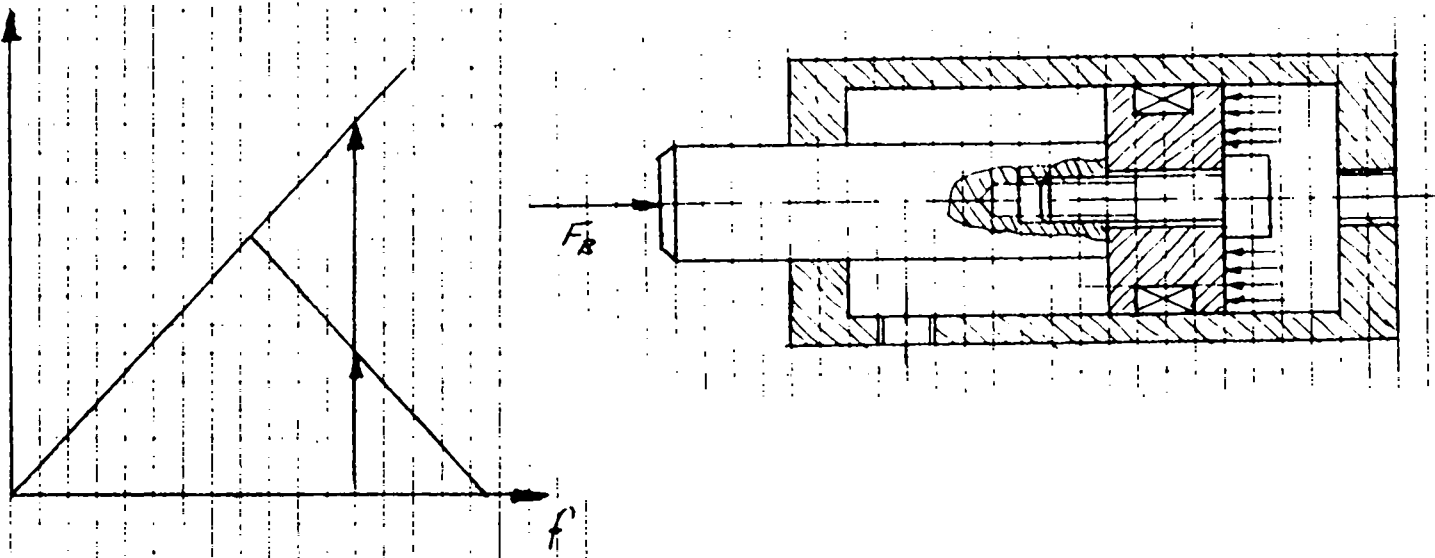
2. Das Berechnungsbeispiel in der Vorlesung behandelte die im Verspannungsdiagramm dargestellten Verhältnisse. (Skizze links)

2 a) Zeigen Sie im Verspannungsdiagramm, welche Verhältnisse sich einstellen, wenn sich Bewegungsrichtung und Krafrichtung am Hydrozylinder umkehren! (Skizze rechts)

2 b) Welchen Grenzfall für die Betriebskraft  $F_B$  würden Sie definieren?

2 c) Welche Überprüfungsrechnungen wären für diese Schraubenverbindung durchzuführen?

2 d) Wo liegt der reale Kraftangriffsanpunkt näherungsweise? Wie wirkt sich dieser im Verspannungsdiagramm aus?



3. 3 a) Welchen Sinn erfüllt eine Dehnschraube prinzipiell?

3 b) Sehen Sie wesentliche Unterschiede zwischen der Version a) und b) der gegebenen Skizze?

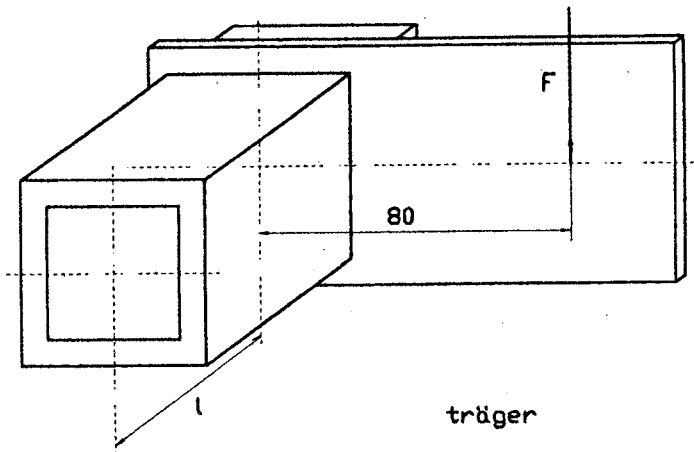
3 c) Welchen Sinn hat die Hülse unter der Dehnschraube bei Version b)?



Bild 27. Dehnschraube in einer Hochdruckflanschverbindung

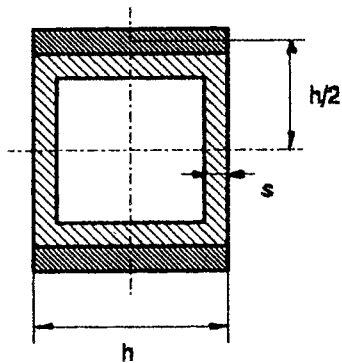
4. 4 a) Welche Länge  $l$  ist bei der dargestellten Schweißkonstruktion noch zulässig, wenn der quadratische Querschnitt über eine geprüfte Stumpfnah mit dem Gegenstück verbunden wird.

Gegeben: S355J2G2  $F = 9 \text{ kN}$ ,  $W_b = 10^4 \text{ mm}^3$   
 (St 52.3) wechselnd  $W_t = 4 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$   
 $A_w = 700 \text{ mm}^2$

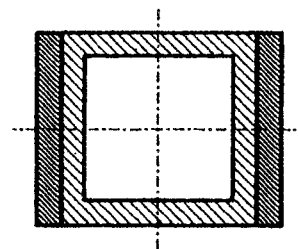


- 4 b) In welchem Fall ist der Zuwachs an Flächenträgheitsmoment größer?

Fall 1



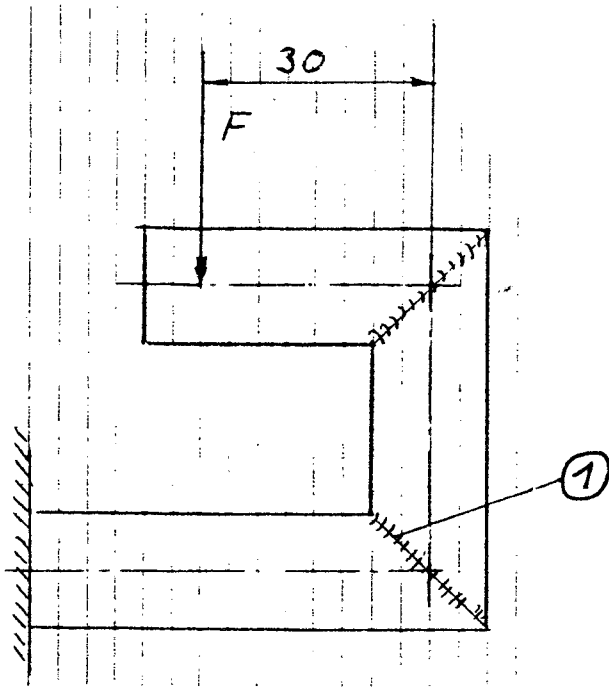
Fall 2



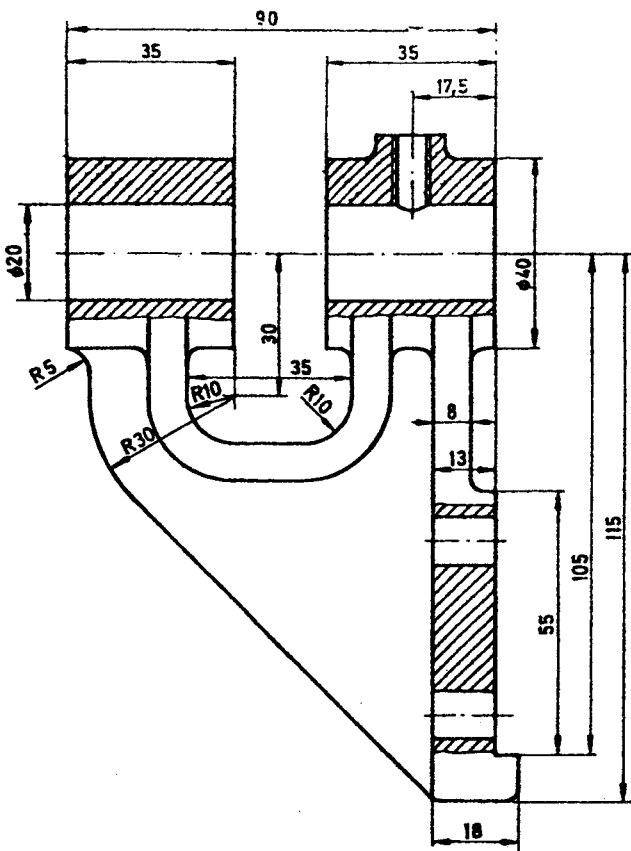
5. 5 a) Welche Belastungen erfährt die Schweißnaht 1 in der dargestellten Konstruktion?

- 5 b) Geben Sie die Vergleichsspannung an!

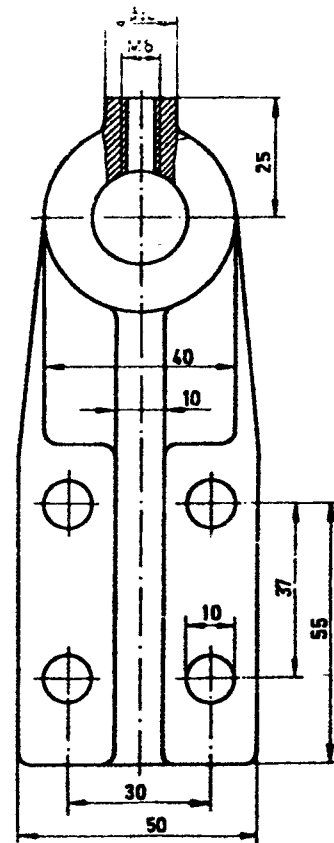
Ggf. notwendige Angaben:  $W_y = 6,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$   
 $W_t = 23 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$   
 $A_w = 860 \text{ mm}^2$   
 $F = 25 \text{ kN}$



6. 6 a) Wie ist das dargestellte Teil als Sandgußteil einzuformen? Geben Sie Teilungsebene, Kerne und Kernmarken an!
- 6 b) Welche Werkstoffe kommen in Betracht? Geben Sie jeweils ein oder zwei wesentliche Auswahlkriterien an!
- 6 c) Ist das Teil als Kokillenteil herstellbar.



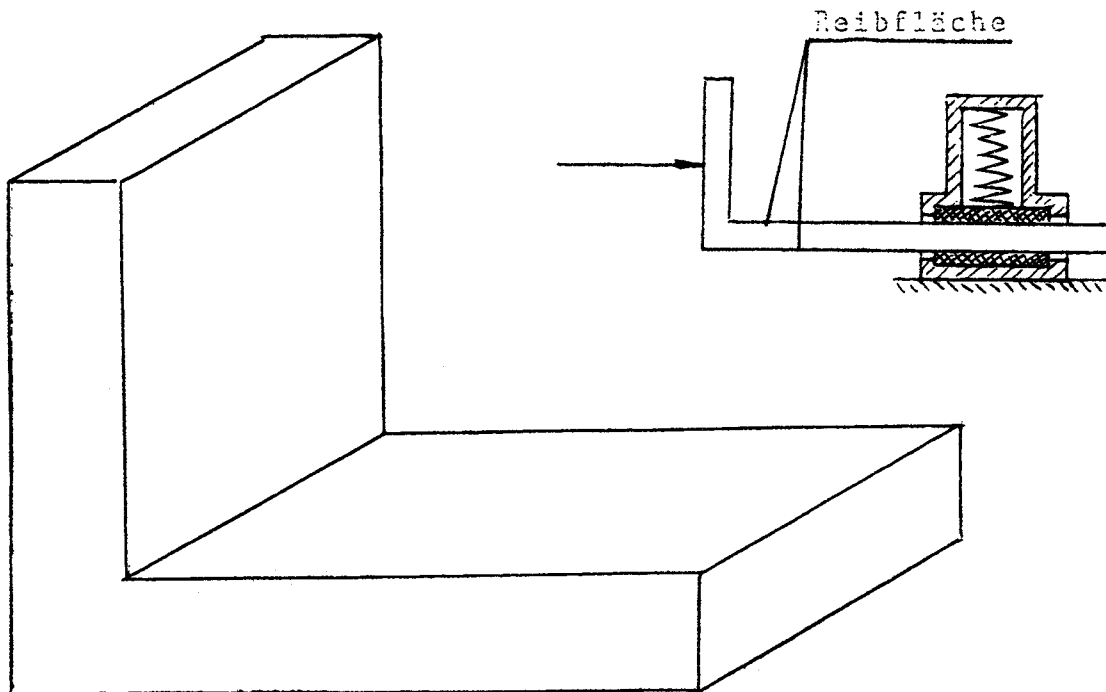
Lagerbock



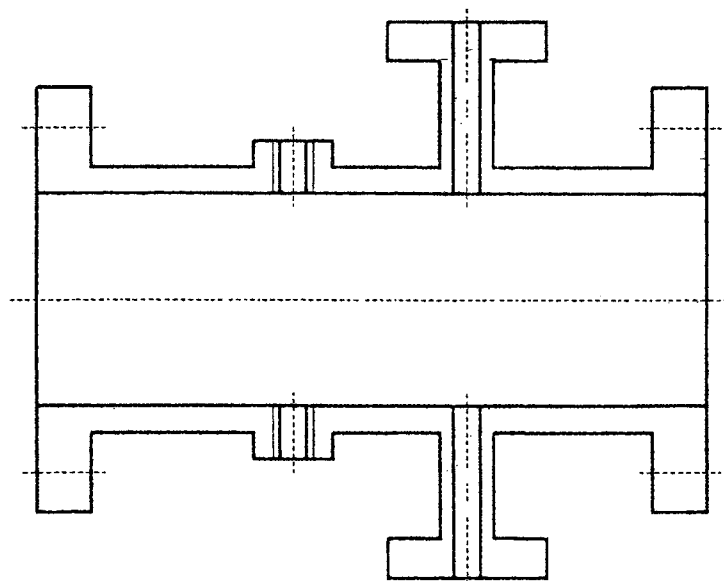
alle nicht bemalten Rundungen  $R=2,5$

7. 7 a) Gestalten Sie das skizzierte Werkstück als Druckguß- oder Spritzgußteil. Die kleinere Abbildung soll zeigen, daß es sich um ein Teil eines Stoßdämpfers nach dem Reibungsprinzip handelt, wie er an Förderbändern eingesetzt werden kann.

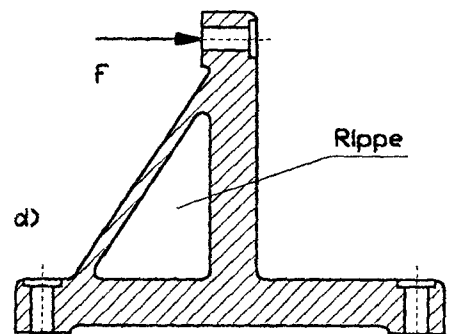
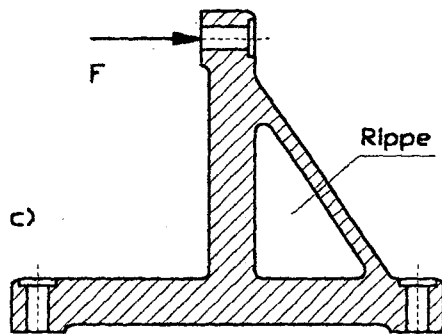
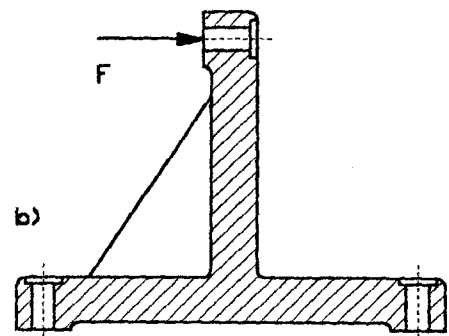
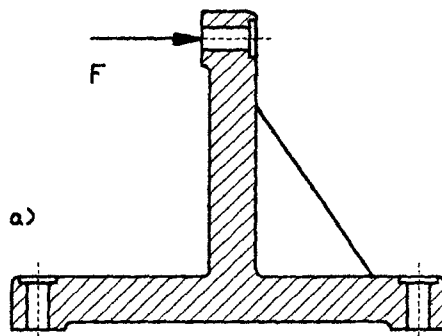
- 7 b) Welche Werkstoffe sind bei Druckguß denkbar?



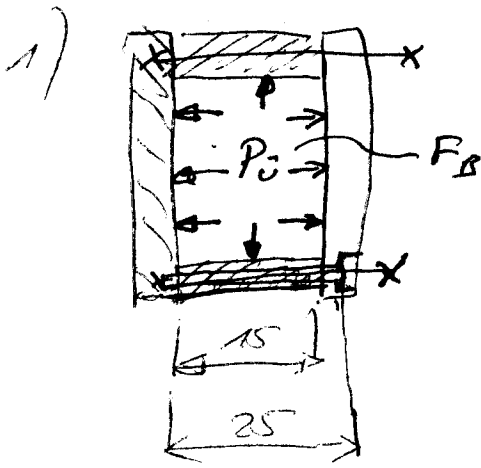
8. Das dargestellte Gehäuse für hohen Innendruck soll als Schweißkonstruktion ausgeführt werden. Stellen Sie oberhalb der Mittellinie eine Version für weniger hohe Anforderungen (einfache, geometrische Elemente) und unterhalb der Mittellinie eine Version für maximale Anforderungen dar!



9. Welche der dargestellten Versionen der Konsole aus GJL können als gusstechnisch vernünftig gestaltet betrachtet werden? Begründung!



03.06.02



a) 6 Schrauben in 88, welche Größe?

Vorwähl der Schraube

$$F_B = \frac{F}{6} = \frac{20}{6} \text{ kN} = 3,3 \text{ kN}$$

TB 8-13 Dyn. axial ~~bis 4kN~~  
bis 4kN  $\rightarrow$  Schraube M8

Alternative

$$F_{VM} = k_A (F_{U1} + (1 - \Phi) F_B + F_2)$$

$$= 4,0 (0,25 \cdot 3,3 + (1 - 0,3) \cdot 3,3 + 0,3 \cdot 3,3)$$

$\neq$  geschildert  $\leftarrow$

$$F_{VM} = 4,0 \cdot 1,05 \cdot 3,3 \text{ kN}$$

$$F_{VM} = 14 \text{ kN}$$

TB 8-14  $\mu_{\text{gas}} = 0,1$

$\rightarrow$  M8 erforderlich

Berechnung von  $\Phi_k$  bzw  $\Phi$

$$\Phi_k = \frac{\sigma_T}{\sigma_s + \sigma_T}$$



$$\sigma_S = \frac{L_S}{A_N \cdot E_{St}}$$

$$= 2,37 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\sigma_T = \frac{L_T}{3A_N \cdot E_{St}}$$

$$= 1,33 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\Phi_k = \frac{1,33}{1,33 + 2,37} = 0,37$$

\* Bauteilhöhe = Kleinnlänge = 25 mm

$$\Phi = n \cdot \Phi_k$$

↳ Krafteinleitungsebene:

Wieviel % des Bauteils verlieren Vorspannung, wenn  $F_B$  angreift.

Gehäuse (15 mm) entspannt sich. Deckel überträgt  $F_B$  unter den Schraubkopf, bleibt unter höherer Vorspannung.

$$\Rightarrow h = \frac{15}{25} \left( = \frac{n \cdot l_k}{l_k} \right)$$

$$\text{mit } \Phi = n \cdot \Phi_k = 0,4 \cdot 0,37 = 0,148$$

$$F_{VM} = K_A \left( F_{Kl} + (1 - \Phi) \cdot F_B + F_Z \right)$$

$$F_{VM} = 4,0 \cdot 3,3 \left( 0,25 + (1 - 0,148) + 0,1 \right) \text{ kN}$$

$$F_{VM} = 15 \text{ kN}$$

Aus TB 8-14 M8

$$F_{SP} = 17,9 \text{ kN für } \mu_{ges} = 0,1$$

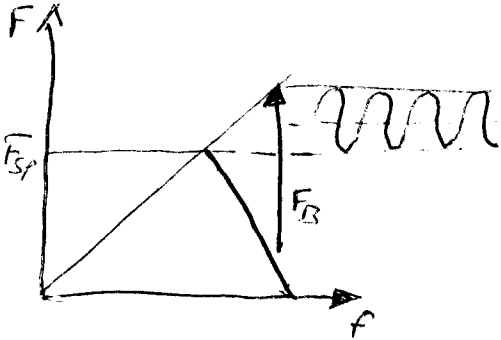
Überprüfung

dyn Belastung zulässig?

$$\bar{\sigma}_0 = \pm \frac{F_0}{A_s} = \pm \frac{\bar{\Phi} F_B}{2 A_s} = \frac{0,22 \cdot 33 \cdot 10^3}{2 \cdot 36,64} = \frac{1238}{1238} = 1$$

$$= \pm 40 \text{ N/mm}^2$$

$$\bar{\sigma}_A = \bar{\sigma}_{zul} = \pm 40 \text{ bis } 50 \text{ N/mm}^2$$



Durch  $M_{sp} \sim F_{sp}$  ist die Schraube in der Regel auf 0,9  $R_{p0,2}$  vorgespannt. Daher sollte  $\bar{\Phi} \cdot F_B$  max 0,1  $R_{p0,2}$  entsprechen.

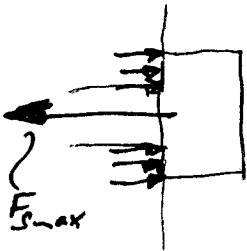
$$\Delta \bar{\sigma} = \frac{\bar{\Phi} \cdot F_B}{A_s} \approx 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Delta \bar{\sigma}_{zul} = 0,1 R_{p0,2} = 0,1 \cdot 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{TB } 8-14$$

Pressung:

$$p_{max} = \frac{F_{s,max}}{A_p} = \frac{E_p + \bar{\Phi} F_B}{A_p} \quad A_p = 55,8 \text{ mm}^2$$

$\rightarrow$  TB 8-9



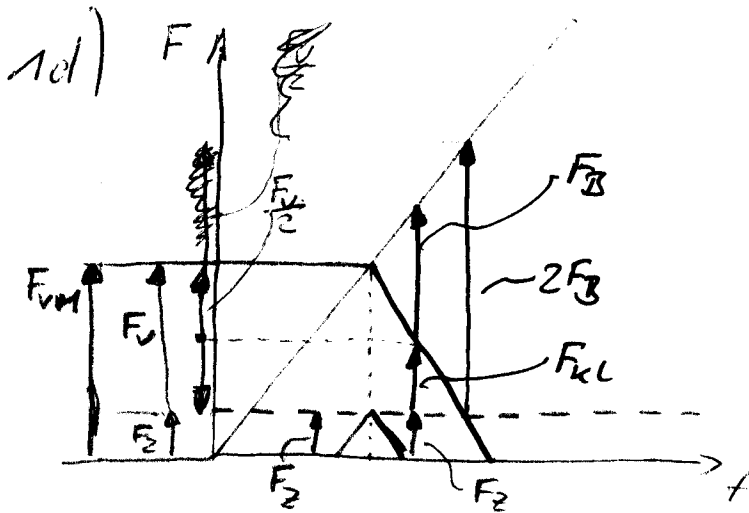
$$p_{max} = 333 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

TB 8-10

$$GJL 150 \quad P_g = 600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

O.K.

- 1b)  $F_{kl}$  ist hier die Dichtkraft  
 1c) Setzkraft  $F_2$  ist eine Vorspannkraftverlust,  
 der  $F_{kl}$  verringert



$$F_{VM} = k_A \left( \frac{F_{kl}}{2} + (1-\phi) F_B + F_2 \right)$$

1)  $F_{VM} = 10 \left( \frac{F_{kl}}{2} + (1-\phi) F_B + 0,1 \cdot F_B \right)$

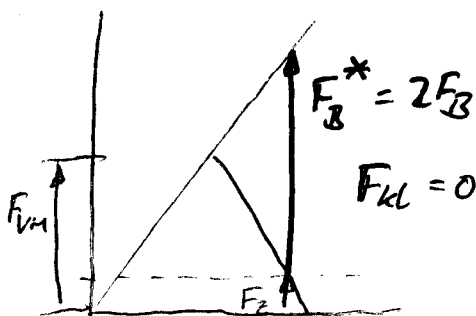
2)  $F_{VM} = F_V + F_2 \rightarrow F_V = F_{VM} - F_2$

2) in 1) und nach  $F_{VM}$  auflösen

$$\Rightarrow F_{VM} = 5,5 \text{ kN}$$

$$TB \ 8-14 \Rightarrow MS \ 88$$

oder einfach

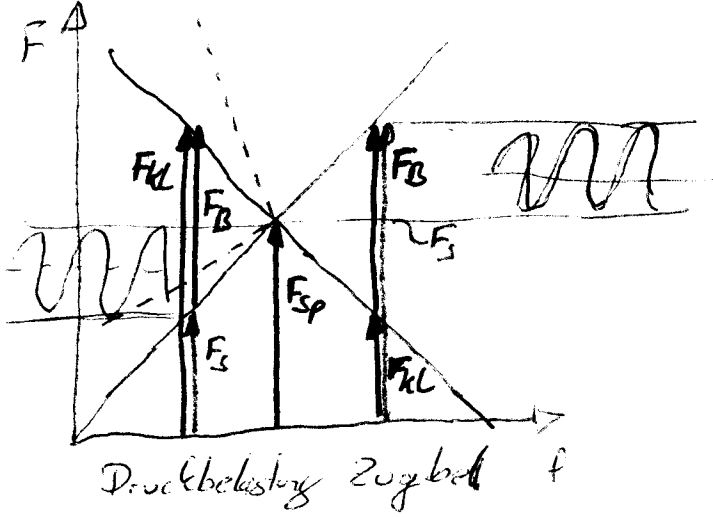


$$F_{VM} = k_A \left( \underbrace{F_{kl}}_{=0} + (1-\phi) \cdot \underbrace{F_B}_{\rightarrow F_B^* = 2F_B} + F_2 \right)$$

$$F_{VM} = 10 \left[ (1-\phi) \cdot 2F_B + 0,1 F_B \right] = 5,5 \text{ kN}$$

K02 2a) F A

03.06.02



2b) In der Schraube sollte eine „Restschraubkraft“ ~~verbleibe~~  $F_S$  verbleibe: kein Spalt zwischen Schraubenkopf und Bauteil:

10.06.02

2c) Überprüfung von  $\pm G_0$

$\pm F_0$  ist genauso groß wie bei  $F_B$  als Zugkraft?

Überprüfung von  $\Delta G$

(weniger als  $0,1 R_{p0,2}$ ?)

Nicht nötig. Schraube wird entlastet,  $F_S < F_B$

Evtl. müsste das Bauteil überprüft werden, ob

$F_{KL}$  zulässig ist

Überprüfung der Pressung  $P_0$

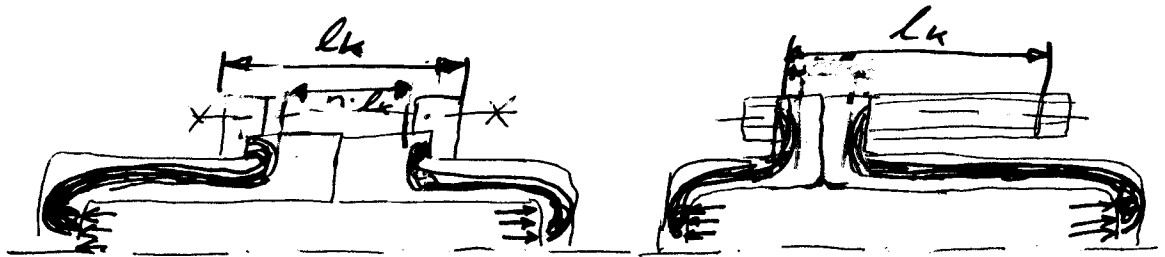
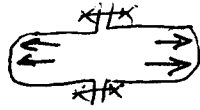
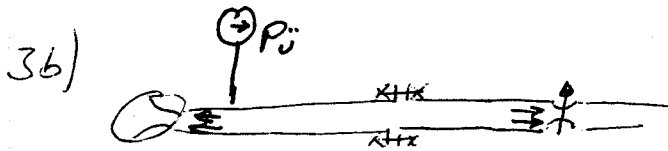
Evtl. unter Schraubenkopf mit  $F_{m0}$  und zwischen Kolben und Stange mit  $F_{KL}$ .

2d) Fragestellung umdrehen:

„Wieviel % des Bauteiles bleibe gespannt, wenn  $F_B$  auftritt?“

$\rightarrow n \cdot l_n$

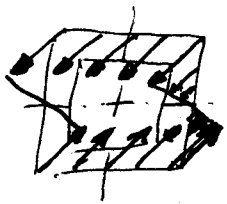
3a) Dreherschraube (jede lange Schraube) senkt die dynam. Belastung  $\pm F_0$  und hält die Restklemmkraft bei Setzerscheinungen auf einem höheren Wert



$n$  ist gestrige  
 $\rightarrow \pm \sigma_0$  kleiner

zu 3c)

4) a) Belastung des Querschnittes



Biegung

$$\sigma_{wb} = \frac{M_b}{W_{wb}} = \frac{F \cdot l_{zul}}{W_{wb}}$$

$$\sigma_{wb} = \sigma_I$$

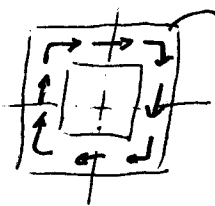
$$\tau_{wt} = \tau_{II}$$

Torsion

$$\tau_{wt} = \frac{M_t}{W_{wt}} = \frac{F \cdot 80 \text{ mm}}{W_{wt}}$$

$$\tau_{wt} = \frac{3000 \cdot 80}{4 \cdot 10^4} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{wt} = 18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

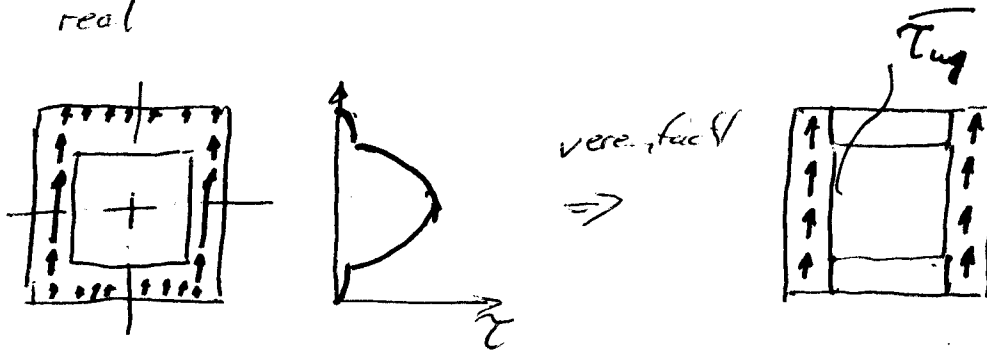


K02

Schub:

real

10.06.02



$$\bar{\tau}_{\text{ug}} = \frac{F}{0,5 A_w} = \frac{9000 \text{ N}}{350 \text{ mm}^2} = 26 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

↑ Nur die senkrecht stehende  
Flächen als tragend einsetzen

$$\bar{\tau}_{\text{ug,net}} = 1,5 \bar{\tau}_{\text{ug}} = \cancel{39} 39 \text{ N/mm}^2 \text{ in der neutralen Faser}$$

$l_{\text{zul}}$  ist so zu definieren, daß die Vergleichs-  
spannung (als fiktive Normalspannung) den  
zulässigen Wert einhält.

nach ISO

$$\sigma_{\text{wv}} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\parallel}^2}$$

$$\sigma_{\text{wv,zul}} = \sqrt{\sigma_{\text{wv,zul}}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\text{wv}}^2}$$

↳ hier Linie B gewählt  
(zu 100% geriffelt)

$$k = -1 \text{ (weibsch)}$$

$$\sigma_{\text{wv,zul}} = \pm 110 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ TB 6-13}$$

$$\sigma_{\text{wv,zul}}^2 = \left( \frac{F \cdot l_{\text{zul}}}{W_{\text{ub}}} \right)^2 + 1,8 \tau_{\text{wv}}^2$$

$$\Rightarrow l_{\text{zul}} = 100 \text{ mm}$$

Zusatzfrage:

Ist die Tangentialspannung zulässig?

Diese ist in der neutralen Faser maximal

$$\begin{aligned}\tau_{\text{max}} &= \tau_{\text{int}} + \tau_{\text{wg max}} \\ &= 18,39 \frac{\text{N}}{\text{mm}} = 57 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\end{aligned}$$

Es gilt Linie 4  $\tau_{\text{zul}} = \pm 67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$   
 $k = -1$

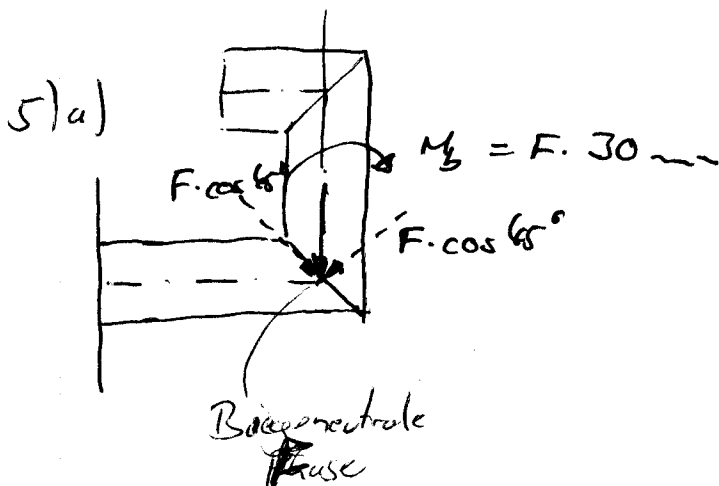
4b) Fall 1

$$\Delta J_y = 2 \left( \frac{h a^3}{12} + h a \frac{h^2}{4} \right)$$

besser als  
Fall 2

Fall 2

$$\Delta J_y = 2 \cdot \frac{a h^3}{6}$$



Rendfaser

Biegespannung  $\sigma_{\text{wb}} = \frac{F \cdot 30 \text{ mm}}{W_{\text{wb}}}$

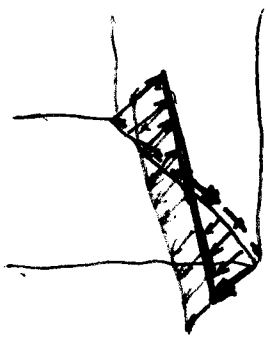
$$\sigma_{\text{wb}} = 109 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Druckspannung:  $\sigma_{\text{wd}} = \frac{F \cdot \cos 45^\circ}{A_{\text{in}}}$

$$\sigma_{\text{wd}} = 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

K02

006.02  
zusatz



$$\sigma_w = \sigma_{wb} + \sigma_{wd}$$

schub außen

$$\tau_{wg} \rightarrow 0$$

Neutrale Faser  $\sigma_{wb} = 0$

Druckspannung:  $\sigma_{wd} = 21 \text{ N/mm}^2$

Schub  $\overline{\tau_{wg}} = \frac{F \cdot \cos 45^\circ}{A_w}$

$$\tau_{wg} = 21 \text{ N/mm}^2$$



$\tau_{wg, \text{max}}$  ist größer!

$$\tau_{wg, \text{max}} \approx 1,5 \overline{\tau_{wg}}$$

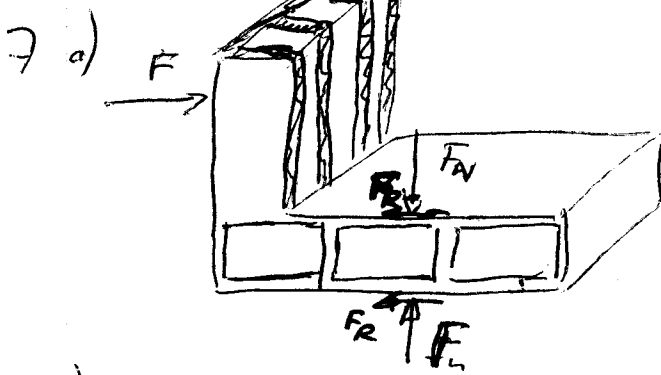
$$\tau_{wg, \text{max}} = 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_w = \sqrt{\sigma_{wd}^2 + 1,8 \tau_{wg, \text{max}}^2} = \underline{\hspace{2cm}} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

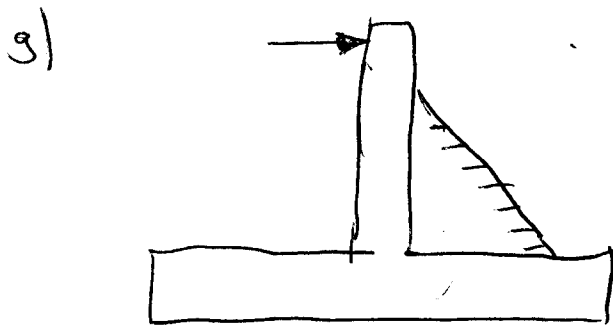
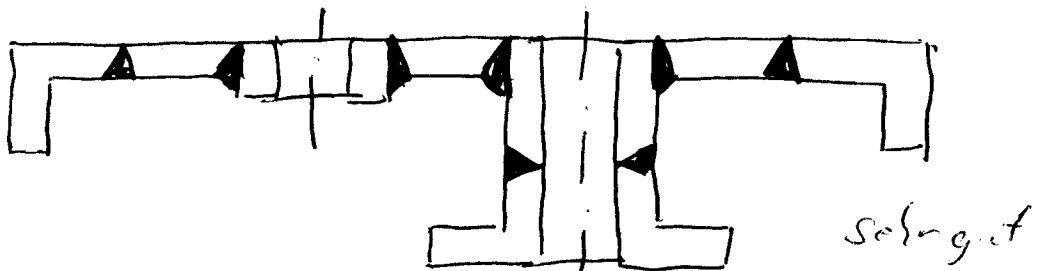
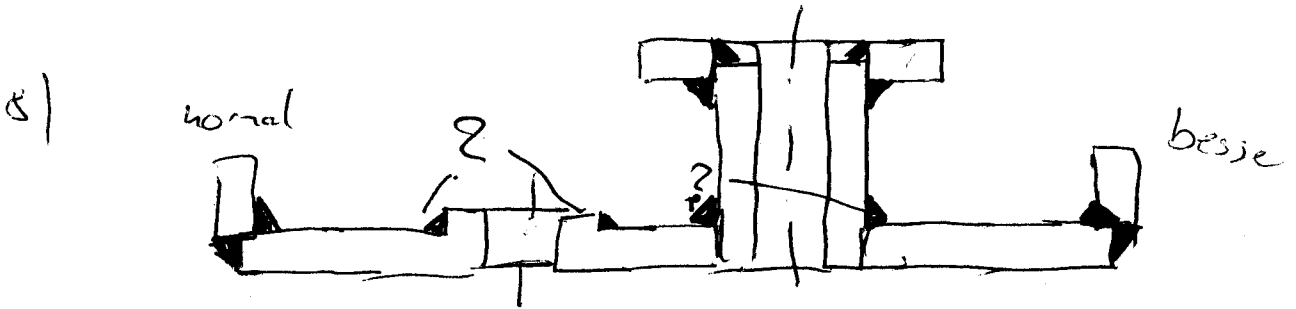
- 6 b) GJL gut bearbeitbar. Kostengünstig
- GJS Stahlähnlich, rel. gut bearbeitbar
- G Temperguß  $\rightarrow$  maßhaltige Kleinteile
- G Stahlguß: hohe E-Modul Hohes A
- G-Al gut bearbeitbar, leicht, kostengünstig  
rel. korrosionsbeständig
- G-Mg besonders leicht

6c) Zierkerne für alle Bohrungen möglich  
 $\rightarrow$  Vollkohlle, keine Sandkerne nötig





- b)
- GD - Al ...
  - GD - Mg ... sehr leicht
  - GD - Zn ... besonders maßhaltig



$$G_{d2L} = 3 G_{22L}$$

bei GJL  $\nabla$   
 Druckbelasteter Rippe  
 ist sanft

Beispiel a)