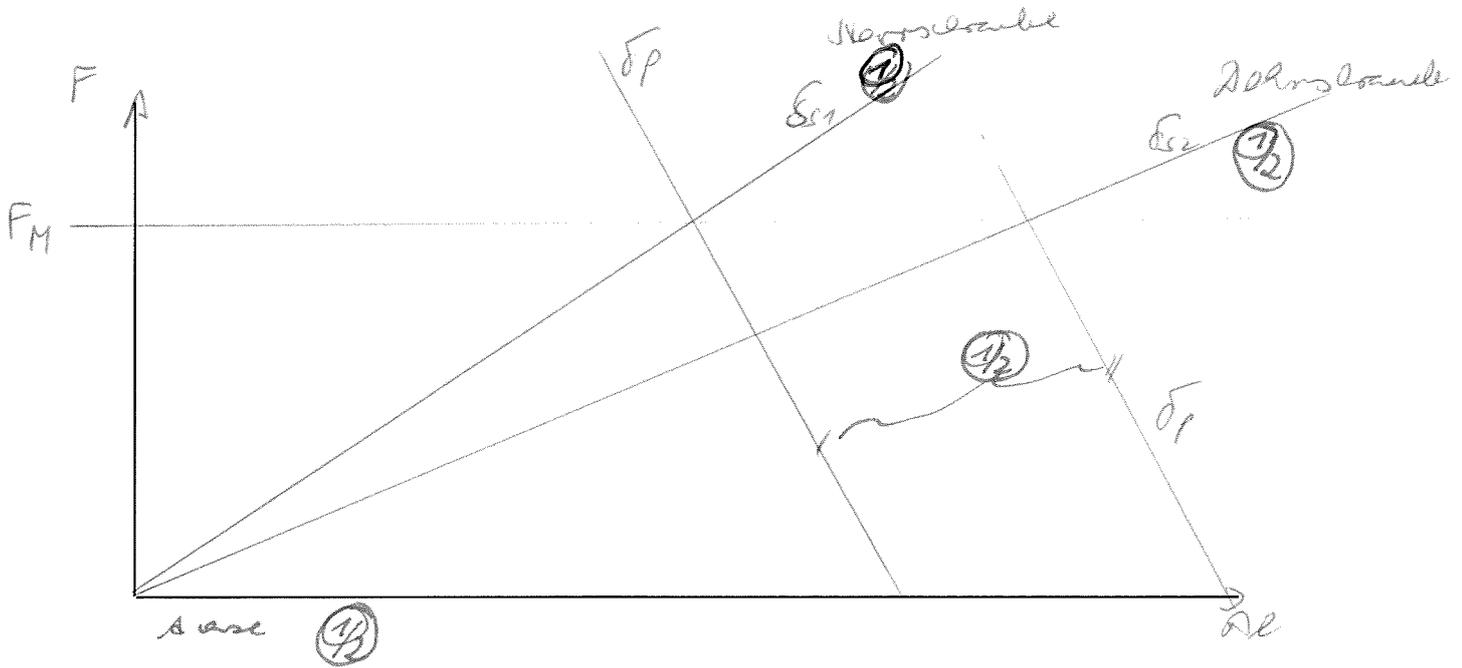


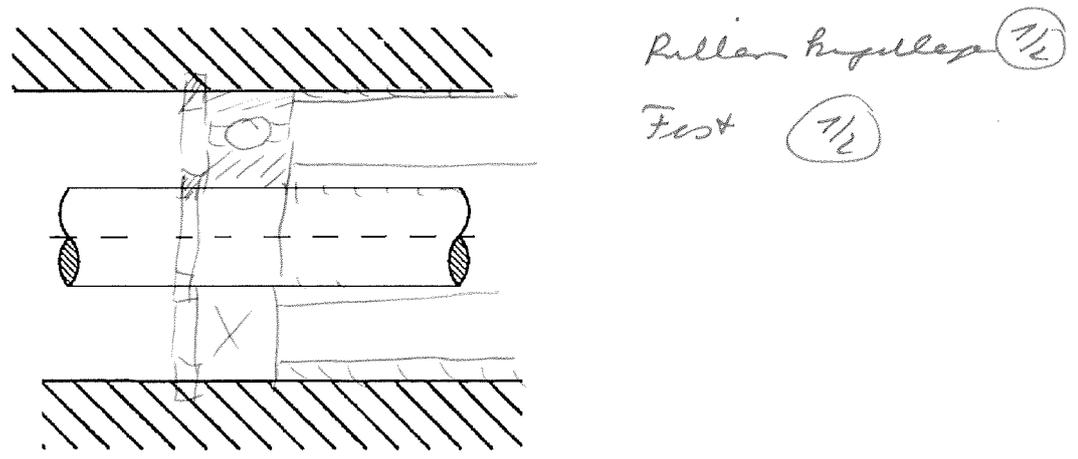
1. Zeichnen Sie die Verspannungsschaubilder für eine Starschraubenverbindung und eine Dehnschraubenverbindung unter gleicher Montagevorspannkraft und Flansch-nachgiebigkeit! Beschriften Sie Ihre Darstellung und die Achsen!



2. Benennen Sie die vier Grundbeanspruchungsarten und geben Sie die dazugehörigen Formeln für die Berechnung der jeweiligen Spannung an!

Zug / Druck	$S_{zd} = \sigma_{z,d} = \frac{F}{A}$	(1/2)
Biegung	$S_b = \sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$	(1/2)
Shear	$\tau_s = \tau_s = \frac{F}{A}$	(1/2)
Torsion	$\tau_t = \tau_t = \frac{M_t}{W_t}$	(1/2)

3. Zeichnen Sie ein Rillenkugellager als Festlager in die untere Skizze ein!

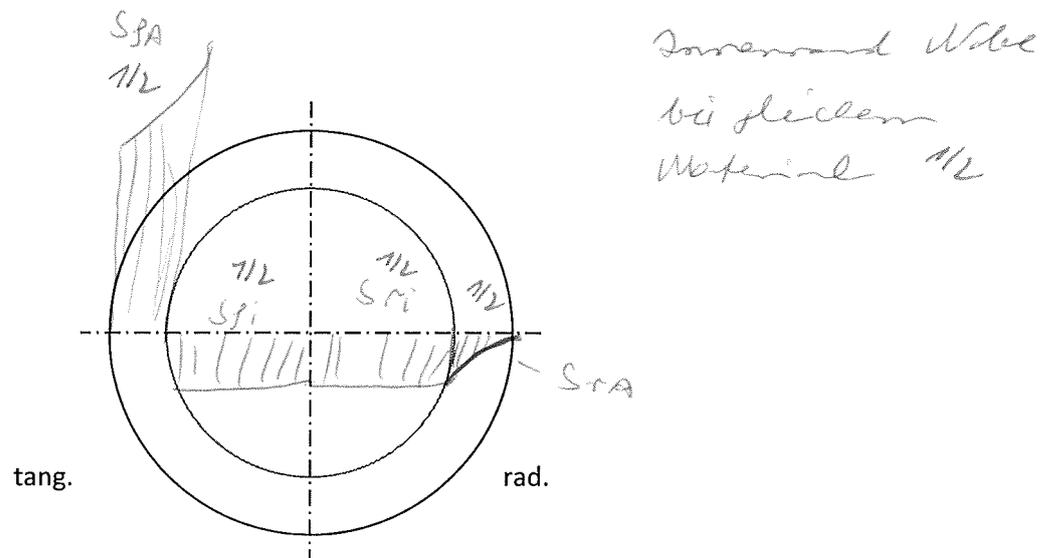


4. Als Welle/Nabe Verbindung möchten Sie einen Pressverband fertigen. Die Nabe ist bereits mit der Passung H7 geliefert. Für die Welle ist die Zeichnung noch anzufertigen. Welche Passung sollten Sie zur Funktionserfüllung aus nachfolgenden Möglichkeiten auswählen? Bitte begründen Sie!

f6	S7	r6	g4	T8
		X $\frac{1}{2}$		

Begründung: Welle \Rightarrow ~~klein~~ Kleinbuchstabe $\frac{1}{2}$
 Alphabet \Rightarrow h

5. Skizzieren Sie die Spannungsverläufe für eine Pressverbindung mit Vollwelle! Wo liegt die kritische Stelle?

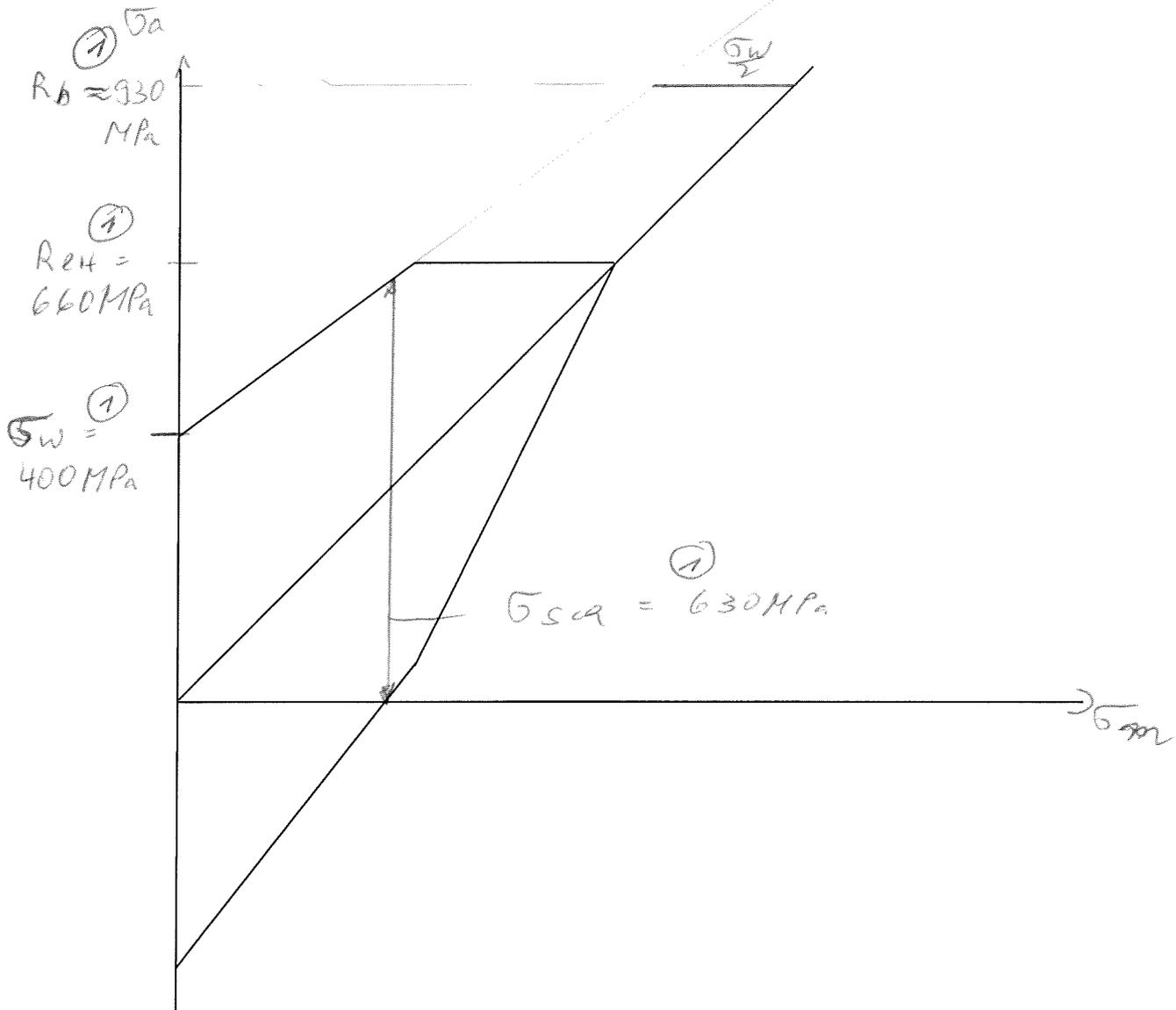


6. Nennen Sie jeweils zwei Beispiele für Form- und Stoffschlüssige Verbindungen!

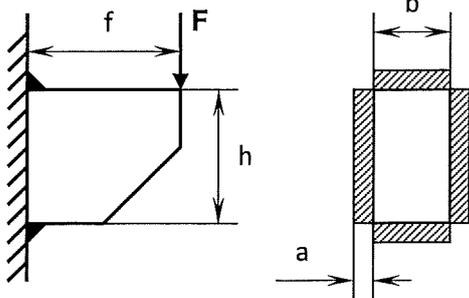
Formschlüssig: Nieten, Bolzen, Peßfeder, Stifte $\frac{1}{2}$

Stoffschlüssig: Löten, Kleben, Schweißen $\frac{1}{2}$

7. Bestimmen Sie aus dem untenstehenden Smithdiagramm die Streckgrenze, die Bruchfestigkeit, die Wechselfestigkeit und die Schwellfestigkeit! (1 cm = 100 N) N/mm^2



8. Geben Sie die Formel für die Berechnung der Schubspannung in der Schweißnaht mit den in der Abbildung unten benutzten Symbolen an!



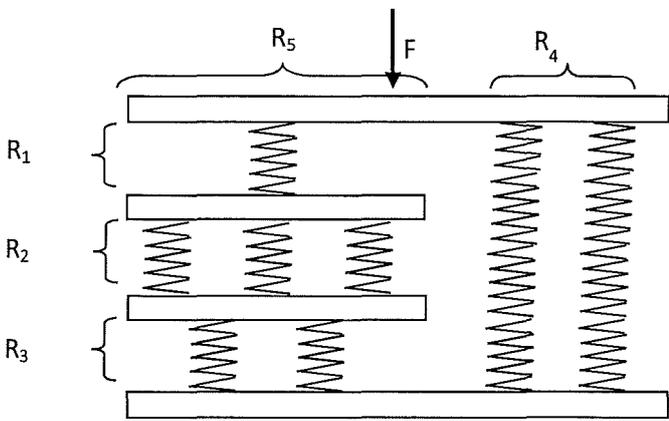
$$\tau_s = \tau_s = \frac{F}{A_{II}} \quad (1/2)$$

$$A_{II} = 2 \cdot a \cdot h \quad (1/2)$$

oder mit Winkelrand

$$A_{II} = 2 \cdot a \cdot (h - 2a)$$

9. Um welchen Faktor ist die Gesamtfedersteifigkeit R_{ges} des abgebildeten Federsystems größer als die Steifigkeit einer Feder? (Es soll angenommen werden, dass alle Einzelfedern die gleiche Steifigkeit R besitzen.) Geben Sie auch Teilergebnisse für die in der Skizze bezeichneten Untersysteme an!



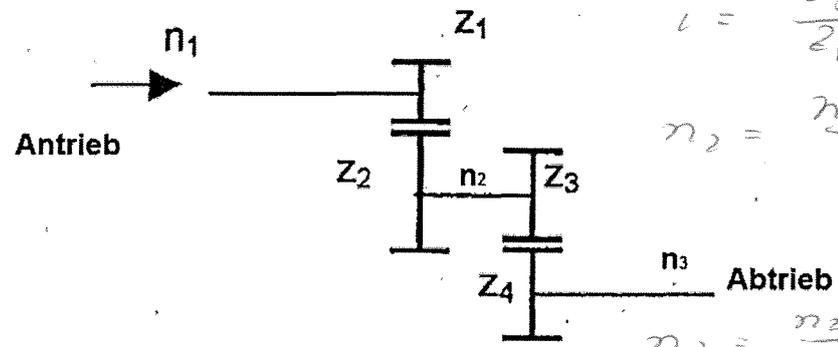
- ① $R_1 = R$
- ② $R_2 = \sum R_i = 3R$
- ③ $R_3 = \sum R_i = 2R$
- ④ $R_4 = \sum R_i = 2R$
- ⑤ $\frac{1}{R_5} = \frac{1}{R} + \frac{1}{3R} + \frac{1}{2R} = \frac{6+2+3}{6R}$
 $R_5 = \frac{6}{11}R$
- ⑥ $R_6 = R_4 + R_5 = \frac{22+6}{11}R$
 $R_6 = \frac{28}{11}R$

Faktor: $\frac{28}{11}$

10. Welche Festigkeitsnachweise müssen bei der Auslegung von Verzahnungen erbracht werden?

①
 Zahnfußfestigkeit, Zahnflankenfestigkeit,
 Spez. Harten, (Freifen)

11. Gegeben ist das unten dargestellte Schema eines Getriebes mit den Zähnezahlen $z_1=10$, $z_2=30$, $z_3=15$ und $z_4=20$. Berechnen Sie die Drehzahl n_3 der Abtriebswelle, wenn die Drehzahl der Antriebswelle $n_1=100$ U/min beträgt!



①/2

$$i = \frac{z_{\text{getriebe}}}{z_{\text{Antrieb}}} = \frac{n_{\text{Antrieb}}}{n_{\text{getriebe}}}$$

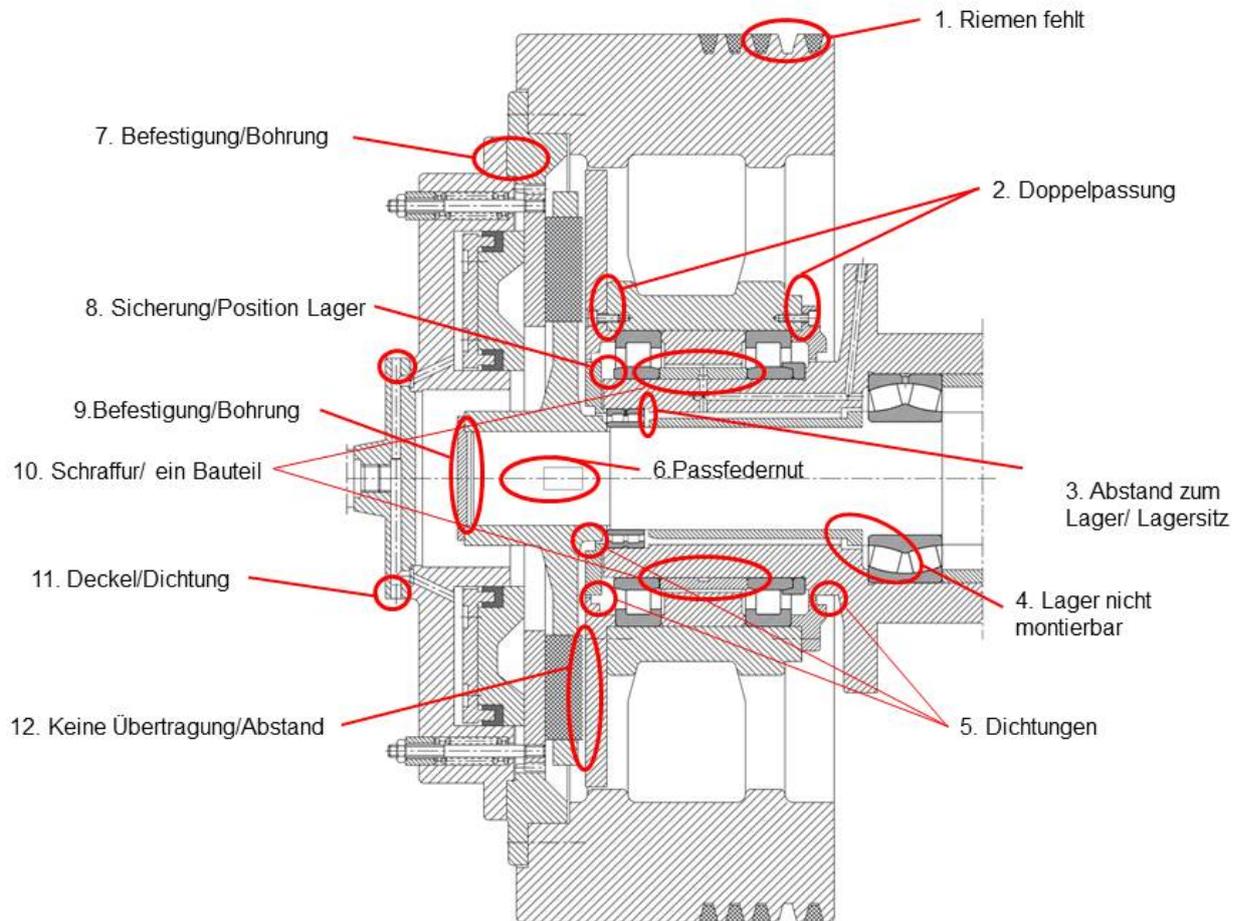
$$n_2 = \frac{n_1 \cdot z_1}{z_2} = \frac{100 \frac{1}{\text{min}} \cdot 10}{30}$$

$$n_3 = \frac{n_2 \cdot z_3}{z_4} = \frac{100 \frac{1}{\text{min}} \cdot 15}{20}$$

$n_3 = 25 \frac{1}{\text{min}}$ ①

Fehlersuchaufgabe

Die Zeichnung zeigt die Schwungradlagerung einer Presse. Die Darstellung enthält 10 Funktions- bzw. Konstruktionsfehler. Kennzeichnen und erläutern Sie diese Fehler in Stichpunkten.



Gegebene Variablen aus der Aufgabenstellung

Anziehungsfaktor:	$\alpha_A := 1.6$
Flankenwinkel Gewinde:	$\beta := 60^\circ$
Flankendurchmesser:	$d_2 := 22.051 \text{ mm}$
Kerndurchmesser:	$d_3 := 20.319 \text{ mm}$
Durchgangsbohrung:	$d_h := 27 \text{ mm}$
Nennendurchmesser:	$d_N := 24 \text{ mm}$
äußerer Durchmesser Auflagefläche:	$d_W := 33.25 \text{ mm}$
E-Modul der Mutter:	$E_M := 210000 \text{ MPa}$
E-Modul der verspannten Teile:	$E_P := 205000 \text{ MPa}$
E-Modul der Schraube:	$E_S := 210000 \text{ MPa}$
Klemmkraft (Gesamt):	$F_{Kges} := 755000 \text{ N}$
Bohrungsphase:	$Fase := 1 \text{ mm}$
Anzahl Schrauben:	$i := 24$
Sicherheit Flächenpressung:	$j_P := 1.3$
Schraubenlänge:	$l := 100 \text{ mm}$
Reibkoeffizient Gewinde:	$\mu_G := 0.20$
Reibkoeffizient Kopf:	$\mu_K := 0.16$
Klemmlängenfaktor:	$n := 1$
Behälterdruck:	$p := 16 \text{ bar} = 1.6 \text{ MPa}$
Gewindesteigung:	$P := 3 \text{ mm}$
Grenzflächenpressung:	$p_G := 660 \text{ MPa}$
gemittelte Rauhtiefe:	$R_Z := 8 \text{ }\mu\text{m}$

a) Berechnung der Nachgiebigkeit der verspannten Bauteile

Klemmlänge: $l_K := 100 \text{ mm} - 25 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$

Ersatzdurchmesser des Grundkörpers in der Trennfuge: $D_A := 730 \text{ mm} - 680 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$
(aus Konstruktion)

Klemmlänge + Auflegfläche: $d_W + l_K = 33.25 \text{ mm} + 75 \text{ mm} = 108.25 \text{ mm}$

Fallunterscheidung: $d_W \leq D_A < d_W + l_K$ (Fall 2)

Berechnung der Ersatzquerschnittes:

$$A_{ers} := \frac{\pi}{4} \cdot (d_W^2 - d_h^2) + \frac{\pi}{8} \cdot d_W \cdot (D_A - d_W) \cdot \left(\left(\sqrt[3]{\frac{l_K \cdot d_W}{D_A^2} + 1} \right)^2 - 1 \right)$$

$$\frac{\pi}{4} \cdot (33.25^2 \text{ mm}^2 - 27^2 \text{ mm}^2) + \frac{\pi}{8} \cdot 33.25 \text{ mm} \cdot (50 \text{ mm} - 33.25 \text{ mm}) \cdot \left(\left(\sqrt[3]{\frac{75 \text{ mm} \cdot 33.25 \text{ mm}}{50^2 \text{ mm}^2} + 1} \right)^2 - 1 \right) = 951.15 \text{ mm}^2$$

Nachgiebigkeit: $\delta_P := \frac{l_K}{E_P \cdot A_{ers}}$

$$\delta_P := \frac{75 \text{ mm}}{205 \text{ GPa} \cdot 951.15 \text{ mm}^2} = (3.846 \cdot 10^{-7}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

b) Berechnung der Schraubennachgiebigkeit

Nachgiebigkeit Kopf:

$$A_N := \frac{\pi \cdot d_N^2}{4}$$

$$A_N := \frac{\pi \cdot 24^2 \text{ mm}^2}{4} = 452.39 \text{ mm}^2$$

$$\delta_{SK} := 0.5 \cdot \frac{d_N}{E_S \cdot A_N}$$

$$\delta_{SK} := 0.5 \cdot \frac{24 \text{ mm}}{210000 \text{ MPa} \cdot 452.39 \text{ mm}^2} = (1.263 \cdot 10^{-7}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

Nachgiebigkeit Schaft:

$$l_{Schaft} := 100 \text{ mm} - 29 \text{ mm} - 25 \text{ mm} = 46 \text{ mm}$$

$$\delta_{Schaft} := \frac{l_{Schaft}}{E_S \cdot A_N}$$

$$\delta_{Schaft} := \frac{46 \text{ mm}}{210 \text{ GPa} \cdot 452.39 \text{ mm}^2} = (4.842 \cdot 10^{-7}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

Nachgiebigkeit freies
Gewinde:

$$l_{Gfrei} := 29 \text{ mm}$$

$$A_3 := \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}$$

$$A_3 := \frac{\pi \cdot 20.319^2 \text{ mm}^2}{4} = 324.26 \text{ mm}^2$$

$$\delta_{Gfrei} := \frac{l_{Gfrei}}{E_S \cdot A_3}$$

$$\delta_{Gfrei} := \frac{29 \text{ mm}}{210 \text{ GPa} \cdot 324.26 \text{ mm}^2} = (4.259 \cdot 10^{-7}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

Nachgiebigkeit eingeschraubtes
Gewinde:

$$\delta_G := 0.5 \cdot \frac{d_N}{E_S \cdot A_3}$$

$$\delta_G := 0.5 \cdot \frac{24 \text{ mm}}{210 \text{ GPa} \cdot 324.26 \text{ mm}^2} = (1.762 \cdot 10^{-7}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\delta_M := 0.4 \cdot \frac{d_N}{E_M \cdot A_N}$$

$$\delta_M := 0.4 \cdot \frac{24 \text{ mm}}{210 \text{ GPa} \cdot 452.39 \text{ mm}^2} = (1.011 \cdot 10^{-7}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\delta_{GM} := \delta_G + \delta_M = (2.773 \cdot 10^{-7}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

Gesamte Nachgiebigkeit:

$$\delta_S := \delta_{SK} + \delta_{Schaft} + \delta_{Gfrei} + \delta_{GM}$$

$$\delta_S := (1.263 + 4.842 + 4.259 + 2.773) \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}} = (1.314 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

c) Vorspannkraftverlust durch Setzen

Setzbeträge (einzeln):

$$f_{Z.Kopf} := 2.5 \text{ } \mu\text{m}$$

Skript (S. 766):

$$f_{Z.Mutter} := 2.5 \text{ } \mu\text{m}$$

- Zug/Druck

- Rauhtiefe = 8 μm

$$f_{Z.Fuge} := 1.5 \text{ } \mu\text{m}$$

$$f_{Z.Gewinde} := 3.0 \text{ } \mu\text{m}$$

Setzbeträge (Gesamt):

$$f_Z := f_{Z.Kopf} + f_{Z.Mutter} + f_{Z.Fuge} + f_{Z.Gewinde} = 9.5 \text{ } \mu\text{m}$$

Vorspannkraftverlust:

$$F_Z := f_Z \cdot \frac{1}{\delta_S + \delta_P}$$

$$F_Z := 9.5 \text{ } \mu\text{m} \cdot \frac{1}{(1.314 \cdot 10^{-6} + 3.846 \cdot 10^{-7}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}} = 5592.84 \text{ N}$$

d) Berechnung Betriebskraft pro Schraube

$$\text{Innenfläche Deckel: } A_D := \frac{\pi \cdot (611 \text{ mm})^2}{4} = 293205.63 \text{ mm}^2$$

$$\text{Betriebskraft - Gesamt: } F_{Ages} := p \cdot A_D$$

$$F_{Ages} := 16 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 293205.63 \text{ mm}^2 = 469129.01 \text{ N}$$

$$\text{Betriebskraft - pro Schraube: } F_A := \frac{F_{Ages}}{i}$$

$$F_A := \frac{469129.01 \text{ N}}{24} = 19547.04 \text{ N}$$

e) Berechnung der max. Montagevorspannkraft

$$\text{Kraftverhältnis: } \phi := \frac{\delta_P}{\delta_S + \delta_P}$$

$$\phi := \frac{3.846 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}}{1.314 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}} + 3.846 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}} = 0.226$$

$$\text{Klemmkraft pro Schraube: } F_K := \frac{F_{Kges}}{i}$$

$$F_K := \frac{755000 \text{ N}}{24} = 31458.33 \text{ N}$$

max. Montagevorspannkraft:

$$F_M := \alpha_A \cdot (F_K + (1 - n \cdot \phi) \cdot F_A + F_Z)$$

$$F_M := 1.6 \cdot (31458.33 \text{ N} + (1 - 1 \cdot 0.226) \cdot 19547.04 \text{ N} + 5592.84 \text{ N}) = 83488.93 \text{ N}$$

f) Berechnung der Flächenpressung unter dem Schraubenkopf

Schraubenkraft:

$$F_S := F_M + \phi \cdot F_A$$

$$F_S := 83488.93 \text{ N} + 0.226 \cdot 19547.04 \text{ N} = 87906.56 \text{ N}$$

Auflagefläche Schraubenkopf:

$$A_D := \frac{\pi}{4} \cdot \left(d_W^2 - (d_h + 2 \cdot F_{ase})^2 \right)$$

$$A_D := \frac{\pi}{4} \cdot \left(33.25^2 \text{ mm}^2 - (27 \text{ mm} + 2 \cdot 1 \text{ mm})^2 \right) = 207.79 \text{ mm}^2$$

Flächenpressung Kopf:

$$p_{Kopf} := \frac{F_S}{A_D}$$

$$p_{Kopf} := \frac{87906.56 \text{ N}}{207.79 \text{ mm}^2} = 423.05 \text{ MPa}$$

zulässige Flächenpressung:

$$p_{zul} := \frac{p_G}{j_P}$$

$$p_{zul} := \frac{660 \text{ MPa}}{1.3} = 507.69 \text{ MPa} \quad p_{Kopf} < p_{zul} = 1$$

zulässige Flächenpressung wird nicht überschritten - Bauteil hält!

g) Berechnung des max. Anziehdrehmoments

Steigungswinkel des Gewindes: $\varphi := \operatorname{atan}\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right)$

$$\varphi := \operatorname{atan}\left(\frac{3 \text{ mm}}{\pi \cdot 22.051 \text{ mm}}\right) = 2.48^\circ$$

Reibungswinkel des Gewindes: $\rho' := \operatorname{atan}\left(\frac{\mu_G}{\cos(0.5 \cdot \beta)}\right)$

$$\rho' := \operatorname{atan}\left(\frac{0.20}{\cos(0.5 \cdot 60^\circ)}\right) = 13.004^\circ$$

mittlerer wirksamer Reibradius: $r_{MK} := \frac{d_W + (d_h + 2 \cdot \text{Fase})}{4}$

$$r_{MK} := \frac{33.25 \text{ mm} + (27 \text{ mm} + 2 \cdot 1 \text{ mm})}{4} = 15.56 \text{ mm}$$

Anziehmoment (Gewinde): $M_{t.Gew} := F_M \cdot \left(\tan(\varphi + \rho') \cdot \frac{d_2}{2}\right)$

$$M_{t.Gew} := 83488.93 \text{ N} \cdot \left(\tan(2.48^\circ + 13.004^\circ) \cdot \frac{22.051 \text{ mm}}{2}\right) = 255 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Anziehmoment (Kopf): $M_{t.Kopf} := F_M \cdot (\mu_K \cdot r_{MK})$

$$M_{t.Kopf} := 83488.93 \text{ N} \cdot (0.16 \cdot 15.56 \text{ mm}) = 207.85 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Anziehmoment (Gesamt): $M_{t.an} := M_{t.Gew} + M_{t.Kopf}$

$$M_{t.an} := 255 \text{ N}\cdot\text{m} + 207.85 \text{ N}\cdot\text{m} = 462.85 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Lamellenkupplung (Musterlösung)

a) In welcher Höhe muss die Federkraft bemessen sein, wenn ein Schaltvorgang nicht länger als 2 Sekunden dauern soll? Berechnen Sie den für die Federkraft erforderlichen Federweg! (Anm.: **Verwenden Sie zur Berechnung des wirksamen Radius R_m die Näherungsgleichung!**)

$$T_K = T_B + T_L$$

Berechnung von T_B

$$T_B = \frac{I_L * \omega_1}{t_{sl}} = \frac{40 \text{ kgm}^2 * 2 * \pi * 240 * \text{min}}{2 * \text{s} * \text{min} * 60 \text{ s}} = 502,7 \text{ Nm}$$

$$T_K = (502,7 + 400) \text{ Nm} = 902,7 \text{ Nm}$$

Berechnung der erforderlichen Federkraft

Mit

$$T_K = \mu_G * F_{N,ges} * i * R_m$$

Und

$$R_m = \frac{R_i + r_a}{2} = \frac{(100 + 150)}{2} \text{ mm} = 125 \text{ mm} = 0,125 \text{ m}$$

Folgt:

$$F_{N,ges} = \frac{T_K}{\mu_G * i * R_m} = \frac{902,7 \text{ Nm}}{0,1 * 8 * 0,125 \text{ m}} = 9.027 \text{ N}$$

Berechnung des erforderlichen Federwegs

$$F_{Nf} = \frac{F_{N,ges}}{z_f} = \frac{9.027 \text{ N}}{6} = 1.504,5 \text{ N}$$

$$x_{erf} = \frac{F_{Nf}}{R} = \frac{1.504,5 \text{ N} * \text{mm}}{160 \text{ N}} = 9,4 \text{ mm}$$

b) Ab welchem Lastdrehmoment würde die Kupplung bei Nenndrehzahl durchrutschen?

$$T_{K,grenz} = \mu_H * F_{N,ges} * i * R_m = 0,2 * 9.027 \text{ N} * 8 * 0,125 \text{ m} = 1.805,4 \text{ Nm}$$

c) Berechnen Sie die Verlustarbeit!

$$W_V = I_L * \frac{\omega_1^2}{2} * \frac{T_K}{T_K - T_L} = 40 \text{ kg} * \text{m}^2 * \frac{(2 * \pi * 4)^2}{2 * \text{s}^2} * \frac{902,7 \text{ Nm}}{(902,7 - 400) \text{ Nm}} = 22.685,3 \text{ Nm}$$

d) Wie groß ist die Temperaturerhöhung bei Einzelschaltung?

$$\dot{W}_V = \frac{W_V}{t_s} \leq m * c * \frac{(\vartheta_{zul} - \vartheta_0)}{t_s}$$
$$W_V \leq m * c * (\vartheta_{zul} - \vartheta_0)$$
$$\Delta\vartheta \geq \frac{22.685,3 \text{ Nm} * \text{kg} * \text{K}}{5 \text{ kg} * 467 \text{ J}} = 9,7 \text{ K oder } ^\circ\text{C}$$

e) Wie hoch ist das kleinstmöglich zulässige Zeitintervall zwischen zwei Schaltvorgängen bei häufigem Schalten?

$$\dot{W}_V = \frac{W_V}{t_s} = \alpha * A_K * (\vartheta_{zul} - \vartheta_0)$$

Daraus folgt:

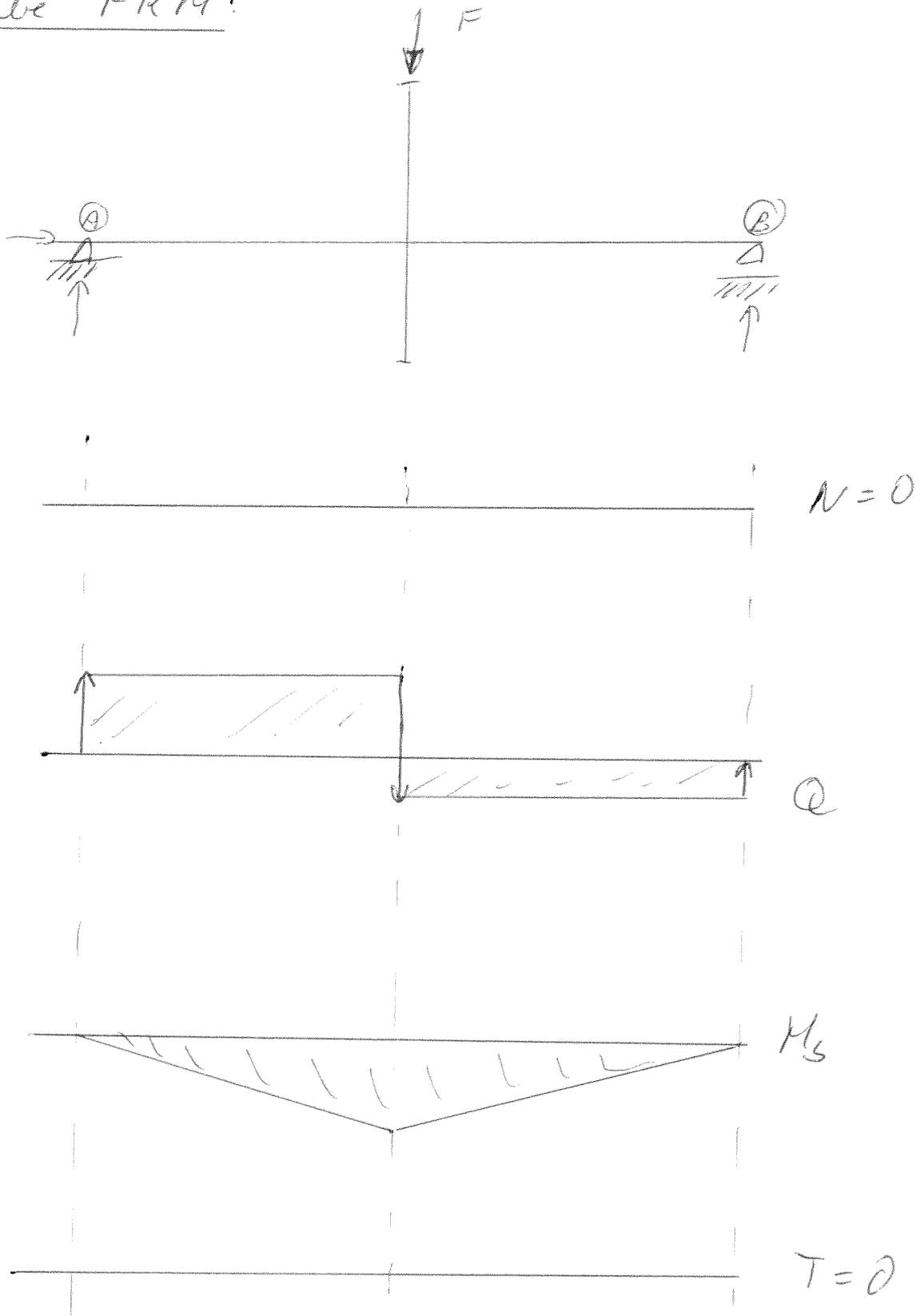
$$t_s = \frac{W_V}{\alpha * A_K * (\vartheta_{zul} - \vartheta_0)} = \frac{22.685,3 \text{ Nm} * \text{m}^2 * \text{K}}{27 \text{ W} * 0,15 \text{ m}^2 * (150 - 20) \text{ K}} = 43,1 \text{ s}$$

Antwort: Es müssen mindestens 43,1 Sekunden verstreichen, ehe ein neuer Schaltvorgang durchgeführt wird.

Aufgabe FKM:

①

a)



$$b) \quad M_{S \max} = F_A \cdot \frac{l}{2}$$

$$\sum F = 0 : F_A + F_B - F = 0$$

$$\sum M_{[CB]} = 0 : F_A \cdot l - F \cdot \frac{l}{2} = 0 \Rightarrow F_A = \frac{F}{2} = \underline{\underline{5 \text{ kN}}}$$

$$M_{S \max} = F_A \cdot \frac{l}{2} = 5 \text{ kN} \cdot \frac{390 \text{ mm}}{2} = \underline{\underline{975000 \text{ Nmm}}}$$

$$W_0 = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{r \cdot d^2}{3} = \frac{\pi \cdot 50^3 \text{ mm}^3}{32} - \frac{5 \cdot 50^2 \text{ mm}^3}{3} \quad (2)$$

$$W_0 = 8105,2 \text{ mm}^3$$

$$S_{\sigma, \max} = \frac{M_{b, \max}}{W_0} = \frac{975000 \text{ Nm}}{8105,2 \text{ mm}^3} = \underline{\underline{120,3 \text{ MPa}}}$$

$$S_{\sigma, \min} = -S_{\sigma, \max} = \underline{\underline{-120,3 \text{ MPa}}}$$

$$R_m = K_{d,m} \cdot K_A \cdot R_{m,N} = 0,99 \cdot 1 \cdot 490 \text{ MPa} = \underline{\underline{485 \text{ MPa}}}$$

$$R_p = K_{d,p} \cdot K_A \cdot R_{p,N} = 0,97 \cdot 1 \cdot 295 \text{ MPa} = \underline{\underline{286 \text{ MPa}}}$$

$$K_{p,v} = 1,7$$

$$n_{p,v} = \min \left(\sqrt{\frac{1050 \text{ MPa}}{286 \text{ MPa}}}; 1,7 \right) = \underline{\underline{1,7}}$$

$$K_{SK,v} = \frac{1}{n_{p,v}} = \frac{1}{1,7} = \underline{\underline{0,588}}$$

$$S_{SK,v} = \frac{R_m}{K_{SK,v}} = \frac{485 \text{ MPa}}{0,588} = \underline{\underline{825 \text{ MPa}}}$$

$$f_{SK} = \max \left(f_m; f_p \frac{R_m}{R_p} \right) = \max \left(1,75; 1,3 \cdot \frac{485 \text{ MPa}}{286 \text{ MPa}} \right)$$

$$\underline{\underline{f_{SK} = 2,2}}$$

$$a_{SK,v} = \frac{\max(|S_{\max,v}|; |S_{\min,v}|) \cdot f_{SK}}{S_{SK,v}}$$

$$a_{SK,v} = \frac{\max(|120,3 \text{ MPa}|; |-120,3 \text{ MPa}|) \cdot 2,2}{825 \text{ MPa}} = \underline{\underline{0,32}}$$

$$a_{SK,v} = a_{SK,v} = \underline{\underline{0,32}}$$

⇒ erfüllt

(3)

$$c). \quad \sigma_{W,z,d} = K_{d,m} \cdot K_A \cdot \sigma_{W,z,d,N} = 0,99 \cdot 1 \cdot 220 \text{ MPa} \\ = \underline{\underline{218 \text{ MPa}}}$$

$$\bar{\sigma}_{W,s} = K_{d,m} \cdot K_A \cdot \bar{\sigma}_{W,s,N} = 0,99 \cdot 1 \cdot 125 \text{ MPa} = \underline{\underline{124 \text{ MPa}}}$$

$$K_{f,u} = 1,54 \cdot 0,0004 \cdot \frac{R_m}{\text{MPa}} = 1,54 + 0,0004 \cdot \frac{485 \text{ MPa}}{\text{MPa}}$$

$$\underline{\underline{K_{f,u} = 1,734}}$$

$$\text{Dontrolle: } \frac{2r}{d} = \frac{10 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 0,2 \Rightarrow \underline{\underline{OK}}$$

$$K_{R5} = \frac{K_{R5}(6,3)}{K_{R5}(10)} = \frac{0,93}{0,92} = \underline{\underline{1,01}}$$

$$K_{W,K,u} = \left(K_{f,u} + \frac{1}{K_{R5}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V}$$

$$K_{W,K,u} = \left(1,73 + \frac{1}{1,01} - 1 \right) \cdot \frac{1}{1} = \underline{\underline{1,72}}$$

$$\sigma_{W,K,u} = \frac{\sigma_{W,z,d}}{K_{W,K,u}} = \frac{218 \text{ MPa}}{1,72} = \underline{\underline{126,7 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_{W,K,u} \stackrel{!}{=} S_{AK,u} \quad 0,0$$

$$f_D = 1,2$$

$$a_{AK,u} = \frac{S_{A,u} \cdot f_D}{\min(S_{AK,u}; 0,75 R_p \cdot K_{f,u})}$$

$$a_{AK,u} = \frac{120,3 \text{ MPa} \cdot 1,2}{\min(126,7 \text{ MPa}; 0,75 \cdot 286 \text{ MPa} \cdot 1,7)} = \underline{\underline{1,14 > 1}}$$

$$a_{AK,su} = a_{AK,u} = \underline{\underline{1,14 > 1}} \quad \text{nicht OK}$$