

Schraubenverbindung - Stehlager

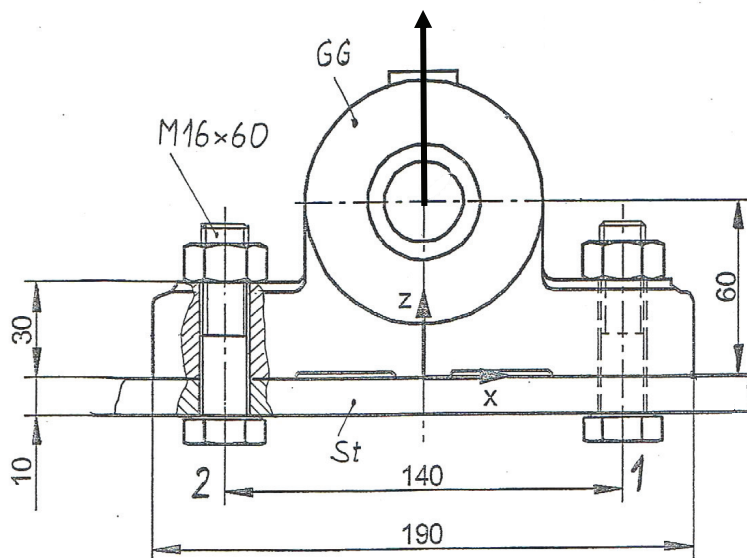
Das skizzierte Stehlagergehäuse (aus GG) wird mit zwei Sechskantschrauben auf einem Fundament (aus Stahl) befestigt. Die Schrauben werden mittels Drehmomentschlüssel mit einem Anziehmoment $M_A = 140 \pm 20$ Nm angezogen. Die Reibbeiwerte im Gewinde und in der Mutternauflage liegen bei $\mu_G = \mu_K = 0,1$.

Im Betrieb wird das Stehlagergehäuse durch eine schwellende Kraft $F_A = 12$ kN belastet. Die Betriebskraft F_A soll am Schraubenkopf angreifen. Das Setzen soll vernachlässigt werden.

Bekannt sind folgend Größen:

Schraube ISO 4014 **M16 x 60 – 8.8** und Mutter ISO 4032 **M16 – 8**

mit Spannungsquerschnitt	$A_S = 157 \text{ mm}^2$
Kerndurchmesser	$d_3 = 13,546 \text{ mm}$
Steigung	$P = 2 \text{ mm}$
Flankendurchmesser	$d_2 = 14,701 \text{ mm}$
Mittlere Mutternauflagedurchmesser	$D_{Km} = 20 \text{ mm}$
Nachgiebigkeit der Schraube	$\delta_S = 0,1721 \cdot 10^{-5} \text{ mm/N}$
Ersatzquerschnitt der verspannten Teile	$A_{ers} = 650 \text{ mm}^2$
E-Modul Stahl	$E_{St} = 2,10 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$
E-Modul Grauguss	$E_{GG} = 1,15 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$



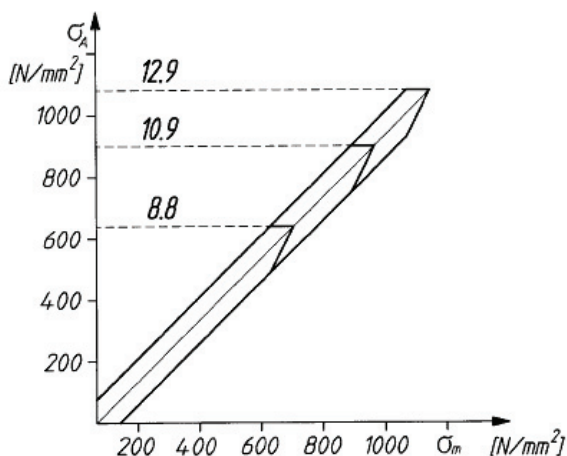
- Sind die Schrauben nach VDI 2230 (Beiblatt) ausreichend dimensioniert?
- Wie groß ist die Sicherheit S_D der Schrauben gegen Dauerbruch?

Beiblatt Schraubenverbindung

Zulässige Vorspannkkräfte für unterschiedliche Reibbeiwerte (nach VDI 2230)

	F_V in N für $\mu_G = 0,1$			F_V in N für $\mu_G = 0,2$		
	8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9
M 4	4 500	6 700	7 800	3 900	5 700	6 700
M 5	7 400	10 800	12 700	6 400	9 400	11 000
M 6	10 400	15 300	17 900	9 000	13 200	15 500
M 8	19 100	28 000	32 800	16 500	24 300	28 400
M 10	30 300	44 500	52 100	26 300	38 600	45 200
M 12	44 100	64 800	75 900	38 300	56 300	65 800
M 14	60 600	88 900	104 100	52 600	77 200	90 400
M 16	82 900	121 700	142 400	72 200	106 100	124 100
M 18	104 000	149 000	174 000	91 000	129 000	151 000
M 20	134 000	190 000	223 000	116 000	166 000	194 000
M 22	166 000	237 000	277 000	145 000	207 000	242 000
M 24	192 000	274 000	320 000	168 000	239 000	279 000
M 27	252 000	359 000	420 000	220 000	314 000	367 000
M 30	307 000	437 000	511 000	268 000	382 000	447 000

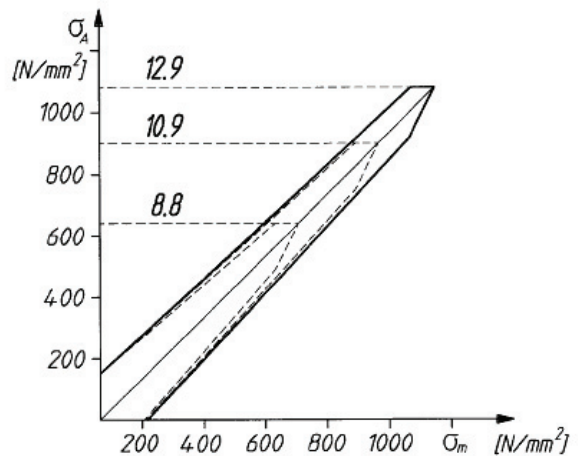
a) schlußvergütet



a)

Durchmesserbereich	M4...M8	M10...M16	M18...M30
σ_A [N/mm ²]	60...70	50...60	40...50

b) schlußgerollt



b)

Durchmesserbereich	M4...M8	M10...M16	M18...M30
σ_A [N/mm ²]	100...110	90...100	80...90

Abb. 2.104. Zulässige Ausschlagsspannungen für Schraubenverbindungen

a) σ_A für schlußvergütete Schrauben (Gewinde geschnitten);

b) σ_A für schlußgerollte Schrauben (Gewinde eingewalzt)

Musterlösung

a) Dimensionierung nach VDI 2230 (Beiblatt)

Maximales Anziehmoment: $M_{A,max} = 160 \text{ Nm}$

Steigungswinkel: $\varphi = \arctan \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \arctan \frac{2}{\pi \cdot 14,701} = 2,497^\circ$

Reibungswinkel: $\rho' = \arctan \frac{\mu}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctan \frac{0,1}{\cos 30^\circ} = 6,5867^\circ$

Maximale Vorspannkraft:

$$F_{V,max} = \frac{M_{A,max}}{\frac{d_2}{2} \tan(\varphi + \rho') + \mu_K \cdot \frac{D_{Km}}{2}} = \frac{160 \cdot 10^3}{\frac{14,701}{2} \tan(2,497^\circ + 6,5867^\circ) + 0,1 \cdot \frac{20}{2}} = 73,633 \text{ kN}$$

Zulässige Vorspannkraft nach VDI 2230: $F_{V,zul} = 82,9 \text{ kN}$

Nachweis: $\underline{\underline{F_{V,max} < F_{V,zul}}} \Rightarrow$ ausreichend dimensioniert!

b) Dauerfestigkeit

Federsteifigkeit der Schraube: $R_S = \frac{1}{\delta_S} = \frac{1}{0,1721 \cdot 10^{-5}} = 5,81 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$

Federsteifigkeit versp. Teile: $R_{P_1} = \frac{E_{GG} \cdot A_{ers}}{l_{k_1}} = \frac{1,15 \cdot 10^5 \cdot 650}{30} = 24,916 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$

$$R_{P_2} = \frac{E_{St} \cdot A_{ers}}{l_{k_2}} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 650}{10} = 136,5 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_{P_1}} + \frac{1}{R_{P_2}} \Rightarrow R_P = 21,07 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Schraubenzusatzkraft: $F_{SA} = \frac{R_S}{R_P + R_S} \cdot F_A = \frac{5,81}{21,07 + 5,81} \cdot 6000 = 1296,875 \text{ N}$

2 Schrauben

Ausschlagspannung (schwellend): $\sigma_a = \frac{0,5 \cdot F_{SA}}{A_S} = \frac{0,5 \cdot 1296,875}{157} = 4,13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Zulässige Ausschlagspannung (Beiblatt): $\sigma_A = 50 \dots 60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Vergleich: $\underline{\underline{\sigma_a \ll \sigma_A}} \Rightarrow$ Sicherheit > 10!