

Schraubenberechnung - Einlegeblatt für das Tabellenbuch

Gewerbeschule Lörrach

Schraubenberechnung_Einlegeblatt_TabB.odt
U. Rapp, 26.02.2020

Quellen: Böge: Technologie für Fachgymnasien, 7. Auflage, Roloff/Matek: Maschinenelemente, 13. Auflage

- A belasteter Querschnitt [mm²]
 A_{ers} Querschnitt des Ersatz-Hohlzylinders der Platten [mm²]

$$A_{ers} = \frac{\pi}{4} \left[\left(d_a + \frac{l_K}{a} \right)^2 - D_B^2 \right]$$
- A_P Auflagefläche von Kopf bzw. Mutter [mm²] angenähert durch

$$A_P = \frac{\pi}{4} (SW^2 - D_B^2)$$
- A_S Spannungsquerschnitt [mm²]
 ⇒ TabB „Gewinde“
- A_{Serf} überschlägig berechneter Spannungsquerschnitt A_S des Gewindes [mm²]

$$A_{Serf} = \frac{\alpha_A \cdot (F_{Klerf} + F_A)}{v \cdot R_{p0,2}}$$
- a Werkstoffkennwert für Ersatz-Hohlzylinder der Platten [] [Böge S.224]
- | | St | GG | Al-Leg. |
|-------|----|----|---------|
| a [] | 10 | 8 | 6 |
- d Nenn- bzw. Außen-Ø des Gewindes [mm]
 ⇒ TabB „Gewinde“
- C Federsteifigkeit [N/mm], (Federkonstante)
 ⇒ Federnachgiebigkeit δ
- d_a Außendurchmesser der Kopf- bzw. Mutterauflage [mm] ⇒ TabB „Gewinde“
 z.B. durch SW annähern
- D_B Durchmesser der Durchgangsbohrung [mm]
 ⇒ Zeichnung oder TabB „Durchgangslöcher“
- d_S Durchmesser des Spannungsquerschnittes A_S [mm]

$$d_S = \sqrt{\frac{4 \cdot A_S}{\pi}}$$
- d₂ Flanken-Ø des Gewindes [mm]
 ⇒ TabB „Gewinde“
- E E-Modul [N/mm²] ⇒ TabB „E-Modul“
 E_P Platte, E_S Schraube
- F Kraft [N]

$$F = C \cdot f = \frac{f}{\delta}$$
- F_A, F_B Betriebskraft [N] = Belastung der Verbindung
 F_a Ausschlagkraft [N] = Amplitude des dynamischen Kraftanteils der Schraube

$$F_a = \frac{F_{SA \max} - F_{SA \min}}{2}$$

$$F_a = \frac{F_{A \max} - F_{A \min}}{2} \cdot n \cdot \Phi$$

 für F_{Smin} = 0 gilt
$$F_a = \frac{F_{SA}}{2} = \frac{n \cdot \Phi \cdot F_A}{2}$$

- F_{Kl} Klemmkraft [N] (manchmal auch F_K)
 F_{Klerf}, F_{Kmin} : mindestens erforderliches F_{Kl}
- F_{p0,2} Streckgrenzkraft [N]

$$F_{p0,2} = R_{p0,2} \cdot A_S \geq F_S$$

 aus
$$R_{p0,2} \geq \frac{F_S}{A_S}$$
- F_S Schraubenkraft [N]

$$F_S = F_{VM} + F_{SA}$$

$$F_S = \alpha_A \left[F_Z + F_K + F_A \cdot (1 - n \cdot \Phi) \right] + n \cdot \Phi \cdot F_A$$
- F_{SA} Schraubenausschlagkraft [N]

$$F_{SA} = n \cdot \Phi \cdot F_A$$
- F_V Vorspannkraft [N]

$$F_V = F_Z + F_K + F_A \cdot (1 - n \cdot \Phi)$$
- F_{VM} Montagevorspannkraft [N]

$$F_{VM} = \alpha_A \cdot F_V$$

$$F_{VM} = \alpha_A \cdot [F_Z + F_K + F_A \cdot (1 - n \cdot \Phi)]$$
- F_Z Setzkraftverlust [N]

$$F_Z = f_Z \cdot \frac{\Phi}{\delta_P} = \frac{f_Z}{\delta_P + \delta_S}$$
- f, f_s, f_p Längenänderung [mm] (Schraube, Platte)
 f_Z Setzbetrag [mm] ⇒ Tabelle [Böge S.225]
 Richtwerte für den Setzbetrag f_Z in Abhängigkeit vom Klemmlängenverhältnis l_k/D_B für 3 bis 7 Trennfugen
- | l _k /D _B [] | 1 | 2,5 | 5 | 10 |
|------------------------------------|---|-------|-------|-------|
| f _Z [mm] | 0 | 0,005 | 0,006 | 0,008 |
- l_k Klemmlänge der Schraubenverbindung
 ⇒ Aufgabe oder Zeichnung
- M_A Anziehdrehmoment [Nm]

$$M_A = M_{RG} + M_{RA}$$

$$M_A = F_{VM} \cdot \left[\frac{d_2}{2} \tan(\alpha + \rho') + \mu_A \cdot 0,7d \right]$$

 0,7d für metrische Gewinde (Böge)
 M_{RG} Gewindereibmoment [Nm]
 bewirkt Torsionsmoment der Schraube

$$M_{RG} = F_{VM} \cdot \left[\frac{d_2}{2} \tan(\alpha + \rho') \right]$$
- n Krafteinleitungsfaktor []
 ⇒ Tabelle II.2, Böge S.221
 ggf. mit n=0,5 annähern
- P Steigung des Gewindes ⇒ TabB „Gewinde“

- p Flächenpressung unter Kopf oder Mutter [N/mm²]

$$p = \frac{F_S}{A_p} \leq p_G$$
- p_G Grenzfächenpressung [N/mm²]
 ⇒ Tabelle Böge S.228
- | p _G [N/mm ²] | moto-risch | manuell mit Drehmoment |
|-------------------------------------|------------|------------------------|
| S235, S275 | 200 | 300 |
| E295, E335 | 350 | 500 |
| C45 | 600 | 900 |
| Stahl, vergütet | | ca. 1000 |
| Stahl, einsatzgehärtet | | ca. 1500 |
| GG-25, GG-30 | 500 | 750 |
| Gk-AlSiCu | 120 | 180 |
- R_{p0,2} Streckgrenze [N/mm²]
 ⇒ TabB „Schrauben Festigkeitsklasse“
- SW Schlüsselweite [mm]
 ⇒ TabB „Gewinde“
- W_{ps} polares Widerstandsmoment der Schraube [mm³]

$$W_{ps} = \frac{\pi}{16} \cdot d_s^3$$

 für Sondergewinde wird ggf. ein kleinerer Durchmesser als d_s eingesetzt.
- α Steigungswinkel des Gewindes

$$\tan \alpha = \frac{P}{d_2 \cdot \pi}$$
- α_A Anziehungsfaktor []
 ⇒ Tabelle [Böge S.223]
- | α _A [] | Anziehverfahren |
|--------------------|--|
| 1 | mit genauesten A. (Winkelanziehverfahren) |
| 1,25...1,8 | mit Drehmomentschlüssel oder Drehschrauber ¹⁾ |
| 1,6...2 | mit Schlagschrauber mit Einstellkontrolle ¹⁾ |
| 3...4 | mit Schlagschrauber ohne Einstellkontrolle |
- ¹⁾ kleinere Werte für kleinere
- Reibzahlen
- β Flankenwinkel des Gewindes [°]
 ⇒ TabB „Gewinde“
- β_s, β_p Steigung der Hookeeschen Gerade [°] (Schraube, Platte)

$$\tan \beta = C = \frac{1}{\delta} = \frac{A \cdot E}{l_k}$$
- δ Federnachgiebigkeit [mm/N] (δ_P Platte mit A_{ers}, δ_S Schraube mit A_S bzw. Schaftquerschnitt)

$$\delta = \frac{1}{C} = \frac{l_K}{A \cdot E}$$

- für hintereinander angeordnete Federn gilt

$$\delta_{ges} = \delta_1 + \delta_2 + \dots$$
- für Schraubenkopf und Mutter insgesamt

$$\delta = 2 \cdot \frac{0,4 \cdot d}{A_S \cdot E_S}$$
- Φ Kraftverhältnis []

$$\Phi = \frac{\delta_P}{\delta_P + \delta_S} = \frac{F_{SA}}{F_A}$$
- Überschlagswerte für Flansche aus Stahl (E_P=210kN/mm²) und GG-30 (E_P = 120 kN/mm²) in Abhängigkeit von l_k/d.
 ⇒ Tabelle [Böge S.225]
- Φ_n Betriebskraftverhältnis Φ_n=nΦ
wird von uns nicht benutzt, weil n in allen Formeln eingearbeitet ist.
- v Ausnutzungsbeiwert für R_e bzw. R_{p0,2} []
 v = 0,6 ... 0,8 (⇒ Böge II.33)
- μ, μ_A Gleitreibungszahl zwischen Auflagefläche und Kopf bzw. Mutter [] ⇒ TabB „Reibung“
- μ_G Gleitreibungszahl im Gewinde []
 ⇒ TabB „Schrauben, Vorspannkraft“
- μ' Reibwert im Gewinde []
$$\mu' = \frac{\mu_G}{\cos \frac{\beta}{2}}$$
- ρ Reibwinkel [°]
$$\tan \rho = \mu$$
- ρ' Reibwinkel im Gewinde [°]

$$\tan \rho' = \mu' = \frac{\mu_G}{\cos \frac{\beta}{2}}$$
- σ_A Ausschlagfestigkeit [N/mm²]
 ⇒ Tabelle [Böge, S.228]
- | Festigkeitsklasse | über | | | |
|------------------------------|----------|------------|-------------|-----|
| | unter M8 | M8 bis M12 | M14 bis M20 | M20 |
| 4.6 und 5.6 | 50 | 40 | 35 | 35 |
| 8.8 bis 12.9 | 60 | 50 | 40 | 35 |
| 10.9 und 12.9 schlussgerollt | 100 | 90 | 70 | 60 |
- σ_a Ausschlagspannung [N/mm²]

$$\sigma_a = \frac{F_a}{A_S} \leq 0,9 \cdot \sigma_A$$
- wenn diese Aussage zutrifft, ist die Schraube dauerhaft
- τ_t Torsionsspannung in der Schraube nach dem Anziehen [N/mm²]

$$\tau_t = \frac{M_{RG}}{W_{ps}}$$

