

Schraubenberechnung - Einlegeblatt für das Tabellenbuch

Gewerbeschule Lörrach

Schraubenberechnung_Einlegeblatt_TabB.odt
U. Rapp, 03.01.2018

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_{Klmin} : 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]
$$F_S = F_{VM} + F_{SA}$$

$$F_S = \alpha_A [F_Z + F_K + F_A \cdot (1 - n \cdot \Phi)] + n \cdot \Phi \cdot F_A$$
- 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 Grenzflächenpressung [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 Hooke'schen 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=n·Φ
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	unter M8	M8 bis M12	M14 bis M20	über 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 dauerhaftbar
- τ_t Torsionsspannung in der Schraube nach dem Anziehen [N/mm²]
$$\tau_t = \frac{M_{RG}}{W_{ps}}$$

