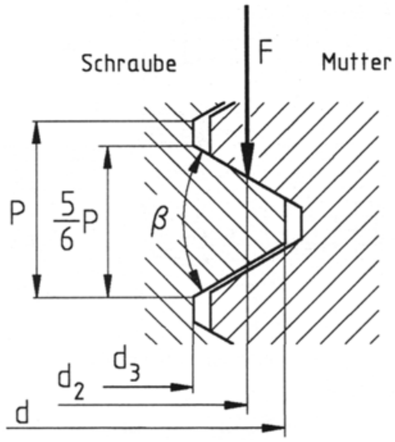
Erforderliche Einschraubtiefe bei unterschiedlichen Werkstoffen



Wird eine Schraube mit der Längskraft F belastet, so treten am Nenndurchmesser d des eingeschraubten Mutterngewindes Schub-, Biege- und Druckspannungen auf.

Unter der Annahme einer gleichmäßigen Lastverteilung über der Mutterhöhe m lassen sich diese Spannungen näherungsweise wie folgt berechnen:

Bild 1: Gewindebeanspruchung am Nenndurchmesser *d*

Für metrische Gewinde ergibt sich mit $d_2 = d - 0{,}65 \cdot p$ und $d_3 = d - 1{,}227 \cdot p$ sowie $\beta = 60°$:

Schubspannung $$\tau_s = \frac{F}{A} = \frac{6F}{z \cdot \pi \cdot d \cdot 5p} = 0{,}382 \cdot \frac{F}{m \cdot d}$$ mit $z = \frac{m}{p}$

Biegespannung $$\sigma_b = \frac{M_b}{Wa} = 1{,}375 \cdot \frac{F}{m \cdot d} \cdot \frac{(d - d_2)}{m}$$

mit $M_b = F \cdot \frac{d - d_2}{2}$ und $W_a = \frac{1}{6}\pi \cdot d \cdot \frac{m}{p} \cdot \left(\frac{5}{6}p\right)^2 = 0{,}363 \cdot d \cdot m \cdot p$

Aus der radialen Kraftkomponente $F_r = F \cdot \tan(\beta/2)$ folgt

Druckspannung $$\sigma_d = \frac{F_r}{A} = \frac{F \cdot \tan\frac{\beta}{2}}{\pi \cdot d \cdot m \cdot \frac{5}{6}} = 0{,}22 \cdot \frac{F}{m \cdot d}$$ für $\beta = 60°$

Damit gilt für die Vergleichsspannung im Gewinde der Mutter nach der GEH:

$$\sigma_{v\,Mutter} = \frac{F}{m \cdot d} \cdot \sqrt{\left(1{,}375 \cdot \frac{(d - d_2)}{p} + 0{,}22\right)^2 + 0{,}4378} \approx 1{,}2955 \cdot \frac{F}{m \cdot d}$$

Setzt man für die Vergleichsspannung im Gewinde der Mutter die max. zulässige Spannung des Mutternwerkstoffes und für die Zugspannung im Gewindebolzen σ_z die max. zulässige Spannung des Schraubenwerkstoffes ein, so ergibt sich die kritische Mutterhöhe bzw. die kritische Einschraubtiefe m zu:

$$\frac{\sigma_{zul\,Schraube}}{\sigma_{zul\,Mutter}} = \frac{4}{\pi \cdot {d_s}^2} \cdot \frac{m \cdot d}{K} = \frac{m}{d} \cdot \frac{4}{1{,}2955 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{d}{d_s}\right)^2 = \frac{m}{d} \cdot \frac{1}{0{,}9828} \cdot \left(\frac{d}{d_s}\right)^2$$

$$\frac{m}{d} \geq 0{,}9828 \cdot \frac{\sigma_{zul\,Schraube}}{\sigma_{zul\,Mutter}} \cdot \left(\frac{d_s}{d}\right)^2$$

Soll demnach beispielsweise eine Edelstahlschraube M10 aus A2-50 nach ISO 3506-1 mit $R_{p0,2} = 210 \frac{N}{mm^2}$ in ein Gehäuse aus Aluminium EN AW - 5005 (AlMg1) mit $R_{p0,2} = 110 \frac{N}{mm^2}$ eingeschraubt werden, so ergibt sich die erforderliche Einschraubtiefe zu $\frac{m}{d} \geq 1{,}44$.

Für gleiche Werkstofffestigkeiten von Mutter und Schraube führt dieser Berechnungsansatz bei M10 zu einer Einschraubtiefe von $\frac{m}{d} \geq 0{,}75$. Üblichen Werte liegen bei $\frac{m}{d} = 0{,}8$. Diese ergeben sich näherungsweise, wenn man den gleichen Berechnungsansatz für den Kerndurchmesser der Schraube d_3 formuliert, wobei dann der Werkstoffunterschied nicht zum Tragen kommt. Weitere Unterscheide sind gut mit dem stark vereinfachenden Ansatz der gleichmäßigen Lastverteilung begründbar.

Alle Angaben und Berechnungen ohne Gewähr!