Achsen- und Wellenberechnung

1 Beanspruchungen und resultierende Spannungen

1.1 Beanspruchung durch Querkräfte:

$$\tau_{a,\max} = \nu \frac{F_Q}{A_s}$$

mit

ν = 3/2	Rechteckquerschnitt
ν = 4/3	Kreisquerschnitt
ν = 2	Kreisringquerschnitt

- Nur bei sehr kurzen Achsen und Wellen beachten (l/d < 5)

1.2 Beanspruchung durch Biegung:

$$\sigma_{b,\max} = \frac{M_b}{I} y_{\max} = \frac{M_b}{W_b}$$

mit

y_{max}	maximaler Abstand von der neutralen Faser
I	Flächenträgheitsmoment
$W_b = \frac{\pi}{32} d^3$	Widerstandsmoment gegen Biegung für Kreisquerschnitte
$W_b = \frac{\pi}{32}\left(\frac{D^4 - d^4}{D}\right)$	Widerstandsmoment gegen Biegung für Kreisringquerschnitte

1.3 Beanspruchung durch Torsion:

$$\tau_{t,\max} = \frac{T}{I_t} * \frac{d}{2} = \frac{T}{W_t}$$

mit

I_t	Torsionsträgheitsmoment
$W_t = \frac{\pi}{16} d^3$	Torsionswiderstandsmoment für Kreisquerschnitte
$W_t = \frac{\pi}{16}\left(\frac{D^4 - d^4}{D}\right)$	Torsionswiderstandsmoment für Kreisringquerschnitte

2 Überschlägige Auslegung von Achsen und Wellen

2.1 *Überschlägige Auslegung von Achsen:*

- Die Auslegung erfolgt auf Biegung

$$d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi} * \frac{M_{b\max}}{\sigma_{b,zul}}}$$

- Für feststehende Achsen:

$$\sigma_{b,zul} = \frac{\sigma_{b,sch}}{S_f}$$

$S_f = 3...5$

- Für umlaufende Achsen:

$$\sigma_{b,zul} = \frac{\sigma_{b,w}}{S_h}$$

$S_h = 4...6$

2.2 *Überschlägige Auslegung von Wellen:*

- Die Auslegung erfolgt auf Torsion

$$d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi} * \frac{T}{\tau_{t,zul}}}$$

- mit

$$\tau_{t,zul} = \frac{\tau_{t,sch}}{S_{sch}}$$

S_{sch} = 4...5 bei reiner Torsionsbeanspruchung
S_{sch} = 10...15 bei Biege- und Torsionsbeanspruchung

3 Genauere Berechnung von Wellen

3.1 *Vergleichsspannung/Vergleichsmoment nach GEH:*

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 * (\alpha_0 * \tau_t)^2}$$

$$\sigma_v \leq \sigma_{v,zul}$$

mit

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{bw}}{\sqrt{3} * \tau_{t,sch}}$$

Anstrengungsverhältnis

$\alpha_0 = 0{,}6...0{,}8$

für Biegemoment wechselnd, Torsionsmoment schwellend

$$M_v = \sqrt{M_b^2 + 0{,}75(\alpha_0 * T)^2}$$

3.2 Erforderlicher Durchmesser für Vollwellen:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32}{\pi} * \frac{M_v}{\sigma_{v,zul}}}$$

mit

$$\sigma_{v,zul} = \frac{\sigma_{bw}}{S_D}$$

$S_D = 2...3$

4 Nachrechnung der endgültig gestalteten Welle

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 * (\alpha_{0k} * \tau_t)^2} \leq \sigma_{v,zul}$$

mit

$\alpha_{0k} = \alpha_0 * \frac{\beta_{kt}}{\beta_{kb}}$	Anstrengungsverhältnis
$\alpha_k = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n}$ oder $\alpha_k = \frac{\tau_{t,\max}}{\tau_{t,N}}$	Formzahl (maximale Kerbspannung bezogen auf die Nennspannung)
$\eta_k = 0...1$	Kerbempfindlichkeitsziffer
$\sigma_{zul} = \frac{\sigma_D * b_1 * b_2}{\beta_k * S}$	zulässige Spannung bei dynamischer Belastung
$\beta_k = 1 + \eta_k(\alpha_k - 1)$	Kerbwirkungszahl
$b_1 = 1...0,6$	Oberflächenbeiwert
$b_2 = 1...0,7$	Größenbeiwert

5 Verdrehung/Durchbiegung

5.1 Verdrehwinkel:

$$\varphi = \frac{T * l}{G * I_t}$$

mit

$I_t = \frac{\pi * d^4}{32}$	Torsionsflächenmoment für Vollwellen
l	Länge der Welle
G	Schubmodul

5.2 Biegelinie:

$$q(x) = E * I(x) * w^{IV}(x)$$