

Formelblatt zur Prüfung "Einführung in die Festigkeitslehre"

11. Februar 2013

Hookesches Gesetz		
Beanspruchung	Dehnungen	Spannungen
σ_x ($\sigma_y = \sigma_z = 0$)	$\varepsilon_x = \frac{1}{E} \cdot \sigma_x$ $\varepsilon_y = -\frac{\mu}{E} \cdot \sigma_x$ $\varepsilon_z = -\frac{\mu}{E} \cdot \sigma_x$	$\sigma_x = E \cdot \varepsilon_x$ $\sigma_y = 0$ $\sigma_z = 0$
$\sigma_x; \sigma_y$ ($\sigma_z = 0$)	$\varepsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \mu \sigma_y)$ $\varepsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \mu \sigma_x)$ $\varepsilon_z = -\frac{\mu}{E} (\sigma_x + \sigma_y)$	$\sigma_x = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_x + \mu \cdot \varepsilon_y)$ $\sigma_y = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_y + \mu \cdot \varepsilon_x)$ $\sigma_z = 0$
$\sigma_x; \sigma_y; \sigma_z$	$\varepsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \mu (\sigma_y + \sigma_z))$ $\varepsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \mu (\sigma_x + \sigma_z))$ $\varepsilon_z = \frac{1}{E} (\sigma_z - \mu (\sigma_x + \sigma_y))$	$\sigma_x = \frac{E}{1+\mu} \left(\varepsilon_x + \frac{\mu}{1-2\mu} \cdot e \right)$ $\sigma_y = \frac{E}{1+\mu} \left(\varepsilon_y + \frac{\mu}{1-2\mu} \cdot e \right)$ $\sigma_z = \frac{E}{1+\mu} \left(\varepsilon_z + \frac{\mu}{1-2\mu} \cdot e \right)$ mit ($e = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$)

Schubspannungs-,
Schiebungs-
beziehungen:

$$\tau_{xy} = G \cdot \gamma_{xy}$$

$$\tau_{yz} = G \cdot \gamma_{yz}$$

$$\tau_{zx} = G \cdot \gamma_{zx}$$

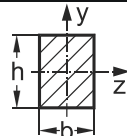
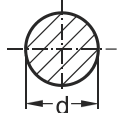
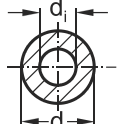
$$\left(G = \frac{E}{2(1+\mu)} \right)$$

Vergleichsspannungen				
Spannungszustand				
Hypo- these	dreiachsig	zweiachsig		
	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 = 0^{+)}$	$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$	σ_b, τ_t
NH	σ_1 (Zug) bzw. σ_3 (Druck)	σ_1	$\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}$	$\frac{\sigma_b}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau_t^2}$
SH	$\sigma_1 - \sigma_3$	σ_1	$\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}^{++)}$	$\sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau_t^2}$
GEH	$\frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$	$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2}$	$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$	$\sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau_t^2}$

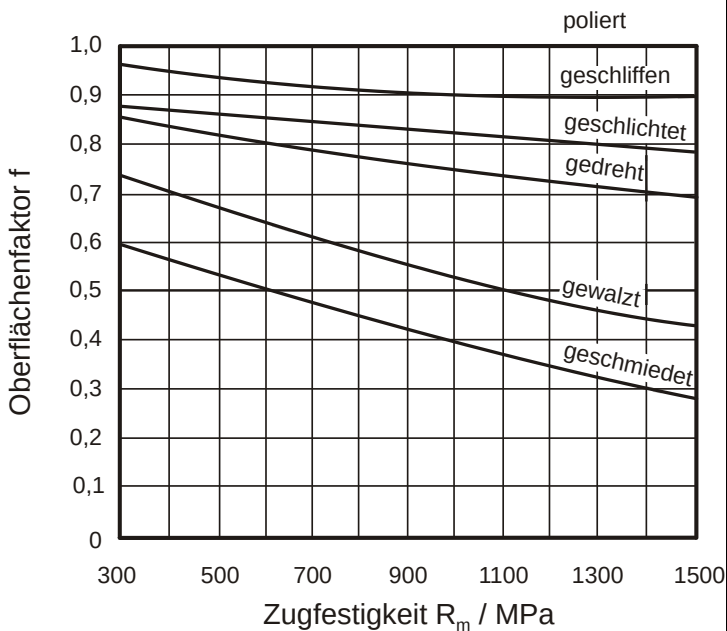
⁺⁾ Für die Fälle $\sigma_1 > 0; \sigma_2 = 0; \sigma_3 < 0$ bzw. $\sigma_1 = 0; \sigma_2 < 0; \sigma_3 < 0$ ergibt sich σ_v aus Spalte 1

⁺⁺⁾ gilt nur für $\sigma_x \sigma_y \leq \tau_{xy}^2$; für $\sigma_x \sigma_y > \tau_{xy}^2$ ist σ_v (SH) = σ_v (NH)

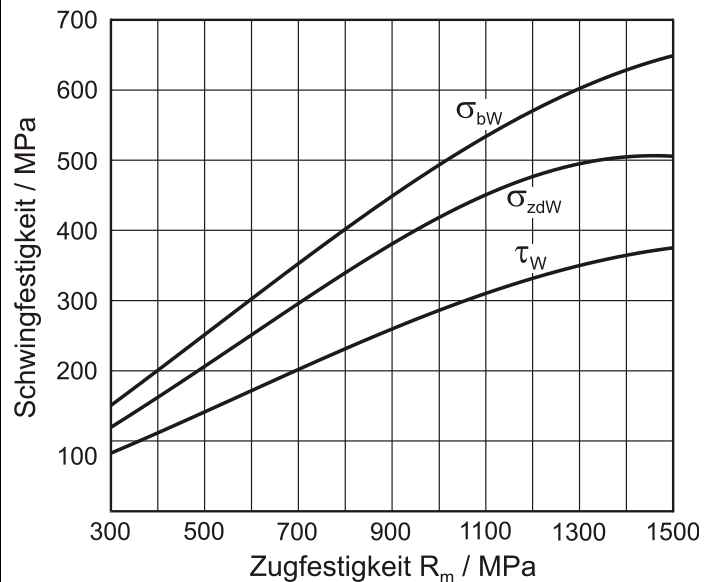
Widerstandsmomente:

Querschnitts- form	Biegung		Torsion	
	Axiales Flächen- trägheitsmoment	Widerstandsmoment gegen Biegung	Polares Flächen- trägheitsmoment	Widerstandsmoment gegen Torsion
	$I_z = \frac{1}{12}bh^3$	$W_{b,z} = \frac{1}{6}bh^2$	nicht elementar lösbar	
	$I = \frac{\pi}{64}d^4$	$W_b = \frac{\pi}{32}d^3$	$I_p = \frac{\pi}{32} \cdot d^4$	$W_t = \frac{\pi}{16} \cdot d^3$
	$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_a^4 - d_i^4)$	$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a}$	$I = \frac{\pi}{32} \cdot (d_a^4 - d_i^4)$	$W_t = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a}$

Oberflächenfaktor f in Abhängigkeit von der Zugfestigkeit ($f = \sigma_W / \sigma_{W \text{ poliert}}$) für Stähle



Schwingfestigkeitskennwerte in Abhängigkeit von der Zugfestigkeit für Stähle



Näherungsformeln für die dauerfest ertragbare Spannungsamplitude:

Für zähe Werkstoffe:

$$\sigma_A = \sigma_W \sqrt{1 - \frac{\sigma_m}{R_m}}$$

Für spröde Werkstoffe:

$$\sigma_A = \sigma_W \left(1 - \frac{\sigma_m}{R_m} \right)$$

Näherungsformel für die Kerbwirkungszahl:

$$\beta_k = \frac{\alpha_k}{1 + \frac{55}{R_e} \cdot \sqrt{\frac{C}{\rho}}}$$

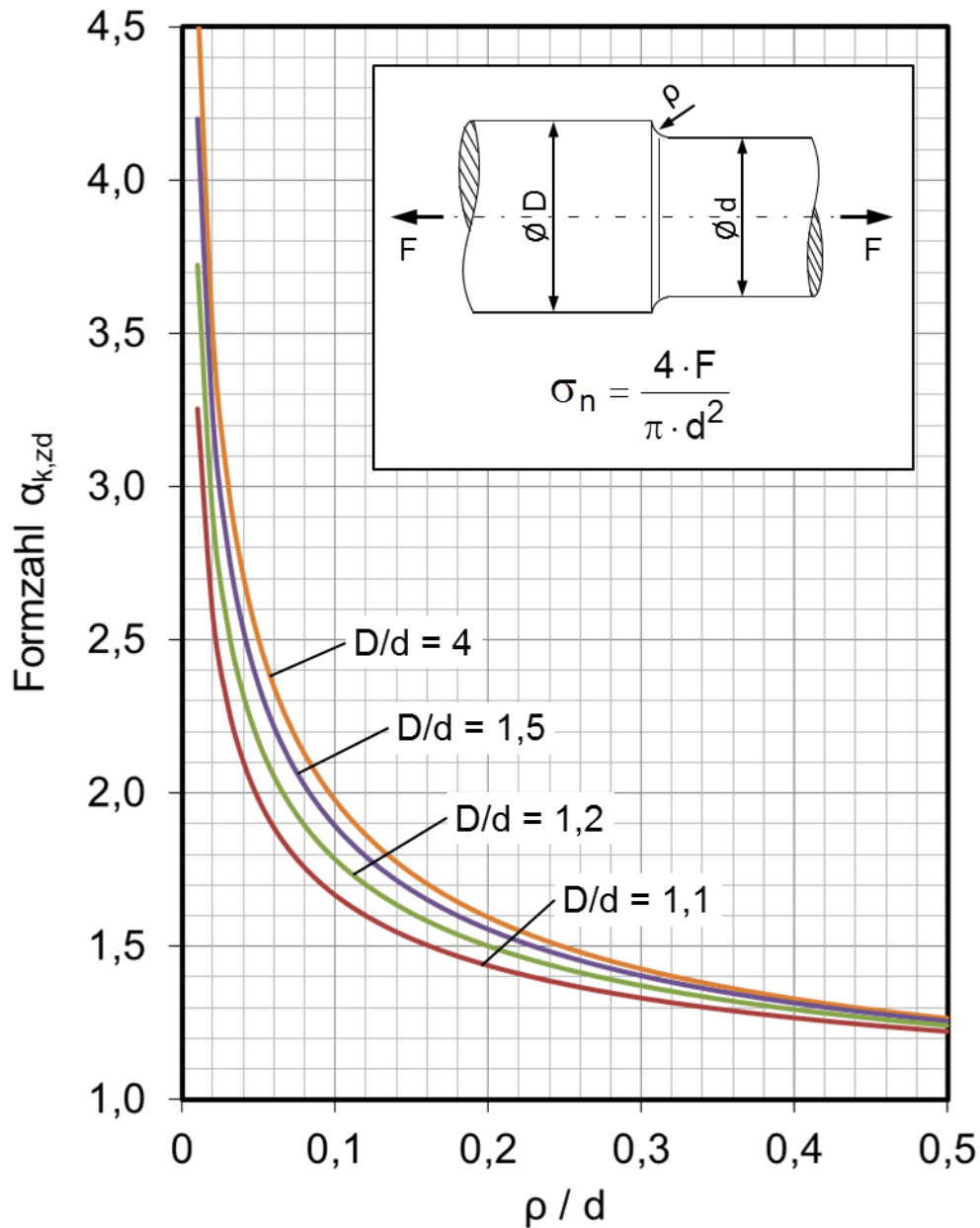
R_e : Streckgrenze [in MPa]

ρ : Kerbradius [in mm]

$C=2$: bei Zug/Druck und Biegung

$C=1$: bei Torsion

Formzahldiagramm für abgesetzte Rundstäbe unter Zug / Druck:



Formeln zur Berechnung dünnwandiger Hohlzylinder unter Innendruck:

Umfangsspannung:

$$\sigma_u = \frac{p \cdot d_i}{2 \cdot s}$$

p: Innendruck [in MPa]

d_i : Innendurchmesser [in mm]

s: Wanddicke [in mm]

Längsspannung:

$$\sigma_l = \frac{p \cdot d_i}{4 \cdot s}$$

Radialspannung (Innenseite):

$$\sigma_{ri} = -p$$

Erdbeschleunigung:

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$