

ZUG FB

$\sigma_{\text{wirk}} = \frac{F}{A}$
 $\sigma_{\text{wirk}} \leq \sigma_{\text{zul}}$

zugfest: $\sigma_m = \frac{F_{\text{max}}}{A_0} \cdot R_m = \frac{F_{\text{Bruch}}}{A_0}$

Dehnung: $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot \frac{A_0}{A_0}$

gesamte $E_{\text{ges}} = E_{\text{el}} + E_{\text{pl}}$
 $E_{\text{el}}: \epsilon_{\text{el}} = \frac{\sigma}{E}$ bei Höchstlast
 $E_{\text{pl}}: \epsilon_{\text{pl}} = \frac{\sigma_{\text{Bruch}}}{E}$

Hooke'sches Gesetz: $\epsilon = \frac{\sigma}{E}$
 Poisson's Gesetz: $\mu = \frac{\epsilon_{\text{quers.}}}{\epsilon_{\text{long.}}}$

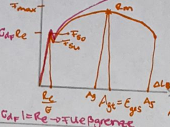
Fließbeginn: $\sigma_{\text{max}} = R_e = \sigma_{\text{ZF}}$

Rechnen gegen Versagen

zäh Fließen $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_e}{S_F}$
 Bruch $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$

spröde Bruch $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$

zäh: pl. verformbar $\rightarrow R_e, R_m, A, \epsilon$
 ausgepr. Fließbeginn

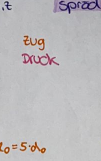


$10A_1 = R_e \rightarrow \text{Fließbeginn}$
 $A_{50} = R_{0.5}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$

$R_e \sim \frac{1}{A_1}$

spröde nicht pl. verformbar
 wenn $R_e, A \geq 20$
 elastisch $\rightarrow$ Bruch



Bruchdehnung: $A = \frac{\Delta l_0}{l_0} \cdot 100(\%)$
 Bruchstreckzahl: $Z = \frac{A_0 - A_B}{A_0} \cdot 100(\%)$

Flächennutz: $u = \frac{A_0}{A} \cdot 100(\%)$
 $0 = \frac{A_0}{A} \cdot 100(\%)$

Flächennutz: $u = \frac{A_0}{A} \cdot 100(\%)$
 $0 = \frac{A_0}{A} \cdot 100(\%)$

DRUCK

$\sigma_{\text{wirk}} = \frac{F}{A}$

Fließbeginn: $\sigma_{\text{ZF}} = -R_e$
 Bruchlast F_{Bruch} nach EUL: $F_{\text{Bruch}} = C \cdot \frac{F}{S_C}$

Schankheitsgr: $\lambda = \frac{l}{i} \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\text{ZF}}}}$

gleichseitig: $h = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot d$
 gleichschenk: $l_2 = \frac{b \cdot h}{2}$
 $W_{01} = \frac{b \cdot h^3}{12}$
 $W_{02} = \frac{b^3 \cdot h}{12}$

BIEGUNG y-Abstand zu neut. Faser, R=Krümmungsradius
 Maximalsp: $G_0 = \frac{M_b}{W_0}$ axial. Widerstandsmoment $W_0 = \frac{I_y}{y_{\text{max}}}$

Fließbeginn: $\sigma_{\text{ZF}} = R_e$
 $l_2 = y \cdot d \cdot A$
 $M = \frac{G}{y} \cdot l_2$

Dehnungsverf: $\epsilon = \frac{y}{R}$
 Spannungsverf: $\sigma = \frac{E}{R} \cdot y$

Spannung: $\sigma(y) = \frac{M}{I_y} \cdot y$
 wenn asym. zur Biegeachse

$G_0 = \frac{M_b}{W_0}$
 $\sigma_{\text{ZF}} = \frac{F_{\text{Bruch}}}{A_0}$
 $\sigma_{\text{ZF}} = \frac{F_{\text{Bruch}}}{A_0}$

$S_C = \frac{F_{\text{Bruch}}}{F} = \frac{C}{S_C}$
 $\sigma_{\text{ZF}} = \frac{F_{\text{Bruch}}}{A_0}$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_e}{S_F}$
 Bruch $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$

spröde Bruch $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$
 Knicken $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2,5 - 5 \quad 3,5$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Rechnen gegen Versagen

zäh Fließen $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_e}{S_F}$
 Bruch $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$

spröde Bruch $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$
 Knicken $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2,5 - 5 \quad 3,5$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_e}{S_F}$
 Bruch $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$

spröde Bruch $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$
 Knicken $\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_m}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2,5 - 5 \quad 3,5$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

SCHUB

Schubsp: $\tau = \frac{F}{A}$
 Gleitmodul: $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$
 Elastizitätsgr: $\tau = G \cdot \gamma$

TORSION $M_t = \frac{W_t}{r}$
 Verdrehwinkel: $\varphi = \frac{M_t \cdot l}{G \cdot I_p}$
 Schraubung: $\gamma(r) = \frac{\varphi}{l} \cdot r$
 Schubsp: $\tau(r) = \frac{M_t}{I_p} \cdot r$

$M_t = \frac{F \cdot r}{2}$
 $\tau_{\text{max}} = \frac{M_t}{W_t}$
 $\tau_{\text{max}} = \frac{F \cdot r}{2 \cdot W_t}$

Rechnen gegen Versagen
zäh Bruch $\tau_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$
spröde -

$S_B = 2$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $\tau_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
spröde Bruch $\tau_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

SCHWINGUNG

Spannungsspitze $G_0 = \frac{\sigma_0}{\sqrt{2}}$
 Mittelspannung $\sigma_m = \frac{\sigma_0}{2}$
 Schwingbreite $\sigma = \frac{\sigma_0}{2}$
 Spannungverhältnis $R = \frac{\sigma_0}{\sigma_m}$
 ertragbare Spannungsfakt:

zäh $G_0 = G_{\text{zul}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\sigma_m}{G_{\text{zul}}}}$
spröde $G_0 = G_{\text{zul}} \cdot (1 - \frac{\sigma_m}{G_{\text{zul}}})$

$G_{\text{zul}} = f \cdot G_{\text{stat}}$
 $G_{\text{stat}} = \frac{F_{\text{stat}}}{A}$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
 Bruch $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Dauerfestigkeitsschraub

$G_m \cdot G_0 = \frac{G_{\text{sch}}}{Z}$

Smith $G_m \cdot G_0 = \frac{G_{\text{sch}}}{Z}$

$G_{\text{sch}} = \text{Schw. Wert}$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
 Bruch $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
 Bruch $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
 Bruch $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
 Bruch $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
 Bruch $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Spannungsschwingung

$G_m \cdot G_0 = \frac{G_{\text{sch}}}{Z}$

Smith $G_m \cdot G_0 = \frac{G_{\text{sch}}}{Z}$

$G_{\text{sch}} = \text{Schw. Wert}$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
 Bruch $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
 Bruch $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

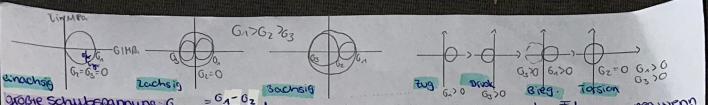
$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
 Bruch $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$

Rechnen gegen Versagen
zäh Fließen $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tF}}{S_F}$
 Bruch $G_{\text{zul}} = \frac{R_{tB}}{S_B}$

$S_F = 1,2 - 2 \quad 1,5$
 $S_B = 2 - 3 \quad 2$
 $S_0 = 4 - 9 \quad 4$
 $S_K = 2,5 - 5 \quad 3,5$



große Schubspannung $G_{max} = \frac{G_1 - G_2}{2} \cdot \sqrt{1 + \frac{G_1 + G_2}{G_1 - G_2}}$ $l_0, sMPa = 5 bar$ $HPa = 10 bar$ $P = \frac{F}{A}$ $F = P \cdot A$ $\rightarrow$ neg wenn Druckkraft

Druckbehälter
 Umfangsspannung: $G_u = \frac{p \cdot d_i}{2s}$
 Längsspannung: $G_l = \frac{p \cdot d_i}{s}$
 Radialspannung: innen: $G_r = p$ außen: $G_r = 0$
 Kugelförmig: $G_u = G_l = G_r$
 hochstbeanspr.: innerseits
 dünnwandig: $\frac{d_i}{s} \leq 1,2$

Vergleichsspannung $G_v = G_{zul}$
 NH: Versagen: $G_v = R_m, G_{ul} = G_{zul}$
 gepöde (keinführen)
 3-achsiger Zug
 SH: Versagen: $G_v = R_e, G_{ul} = W$
 2-achsiger Zug
 GEH: Versagen: $G_v = R_e, G_{ul} = W$
 Längsspannung
 Dichtung

Dehnung innen
 $E_l = -\frac{1}{E} (G_u + G_r)$
 $E_r = \frac{1}{E} (G_r - \mu G_u)$
 $E_u = \frac{1}{E} (G_u - \mu G_r)$
Mitte
 Längsspannung
 Dichtung

$G_1 = \frac{\sigma}{2} \left[\tan^{-1} \left(\frac{2\tau_{xy}}{G_x - G_y} \right) \right]$
 Hauptsp.: $G_{max} = \frac{G_x + G_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{G_x - G_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2}$
 $G_{min} = \frac{G_x + G_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{G_x - G_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2}$
 2-achsiger: $G_{max} = \frac{G_x}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{G_x^2 + 4\tau_{xy}^2}$
 $G_{min} = \frac{G_x}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{G_x^2 + 4\tau_{xy}^2}$
 3-achsiger: $G_{max} = \frac{G_1 + G_2}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(G_1 - G_2)^2 + 4\tau_{xy}^2}$
 $G_{min} = \frac{G_1 + G_2}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(G_1 - G_2)^2 + 4\tau_{xy}^2}$

Kerbwirkung $G_{max} \leq G_{zul}$
 Nennspannung $G_n = \frac{F}{A_n}$ $R_{mK} = \frac{F_{max}}{A_n}$
 Formzahl: $\alpha_K = \frac{G_{max}}{G_n} \rightarrow G_{max} = \alpha_K \cdot G_n$
 Max. Spannung Kerbgrund $G_{max} = \alpha_K \cdot G_n$
 Schw. Beanspr.: $G_n = \frac{F}{A_n}$
 max. Sp. ampl.: $G_{max} = \beta_K \cdot G_n$
 Kerbwirkungszahl: $\beta_K = \frac{G_{max}}{G_n} = \frac{G_n}{G_{nK}}$
 Dietmann: $\beta_K = \frac{1 + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{\rho}}}{1 + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{r}{\rho}}}$ (c: Zug, Druck, Biegung)
 $1 \leq \beta_K \leq \alpha_K$

Teilplast. Zustand
 mögl. Laststeigerung $\eta_K = \frac{F_{pl}}{F} = \sqrt{1 + \frac{E_{pl}}{E_F}} = \sqrt{\frac{G_{pl}}{G_F}}$
 Vollplast. Zustand
 Last $F_{pl} = R_e \cdot A$
Rechnen gegen Versagen:
 statisch: 2-ach. Fließen $\alpha_K \cdot G_n \leq \frac{R_e}{\beta_K}$
 Bruch $G_n \leq \frac{G_{ul}}{\beta_K}$
 statisch: 3-ach. Fließen $\alpha_K \cdot G_n \leq \frac{R_m}{\beta_K}$
 Bruch $\beta_K \cdot G_n \leq \frac{G_{ul}}{s_0}$
 statisch: 2-ach. Schw. $G_{max} \leq G_{zul}$
 Bruch $\beta_K \cdot G_n \leq \frac{G_{ul}}{s_0}$
 statisch: 3-ach. Schw. $G_{max} \leq G_{zul}$
 Bruch $\beta_K \cdot G_n \leq \frac{G_{ul}}{s_0}$

