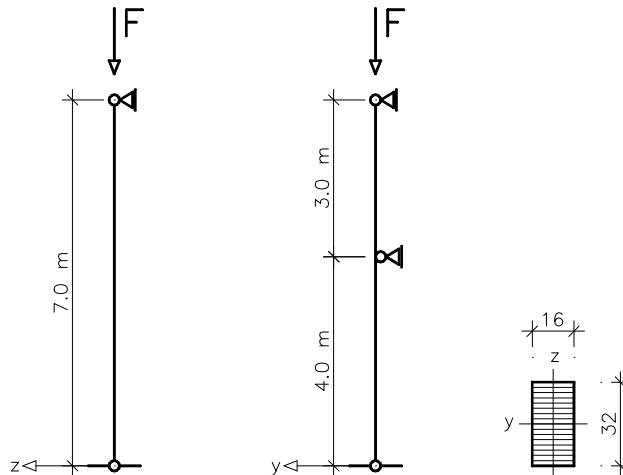


HO1 – Beispiel 1: Reiner Druckstab nach DIN 1052:2008

System



Lasten: $F_{G,k} = 114 \text{ kN}$ (ständige Last)

$F_{Q,k} = 34 \text{ kN}$ (Wind)

Nutzungsklasse 2

Material GL 28h

Nachweise der Tragfähigkeit unter Normaltemperatur

Bemessungswerte der Einwirkungen

Lastfall 1: nur Eigengewicht

$$N_d = \gamma_G \cdot F_{G,k} = 1,35 \cdot 114 \text{ kN} = 153,9 \text{ kN}$$

Lastfall 2: Eigengewicht und Wind

$$N_d = \gamma_G \cdot F_{G,k} + \gamma_Q \cdot F_{Q,k} = 1,35 \cdot 114 \text{ kN} + 1,50 \cdot 34 \text{ kN} = 204,9 \text{ kN}$$

Bestimmung des maßgebenden Lastfalls

$$\frac{153,9}{0,6} = \underline{\underline{256,5}} > 227,7 = \frac{204,9}{0,9}$$

Lastfall 1 („nur Eigengewicht“) maßgebend für die Bemessung.

Querschnittswerte

$$A = b \cdot d = 16 \text{ cm} \cdot 32 \text{ cm} = 512 \text{ cm}^2$$

$$I_y = \frac{b \cdot d^3}{12} = \frac{16 \text{ cm} \cdot (32 \text{ cm})^3}{12} = 43691 \text{ cm}^4$$

$$I_z = \frac{b^3 \cdot d}{12} = \frac{(16 \text{ cm})^3 \cdot 32 \text{ cm}}{12} = 10923 \text{ cm}^4$$

Bemessungswerte der Beanspruchungen

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{153,9 \cdot 10^{-3} \text{ MN}}{512 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 3,01 \text{ MN/m}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten

Nutzungsstufe 2 und „ständige“ Lasteinwirkungsdauer: $k_{\text{mod}} = 0,6$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{c,0,k} = \frac{0,6}{1,3} \cdot 26,5 \text{ MN/m}^2 = 12,23 \text{ MN/m}^2$$

Beiwerte des Ersatzstabverfahren

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{43961 \text{ cm}^4}{512 \text{ cm}^2}} = 9,24 \text{ cm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{10923 \text{ cm}^4}{512 \text{ cm}^2}} = 4,62 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{\text{ef},y}}{i_y} = \frac{700 \text{ cm}}{9,24 \text{ cm}} = 75,8$$

$$\lambda_z = \frac{l_{\text{ef},z}}{i_z} = \frac{400 \text{ cm}}{4,62 \text{ cm}} = \underline{\underline{86,6}}$$

Da der Bemessungswert des ständigen Lastanteils 70 % des Bemessungswertes der Gesamtlast überschreitet, ist der Einfluss des Kriechens durch eine Abminderung der Steifigkeit zu berücksichtigen.

$$E_d = \frac{5/6 \cdot E_{0,\text{mean}}}{1 + k_{\text{def}}} = \frac{5/6 \cdot 12600 \text{ MN/m}^2}{1 + 0,8} = 5833 \text{ MN/m}^2$$

$$\lambda_{\text{rel},c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_d}} = \frac{86,6}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26,5 \text{ MN/m}^2}{5833 \text{ MN/m}^2}} = 1,858$$

$$k = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},c} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c}^2\right) = 0,5 \cdot \left(1 + 0,1 \cdot (1,858 - 0,3) + 1,858^2\right) = 2,304$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel},c}^2}} = \frac{1}{2,304 + \sqrt{2,304^2 - 1,858^2}} = 0,273$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{3,01 \text{ MN/m}^2}{0,273 \cdot 12,23 \text{ MN/m}^2} = \underline{\underline{0,90}} < 1$$

Nachweise der Tragfähigkeit im Brandfall

Bemessungswerte der Einwirkungen

Außergewöhnliche Lastfallkombination:

$$N_{d,fi} = \gamma_{GA} \cdot F_{G,k} + \psi_1 \cdot F_{Q,k} = 1,0 \cdot 114 \text{ kN} + 0,50 \cdot 34 \text{ kN} = 131 \text{ kN}$$

Querschnittswerte

$$d(t_f) = \beta_N \cdot t_f = 0,7 \text{ mm/min} \cdot 30 \text{ min} = 21 \text{ mm}$$

$$b_r = 16 \text{ cm} - 2 \cdot 2,1 \text{ cm} = 11,8 \text{ cm}$$

$$d_r = 32 \text{ cm} - 2 \cdot 2,1 \text{ cm} = 27,8 \text{ cm}$$

$$U_r = 2 \cdot 11,8 \text{ cm} + 2 \cdot 27,8 \text{ cm} = 79,2 \text{ cm} = 79,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$A_r = 11,8 \text{ cm} \cdot 27,8 \text{ cm} = 328 \text{ cm}^2 = 328 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_{y,r} = \frac{b_r \cdot d_r^3}{12} = \frac{11,8 \text{ cm} \cdot (27,8 \text{ cm})^3}{12} = 21127 \text{ cm}^4$$

$$I_{z,r} = \frac{b_r^3 \cdot d_r}{12} = \frac{(11,8 \text{ cm})^3 \cdot 27,8 \text{ cm}}{12} = 3806 \text{ cm}^4$$

Bemessungswerte der Festigkeiten und Steifigkeiten

$$k_{\text{mod},c,fi} = 1 - \frac{1}{125} \cdot \frac{79,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{328 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,807$$

$$k_{\text{mod},E,fi} = 1 - \frac{1}{333} \cdot \frac{79,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{328 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,927$$

$$k_{fi} = 1,15$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$f_{c,0,d,fi} = k_{\text{mod},c,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 0,807 \cdot 1,15 \cdot \frac{26,5 \text{ MN/m}^2}{1,0} = 24,59 \text{ MN/m}^2$$

$$E_{d,fi} = k_{\text{mod},E,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{E_{0,05}}{\gamma_{M,fi}} = 0,927 \cdot 1,15 \cdot \frac{5833 \text{ MN/m}^2}{1,0} = 6222 \text{ MN/m}^2$$

Bemessungswerte der Beanspruchungen

$$\sigma_{c,0,d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_r} = \frac{131 \cdot 10^{-3} \text{ MN}}{328 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 3,99 \text{ MN/m}^2$$

Beiwerte des Ersatzstabverfahren

$$i_{y,r} = \sqrt{\frac{I_{y,r}}{A_r}} = \sqrt{\frac{21127 \text{ cm}^4}{328 \text{ cm}^2}} = 8,03 \text{ cm}$$

$$i_{z,r} = \sqrt{\frac{I_{z,r}}{A_r}} = \sqrt{\frac{3806 \text{ cm}^4}{328 \text{ cm}^2}} = 3,41 \text{ cm}$$

$$\lambda_{y,r} = \frac{l_{\text{ef},y}}{i_{y,r}} = \frac{700 \text{ cm}}{8,03 \text{ cm}} = 87,2$$

$$\lambda_{z,r} = \frac{l_{\text{ef},z}}{i_{z,r}} = \frac{400 \text{ cm}}{3,41 \text{ cm}} = \underline{\underline{117,4}}$$

$$\lambda_{\text{rel},c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,d,fi}}{E_{d,fi}}} = \frac{117,4}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,59 \text{ MN/m}^2}{6222 \text{ MN/m}^2}} = 2,350$$

$$k = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel,c}} - 0,3) + \lambda_{\text{rel,c}}^2\right) = 0,5 \cdot \left(1 + 0,1 \cdot (2,350 - 0,3) + 2,350^2\right) = 3,363$$

$$k_{\text{c,fi}} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{\text{rel,c}}^2}} = \frac{1}{3,363 + \sqrt{3,363^2 - 2,350^2}} = 0,173$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{\text{c,0,d,fi}}}{k_{\text{c,fi}} \cdot f_{\text{c,0,d,fi}}} = \frac{3,99 \text{ MN/m}^2}{0,173 \cdot 24,59 \text{ MN/m}^2} = \underline{\underline{0,94 < 1}}$$

Nachweise der Tragfähigkeit der Schwelle

Bemessungswerte der Einwirkungen

$$N_d = \gamma_G \cdot F_{\text{G,k}} = 1,35 \cdot 114 \text{ kN} = 153,9 \text{ kN}$$

Querschnittswerte

$$A_{\text{ef}} = 32 \text{ cm} \cdot (16 \text{ cm} + 2 \cdot 3 \text{ cm}) = 704 \text{ cm}^2$$

Bemessungswerte der Beanspruchungen

$$\sigma_{\text{c,90,d}} = \frac{N_d}{A_{\text{ef}}} = \frac{153,9 \cdot 10^{-3} \text{ MN}}{704 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 2,19 \text{ MN/m}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten

$$f_{\text{c,90,d}} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{\text{c,90,k}} = \frac{0,6}{1,3} \cdot 3,0 \text{ MN/m}^2 = 1,38 \text{ MN/m}^2$$

Querdruckbeiwert

Annahme: Weitere Lastenleitungen in ausreichendem Abstand.

$$k_{\text{c,90}} = 1,50$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{\text{c,90,d}}}{k_{\text{c,90}} \cdot f_{\text{c,90,d}}} = \frac{2,19 \text{ MN/m}^2}{1,50 \cdot 1,38 \text{ MN/m}^2} = \underline{\underline{1,06 > 1}}$$

Änderungsvorschlag

Verwenden eines höherwertigen Brettschichtholzes für die Schwelle, z.B. GL32h

$$f_{\text{c,90,d}} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{\text{c,90,k}} = \frac{0,6}{1,3} \cdot 3,3 \text{ MN/m}^2 = 1,52 \text{ MN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{\text{c,90,d}}}{k_{\text{c,90}} \cdot f_{\text{c,90,d}}} = \frac{2,19 \text{ MN/m}^2}{1,50 \cdot 1,52 \text{ MN/m}^2} = \underline{\underline{0,96 < 1}}$$