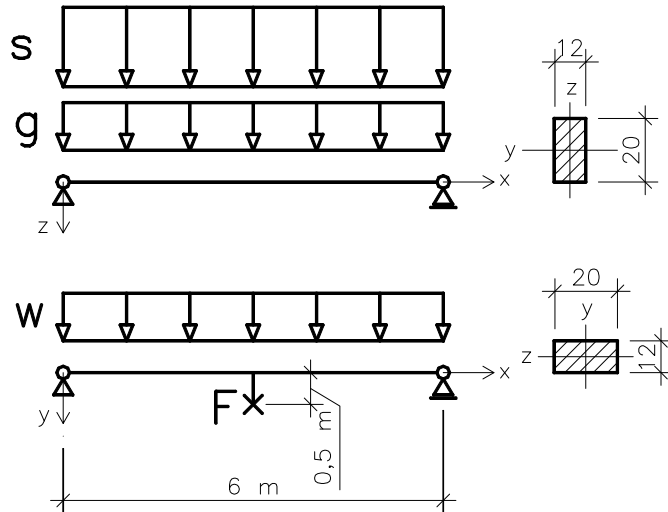


HO11+ Beispiel 1: Einfeldträger mit Doppelbiegung und Torsion nach DIN EN 1995:2013

System



Lasten: $g_k = 0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,5 \text{ m} = 0,175 \text{ kN/m}$ (ständige Last)
 $s_k = 0,8 \cdot 0,85 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,5 \text{ m} = 0,34 \text{ kN/m}$ (Schnee < 1000 m ü. N.N.)
 $w_k = 1,0 \cdot 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} = 1,0 \text{ kN/m}$ (Wind)
 $F_k = 1,0 \text{ kN}$ (Mannlast)

Nutzungsklasse 2

Material C 24

Charakteristische Werte der Einwirkungen

$$M_{y,k}^g = \frac{g_k \cdot l^2}{8} = \frac{0,175 \text{ kN/m} \cdot (6,00 \text{ m})^2}{8} = 0,79 \text{ kNm}$$

$$M_{y,k}^s = \frac{s_k \cdot l^2}{8} = \frac{0,34 \text{ kN/m} \cdot (6,00 \text{ m})^2}{8} = 1,53 \text{ kNm}$$

$$M_{y,k}^F = \frac{F \cdot l}{4} = \frac{1,0 \text{ kN} \cdot 6,00 \text{ m}}{4} = 1,5 \text{ kNm}$$

$$M_{z,k}^w = \frac{w_k \cdot l^2}{8} = \frac{1,0 \text{ kN/m} \cdot (6,00 \text{ m})^2}{8} = 4,50 \text{ kNm}$$

$$M_{T,k}^F = F_k \cdot e = 1,0 \text{ kN} \cdot 0,5 \text{ m} = 0,50 \text{ kNm}$$

$$V_{z,k}^g = \frac{g_k \cdot l}{2} = \frac{0,175 \text{ kN/m} \cdot 6,00 \text{ m}}{2} = 0,53 \text{ kN}$$

$$V_{z,k}^s = \frac{s_k \cdot l}{2} = \frac{0,34 \text{ kN/m} \cdot 6,00 \text{ m}}{2} = 1,02 \text{ kN}$$

$$V_{z,k}^F = \frac{F_k}{2} = \frac{1,0 \text{ kN}}{2} = 0,5 \text{ kN}$$

$$V_{y,k}^w = \frac{w_k \cdot l}{2} = \frac{1,0 \text{ kN/m} \cdot 6,00 \text{ m}}{2} = 3,00 \text{ kN}$$

Nachweise der Tragfähigkeit unter Normaltemperatur

Bemessungswerte der Einwirkungen

$$M_{y,d}^g = \gamma_G \cdot M_{y,k}^g = 1,35 \cdot 0,79 \text{ kNm} = 1,06 \text{ kNm}$$

$$M_{y,d}^s = \gamma_Q \cdot M_{y,k}^s = 1,50 \cdot 1,53 \text{ kNm} = 2,30 \text{ kNm}$$

$$M_{y,d}^F = \gamma_Q \cdot M_{y,k}^F = 1,50 \cdot 1,50 \text{ kNm} = 2,25 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d}^w = \gamma_Q \cdot M_{z,k}^w = 1,50 \cdot 4,50 \text{ kNm} = 6,75 \text{ kNm}$$

$$M_{T,d}^F = \gamma_Q \cdot M_{T,k}^F = 1,50 \cdot 0,50 \text{ kNm} = 0,75 \text{ kNm}$$

$$V_{z,d}^g = \gamma_G \cdot V_{z,k}^g = 1,35 \cdot 0,53 \text{ kN} = 0,71 \text{ kN}$$

$$V_{z,d}^s = \gamma_Q \cdot V_{z,k}^s = 1,50 \cdot 1,02 \text{ kN} = 1,53 \text{ kN}$$

$$V_{z,d}^F = \gamma_Q \cdot V_{z,k}^F = 1,50 \cdot 0,5 \text{ kN} = 0,75 \text{ kN}$$

$$V_{y,d}^w = \gamma_Q \cdot V_{y,k}^w = 1,50 \cdot 3,00 \text{ kN} = 4,50 \text{ kN}$$

Querschnittswerte

$$A = b \cdot d = 12 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm} = 240 \text{ cm}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot d^2}{6} = \frac{12 \text{ cm} \cdot (20 \text{ cm})^2}{6} = 800 \text{ cm}^3$$

$$W_z = \frac{b^2 \cdot d}{6} = \frac{(12 \text{ cm})^2 \cdot 20 \text{ cm}}{6} = 480 \text{ cm}^3$$

$$W_t = \beta \cdot b^2 \cdot d = 0,236 \cdot (12 \text{ cm})^2 \cdot 20 \text{ cm} = 680 \text{ cm}^3$$

Bemessungswerte der Beanspruchungen

$$\sigma_{m,y,d}^g = \frac{M_{y,d}^g}{W_y} = \frac{1,06 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{800 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 1,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^s = \frac{M_{y,d}^s}{W_y} = \frac{2,30 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{800 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 2,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^F = \frac{M_{y,d}^F}{W_y} = \frac{2,25 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{800 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 2,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d}^w = \frac{M_{z,d}^w}{W_z} = \frac{6,75 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{480 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 14,06 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{z,d}^g = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{z,d}^g}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,71 \cdot 10^3 \text{ N}}{240 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 0,04 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{z,d}^s = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{z,d}^s}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1,53 \cdot 10^3 \text{ N}}{240 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 0,10 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{z,d}^F = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{z,d}^F}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,75 \cdot 10^3 \text{ N}}{240 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 0,05 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{y,d}^w = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{y,d}^w}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{4,50 \cdot 10^3 \text{ N}}{240 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},d}^F = \frac{M_{t,d}^F}{W_t} = \frac{0,75 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{680 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 1,10 \text{ N/mm}^2$$

Nachweise

Eine Überlagerung der Einwirkung einer Mannlast mit Schneelasten und/oder Windeinwirkung ist nicht erforderlich.

Nachweis für Biegung

Maßgebende Bemessungssituation: $g + w + \psi_0 \cdot s$

Nutzungsklasse 2 und Mittelwert aus „kurzer“ und „sehr kurzer“ Lasteinwirkungsdauer für Wind: $k_{\text{mod}} = (0,9 + 1,1)/2 = 1,0$.

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{m,k} = \frac{1,0}{1,3} \cdot 24 \text{ N/mm}^2 = 18,46 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$\begin{aligned} k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}^g + \psi_0 \cdot \sigma_{m,y,d}^s}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \\ &= 0,7 \cdot \frac{1,33 \text{ N/mm}^2 + 0,5 \cdot 2,88 \text{ N/mm}^2}{18,46 \text{ N/mm}^2} + \frac{14,06 \text{ N/mm}^2}{18,46 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,11 + 0,76 = \underline{\underline{0,87}} < 1 \end{aligned}$$

Nachweis für Schub

Maßgebende Bemessungssituation: $g + F$.

Nutzungsklasse 2 und kurze Lasteinwirkungsdauer: $k_{\text{mod}} = 0,9$.

$$f_{v,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot k_{cr} \cdot f_{v,k} = \frac{0,9}{1,3} \cdot \frac{2,0}{4,0} \cdot 4,0 \text{ N/mm}^2 = 1,38 \text{ N/mm}^2$$

Nach NCI zu 6.1.8 braucht bei Torsion der k_{cr} nicht berücksichtigt zu werden:

$$f_{v,d,Torsion} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{v,k} = \frac{0,9}{1,3} \cdot 4,0 \text{ N/mm}^2 = 2,77 \text{ N/mm}^2$$

Beiwert in Abhängigkeit der Querschnittsform nach EN 1995-1-1/A2:2014:

$$k_{\text{shape}} = 1 + 0,05 \frac{h}{b} = 1 + 0,05 \frac{20}{12} = 1,08$$

Nachweis:

$$\begin{aligned} \frac{\tau_{\text{tor},d}}{k_{\text{shape}} \cdot f_{v,d,Torsion}} + \left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \right)^2 &= \frac{1,10}{1,08 \cdot 2,77} + \left(\frac{0,04 + 0,05 \text{ N/mm}^2}{1,38 \text{ N/mm}^2} \right)^2 \\ &= \underline{\underline{0,37}} < 1 \end{aligned}$$