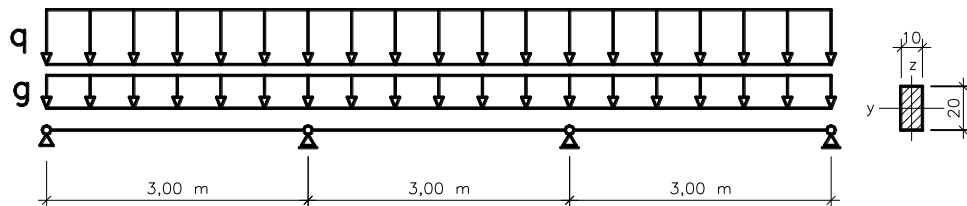


HO7 – Beispiel 1: Durchlaufträger über drei Felder nach NTC 2008 + UNI EN 1995-1-1

System



Lasten: $g_{k1} = 2,0 \text{ kN/m}^2$; $g_{k2} = 0,0 \text{ kN/m}^2$ (ständige Last)

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ (Nutzlast Kategorie D2)

Balkenabstand $e = 0,80 \text{ m}$

Nutzungsstufe 2

Material C24

Nachweise der Tragfähigkeit unter Normaltemperatur

Bemessungswerte der Einwirkungen

$$g_d = \gamma_{G1} \cdot g_{k1} \cdot e = 1,3 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,80 \text{ m} = 2,08 \text{ kN/m}$$

$$q_d = \gamma_Q \cdot q_k \cdot e = 1,50 \cdot 5,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,80 \text{ m} = 6,00 \text{ kN/m}$$

Bemessungsmaßgebende Schnittgrößen

Maximales Feldmoment Feld 1

$$\begin{aligned} M_{d,\text{Feld1}} &= 0,080 \cdot g_d \cdot l^2 + 0,101 \cdot q_d \cdot l^2 \\ &= 0,080 \cdot 2,08 \text{ kN/m} \cdot (3,00 \text{ m})^2 + 0,101 \cdot 6,00 \text{ kN/m} \cdot (3,00 \text{ m})^2 \\ &= 1,50 + 5,45 \approx 7,0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maximales Feldmoment Feld 2

$$\begin{aligned} M_{d,\text{Feld2}} &= 0,025 \cdot g_d \cdot l^2 + 0,075 \cdot q_d \cdot l^2 \\ &= 0,025 \cdot 2,08 \text{ kN/m} \cdot (3,00 \text{ m})^2 + 0,075 \cdot 6,00 \text{ kN/m} \cdot (3,00 \text{ m})^2 \\ &= 0,47 + 4,05 \approx 4,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Minimales Stützmoment

$$\begin{aligned} M_{d,\text{Stütz}} &= -0,100 \cdot g_d \cdot l^2 - 0,117 \cdot q_d \cdot l^2 \\ &= -0,100 \cdot 2,08 \text{ kN/m} \cdot (3,00 \text{ m})^2 - 0,117 \cdot 6,00 \text{ kN/m} \cdot (3,00 \text{ m})^2 \\ &= -1,87 - 6,32 \approx -8,25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Aufgrund feldweiser Belastung im Programm, bei der auch γ_{G1} günstig oder ungünstig wirkend angenommen wird, kommt es zwischen Handrechnung und Programm zu geringen Abweichungen.

Extremwert der Querkraft

$$\begin{aligned}
 V_d &= -0,600 \cdot g_d \cdot l - 0,617 \cdot q_d \cdot l \\
 &= -0,600 \cdot 2,08 \text{ kN/m} \cdot 3,00 \text{ m} - 0,617 \cdot 6,00 \text{ kN/m} \cdot 3,00 \text{ m} \\
 &= -3,74 - 11,11 = -14,85 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Querschnittswerte

$$\begin{aligned}
 A &= b \cdot d = 10 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm} = 200 \text{ cm}^2 \\
 W_y &= \frac{b \cdot d^2}{6} = \frac{10 \text{ cm} \cdot (20 \text{ cm})^2}{6} = 667 \text{ cm}^3 \\
 I_y &= \frac{b \cdot d^3}{12} = \frac{10 \text{ cm} \cdot (20 \text{ cm})^3}{12} = 6667 \text{ cm}^4 \\
 I_z &= \frac{b^3 \cdot d}{12} = \frac{(10 \text{ cm})^3 \cdot 20 \text{ cm}}{12} = 1667 \text{ cm}^4 \\
 I_t &= \alpha \cdot b^3 \cdot d = 0,229 \cdot (10 \text{ cm})^3 \cdot 20 \text{ cm} = 4580 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Bemessungswerte der Beanspruchungen

$$\begin{aligned}
 \sigma_{m,d} &= \frac{\max M_d}{W_y} = \frac{8,25 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{667 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 12,4 \text{ N/mm}^2 \\
 \tau_d &= 1,5 \cdot \frac{\max V_d}{A} = 1,5 \cdot \frac{14,85 \cdot 10^3 \text{ N}}{200 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 1,11 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bemessungswerte der Festigkeiten

Nutzungsklasse 2 und „mittlere“ Lasteinwirkungsdauer: $k_{\text{mod}} = 0,8$

$$f_{m,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{m,k} = \frac{0,8}{1,5} \cdot 24 \text{ N/mm}^2 = 12,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{v,k} = \frac{0,8}{1,5} \cdot 2,5 \text{ N/mm}^2 = 1,33 \text{ N/mm}^2$$

Beiwerte des Ersatzstabverfahren

$$E_{0,05} = 2/3 \cdot E_{0,\text{mean}} = 2/3 \cdot 11000 \text{ N/mm}^2 = 7333 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{rel,m}} &= \sqrt{\frac{I_{\text{ef}} \cdot h}{b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{0,78 \cdot E_{0,05}}} \\ &= \sqrt{\frac{3000 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}}{(100 \text{ mm})^2}} \cdot \sqrt{\frac{24,0 \text{ N/mm}^2}{0,78 \cdot 7333 \text{ N/mm}^2}} = 0,50 < 0,75 \end{aligned}$$

$$k_{\text{crit}} = 1,0$$

Nachweise

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{12,4 \text{ N/mm}^2}{1,0 \cdot 12,8 \text{ N/mm}^2} = \underline{\underline{0,97 < 1}}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1,11 \text{ N/mm}^2}{1,33 \text{ N/mm}^2} = \underline{\underline{0,84 < 1}}$$

Nachweise der Gebrauchstauglichkeit

Anfangsverformung

$$w_{G,\text{inst}} = 0,688 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{g_k \cdot l^4}{E \cdot I} = 0,688 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1,60 \text{ N/mm} \cdot (3000 \text{ mm})^4}{11000 \text{ N/mm}^2 \cdot 6667 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = 1,2 \text{ mm}$$

$$w_{Q,\text{inst}} = 0,992 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{q_k \cdot l^4}{E \cdot I} = 0,992 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{4,00 \text{ N/mm} \cdot (3000 \text{ mm})^4}{11000 \text{ MN/m}^2 \cdot 6667 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = 4,4 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst}} = w_{G,\text{inst}} + w_{Q,\text{inst}} = 1,2 \text{ mm} + 4,4 \text{ mm} = 5,6 \text{ mm}$$

Endverformung

$$w_{G,\text{fin}} = w_{G,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 1,2 \text{ mm} \cdot (1 + 0,8) = 2,2 \text{ mm}$$

$$w_{Q,1,\text{fin}} = w_{Q,1,\text{inst}} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{\text{def}}) = 4,4 \text{ mm} \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,8) = 6,5 \text{ mm}$$

$$w_{\text{fin}} = w_{G,\text{fin}} + w_{Q,1,\text{fin}} = 2,2 \text{ mm} + 6,5 \text{ mm} = 8,7 \text{ mm}$$

$$w_{\text{net,fin}} = w_{\text{fin}} - w_c = 8,7 \text{ mm} - 0 \text{ mm} = 8,7 \text{ mm}$$

Nachweise

Charakteristische Einwirkungskombination

$$w_{\text{inst}} = 5,6 \text{ mm} \leq 10 \text{ mm} = l/300$$

Charakteristische + quasi-ständige Einwirkungskombination

$$w_{\text{fin}} = 8,7 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm} = l/150$$

$$w_{\text{net,fin}} = 8,7 \text{ mm} \leq 12 \text{ mm} = l/250$$