

Sonderprobleme nach Eurocode 3

EC 3-1-9 (12.10), NA: Deutschland

Stahlsorte

Stahlgüte S 235

Querschnitt

Träger: Profilparameter (I-Profil):

- Gesamthöhe  $h = 820.0$  mm, Stegdicke  $t_w = 12.0$  mm
- Flanschbreite oben  $b_{fo} = 500.0$  mm, Flanschdicke oben  $t_{fo} = 40.0$  mm
- Flanschbreite unten  $b_{fu} = 400.0$  mm, Flanschdicke unten  $t_{fu} = 30.0$  mm
- geschweißtes Profil, Schweißnahtdicken  $a_o = 0.0$  mm,  $a_u = 5.0$  mm

Querstreifen: Profilparameter (Flachstahl):

- Höhe  $h = 120.0$  mm, Dicke  $t = 20.0$  mm
- Aussparung an der Querstreife  $c_{st,q} = 30.0$  mm
- Abstand der Querstreifen  $a = 200.0$  cm

Kranbahn

A-Kranschiene 75, schwimmend mit Klemmen mit dem Träger verbunden, Kranschieneunterlage

Schiene: Kopfbreite  $b_k = 75.0$  mm, Fußbreite  $b_r = 200.0$  mm, Höhe der abgenutzten Schiene  $h_r = 77.0$  mm

Trägheitsmoment, Querschnittsfläche der abgenutzten Schiene  $I_{yr} = 401.00$  cm<sup>4</sup>,  $A_r = 65.80$  cm<sup>2</sup>

Parameter

Schadensäquivalenzfaktoren für Kranklasse S4:  $\lambda_{\sigma} = 0.500$ ,  $\lambda_{\tau} = 0.660$ , Kranklasse S5:  $\lambda_{\sigma+} = 0.630$ ,  $\lambda_{\tau+} = 0.758$

Kerbfälle / zul. Kerbspannungen:

Pkt	y <sub>f</sub> mm	z <sub>f</sub> mm	$\Delta\sigma_{x,Rd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\tau_{Rd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_{z,Rd}$ N/mm <sup>2</sup>	Kerbpunkt
13	6.0	40.0	100.0	80.0	71.0	am Trägersteg

Belastung

Lk 1:  $M_{y,Ed} = 0.0$  kNm,  $V_{z,Ed} = 113.5$  kN

Lk 2:  $M_{y,Ed} = 0.0$  kNm,  $V_{z,Ed} = -213.5$  kN

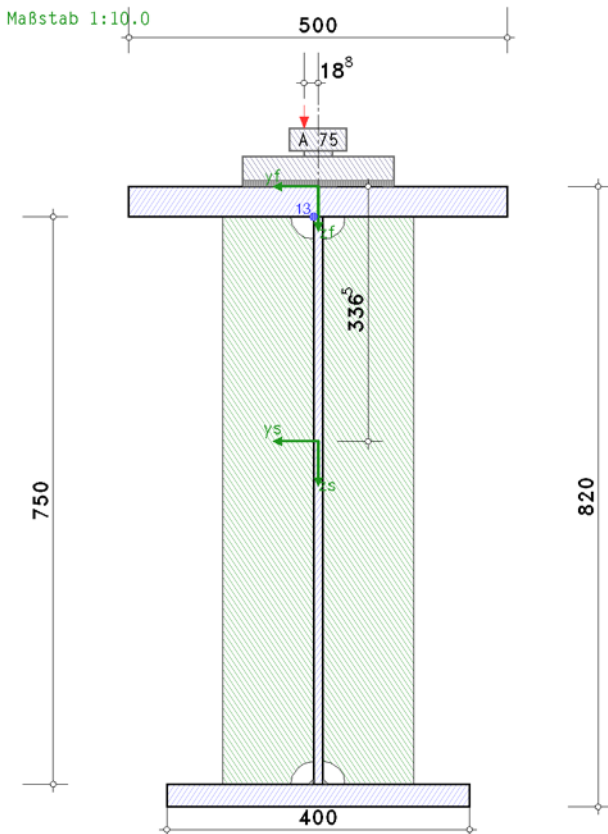
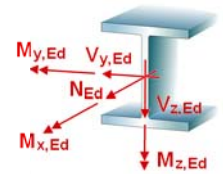
Lk 3:  $M_{y,Ed} = 864.7$  kNm,  $V_{z,Ed} = 0.0$  kN

Querbelastung auf dem Obergurt:

Bemessungswert der vertikalen Radlast  $F_{z,Ed} = 263.60$  kN (Exzentrizität  $e_y = 18.75$  mm)

Materialsicherheitsbeiwert

Bemessungskonzept: Schadenstoleranz, Schadensfolgen: hoch  $\Rightarrow$  Ermüdungsfestigkeit  $\gamma_{MF} = 1.15$



## Ermüdungsnachweis

### Querschnittswerte

$$A = 410.00 \text{ cm}^2, z_s = 336.5 \text{ mm}, I_y = 511825.39 \text{ cm}^4, y_s = 0.0 \text{ mm}, I_z = 57677.47 \text{ cm}^4$$

### wirksame Lasteinleitungslänge aus der Kranbahn

$$\text{effektive Breite } b_{\text{eff}} = b_r + h_r + t_{f0} = 317.0 \text{ mm} \leq b_{f0}$$

$$\text{effektives Trägheitsmoment des Trägerflanschs } I_{f,\text{eff}} = b_{\text{eff}} \cdot t_{f0}^3 / 12 = 169.07 \text{ cm}^4$$

$$\text{Trägheitsmoment der Schiene } I_r = 401.00 \text{ cm}^4$$

$$\text{effektive Länge } l_{\text{eff}} = 4.25 \cdot ((I_r + I_{f,\text{eff}}) / t_w)^{1/3} = 331.6 \text{ mm}$$

### lokale Spannungen aus der Kranbahn

#### wirksame Lasteinleitungslänge bezogen ...

$$\dots \text{ auf die Flanschaußenkante } s_s = l_{\text{eff}} - 2 \cdot t_f = 251.6 \text{ mm} / \dots \text{ auf den Steg } s_w = l_{\text{eff}} = 331.6 \text{ mm}$$

#### lokale Spannungen ...

$$\dots \text{ an der Schiene } \sigma_{oz} = -87.3 \text{ N/mm}^2, \tau_o = 17.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\dots \text{ am Trägersteg } \sigma_{oz} = -66.2 \text{ N/mm}^2, \tau_o = 13.2 \text{ N/mm}^2$$

### Stegbiegespannung

$$M_{T,Ed} = F_{z,Ed} \cdot e_y = 4.94 \text{ kNm} \Rightarrow \sigma_T = (6 \cdot M_{T,Ed}) / (a \cdot t_w^2) \cdot \eta \cdot \tanh(\eta) = 17.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{mit } \eta = ((0.75 \cdot a \cdot t_w^3) / I_t \cdot \sinh^2(\pi \cdot h_w / a)) / (\sinh^2(2 \cdot \pi \cdot h_w / a) - 2 \cdot \pi \cdot h_w / a)^{0.5} = 0.428, I_t = 1066.67 \text{ cm}^4$$

### elastische Spannungen / Spannungsschwingbreiten

$$\Delta\sigma_{x,Ed} = \sigma_{x,\text{max}} - \sigma_{x,\text{min}}, \tau_{Ed} = \tau_{xz,\text{max}} - \tau_{xz,\text{min}} + 2 \cdot \tau_o, \Delta\sigma_{z,Ed} = -\sigma_{oz} + \sigma_T$$

$$\text{Pkt. 13: } y_f = 6.0 \text{ mm}, z_f = 40.0 \text{ mm}$$

$$\text{Lk 1: } \sigma_x = 0.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{xz} = 11.7 \text{ N/mm}^2$$

$$2: \sigma_x = 0.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{xz} = -22.0 \text{ N/mm}^2$$

$$3: \sigma_x = -50.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{xz} = 0.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_{x,Ed} = 50.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau_{Ed} = 60.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_{z,Ed} = 84.0 \text{ N/mm}^2$$

### Spannungsschwingbreiten infolge Ermüdung

$$\Delta\sigma_{x,f} = \Delta\sigma_{x,Ed} \cdot \lambda_\sigma, \Delta\tau_f = \Delta\tau_{Ed} \cdot \lambda_\tau, \Delta\sigma_{z,f} = \Delta\sigma_{z,Ed} \cdot \lambda_\sigma$$

$$\text{Pkt. 13: } y_f = 6.0 \text{ mm}, z_f = 40.0 \text{ mm}$$

$$(\lambda_{\tau\sigma z+}) \Delta\sigma_{x,f} = 25.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau_f = 45.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_{z,f} = 52.9 \text{ N/mm}^2$$

### zul. Kerbspannungen

$$\Delta\sigma_{x,Rd,f} = \Delta\sigma_{x,Rd} / \gamma_{MI}, \Delta\tau_{Rd,f} = \Delta\tau_{Rd} / \gamma_{MI}, \Delta\sigma_{z,Rd,f} = \Delta\sigma_{z,Rd} / \gamma_{MI}$$

$$\text{Pkt. 13: } y_f = 6.0 \text{ mm}, z_f = 40.0 \text{ mm}$$

$$\Delta\sigma_{x,Rd,f} = 87.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau_{Rd,f} = 69.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_{z,Rd,f} = 61.7 \text{ N/mm}^2$$

### Nachweis der Kerbspannungen

$$\text{Pkt. 13: } y = 6.0 \text{ mm}, z = 40.0 \text{ mm}$$

$$\Delta\sigma_{x,f} = 25.0 \text{ N/mm}^2 < \Delta\sigma_{x,Rd,f} = 87.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\Delta\sigma x} = 0.288 \text{ ok.}$$

$$\Delta\tau_f = 45.7 \text{ N/mm}^2 < \Delta\tau_{Rd,f} = 69.6 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\Delta\tau} = 0.656 \text{ ok.}$$

$$\Delta\sigma_{z,f} = 52.9 \text{ N/mm}^2 < \Delta\sigma_{z,Rd,f} = 61.7 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\Delta\sigma z} = 0.857 \text{ ok.}$$

$$\text{Interaktion } U_i = U_{\Delta\sigma x}^3 + U_{\Delta\sigma z}^3 + U_{\Delta\tau}^5 = 0.775 < 1 \text{ ok.}$$

## Endergebnis

Ermüdungsnachweis [Pkt. 13]: max U = 0.857 < 1 **ok.**

**Nachweis erbracht**