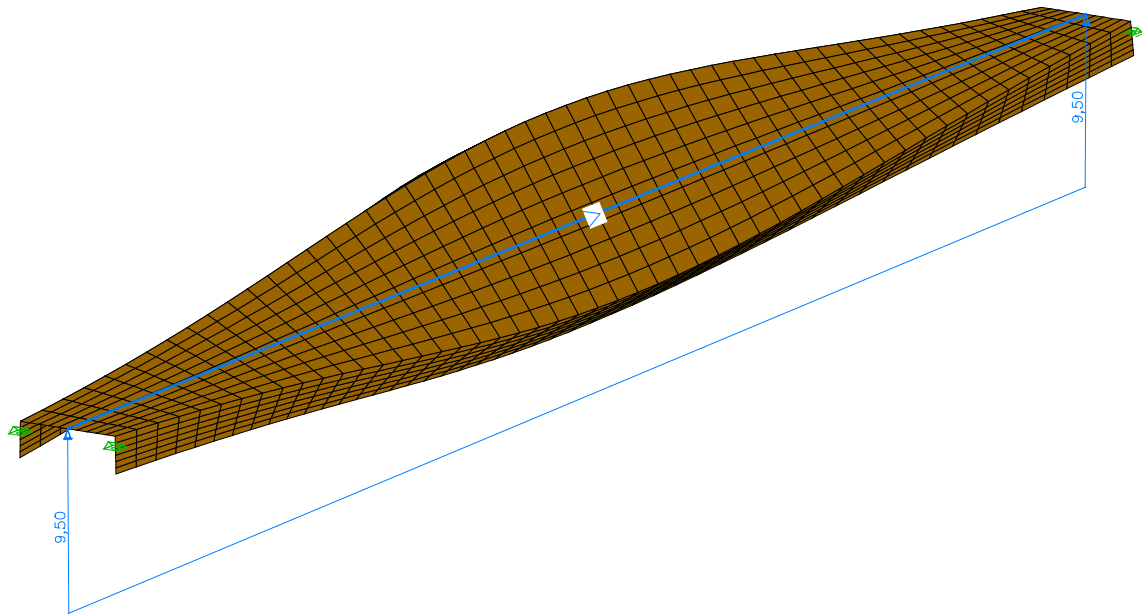


## U-Profil mit FEM Vergleichsrechnung

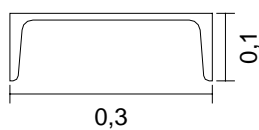


**FEM Verzweigungslastfaktor  $\eta_{Kl,y} = 5,76$**

**BDKN Verzweigungslastfaktor  $\eta_{Kl,y} = 5,71$  (siehe unten)**

### Protokollausdruck:

**Querschnitt: U 300**



Abstand Oberkante bis Schwerpunkt  
 $z_s = 2,69$  cm

$A = 58,8$  cm<sup>2</sup>    $I_y = 495,0$  cm<sup>4</sup>    $I_z = 8030,0$  cm<sup>4</sup>  
 $I_T = 37,4$  cm<sup>4</sup>    $I_{\omega} = 69100$  cm<sup>6</sup>  
 $i_z = 11,69$  cm    $i_p = 12,04$  cm    $i_M = 13,15$  cm  
 $z_M = -5,29$  cm    $r_y = 20,54$  cm

**Material: S235**

$f_{y,k} = 240$  N/mm<sup>2</sup>

E-Modul = 210000 N/mm<sup>2</sup>

G-Modul = 81000 N/mm<sup>2</sup>

$\gamma_M = 1,00$

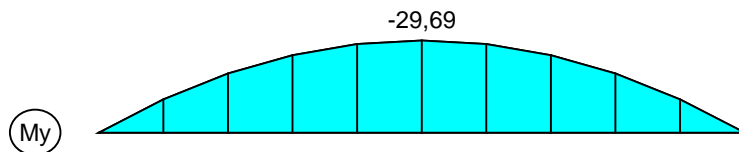
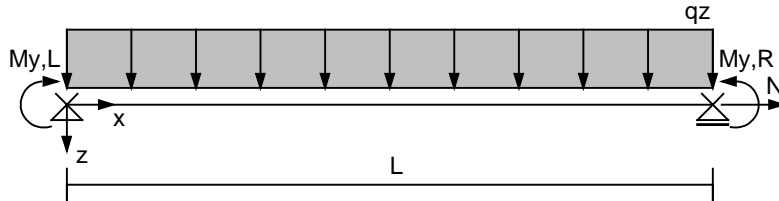
### Einwirkungen in z-Richtung

$L = 5,00 \text{ m}$   $N_d = 0,00 \text{ kN}$   $q_{z,d} = -9,50 \text{ kN/m}$

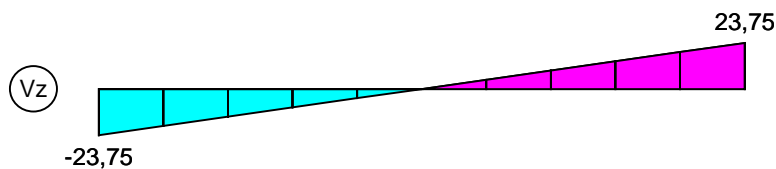
$M_{y,d,\text{links}} = 0,00 \text{ kNm}$   $M_{y,d,\text{rechts}} = 0,00 \text{ kNm}$

Lastangriffspunkt Benutzerdefiniert  $\Rightarrow z_p = 3,11 \text{ cm}$

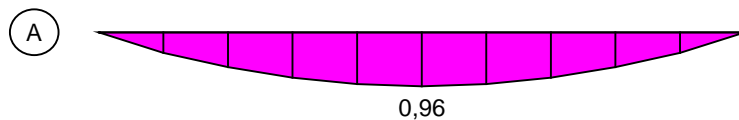
Die Stabenden sind Gabelgelagert.



Max  $M_{y,d} = 0,00 \text{ kNm}$ , Min  $M_{y,d} = -29,69 \text{ kNm}$



Max  $V_{z,d} = 23,75 \text{ kN}$ , Min  $V_{z,d} = -23,75 \text{ kN}$



Max Ausnutzung = 0,96

### Knicklast $N_{Ki,z,d}$

$$N_{Ki,z,d} = \frac{E \cdot I_z \cdot \pi^2}{\lambda_v^2 \cdot i_z^2 \cdot \gamma_M}$$

$$\lambda_v^2 = \left(\frac{L}{i_z}\right)^2 \cdot \frac{c^2 + i_M^2}{2 \cdot c^2} \cdot \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4 \cdot c^2 \cdot i_p^2}{(c^2 + i_M^2)^2}}\right)$$

$$c^2 = \frac{I_\omega}{I_z} + \left(\frac{L}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{G \cdot I_T}{E \cdot I_z}$$

mit  $I_z = 8030,0 \text{ cm}^4$   $I_T = 37,4 \text{ cm}^4$   $I_\omega = 69100 \text{ cm}^6$

$i_z = 11,69 \text{ cm}$   $i_p = 12,04 \text{ cm}$   $i_M = 13,15 \text{ cm}$

$$L = 5,00 \text{ m} \quad \lambda_v = 79,03 \quad c = 7,36 \text{ cm}$$

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2 \quad G = 81000 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_M = 1,0$$

$$N_{K_{i,z,d}} = 1951,18 \text{ kN}$$

**Verzweigungslastfaktor  $\eta_{K_{i,y}}$  für  $M_{K_{i,y,d}}$**

$$\eta_{K_{i,y}} = 5,71$$

-----  
**Maßgebender Nachweis an der Stelle  $x = 2,50 \text{ m}$**   
 -----

**Schnittgrößen:**

$$N_d = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{z,d} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,d} = -29,69 \text{ kNm}$$

**Plastische Schnittgrößen:**

$$N_{pl,k} = \pm 1411,20 \text{ kN} \quad N_{pl,d} = \pm 1411,20 \text{ kN}$$

$$V_{pl,z,k} = \pm 432,29 \text{ kN} \quad V_{pl,z,d} = \pm 432,29 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,k} = \pm 31,02 \text{ kNm} \quad M_{pl,y,d} = \pm 31,02 \text{ kNm}$$

**Abminderungsfaktor  $\kappa_z$**

$$\bar{\lambda}_{k,z} = \sqrt{N_{pl,d} / N_{K_{i,z,d}}}$$

$$\text{mit } N_{pl,d} = 1411,20 \text{ kN} \quad N_{K_{i,z,d}} = 1951,18 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_{k,z} = 0,85 > 0,2$$

$$\kappa_z = 1 / (k + \sqrt{k^2 - \bar{\lambda}_{k,z}^2}) \quad k = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_{k,z} - 0,2) + \bar{\lambda}_{k,z}^2)$$

$$\text{Knickspannungslinie } c \Rightarrow \alpha = 0,49$$

$$k = 1,02$$

$$\kappa_z = 0,63$$

**Biegedrillknickmoment  $M_{K_{i,y,d}}$**

$$M_{K_{i,y,d}} = \frac{\eta_{K_{i,y}} \cdot M_{y,d}}{\gamma_M}$$

$$\text{mit } \eta_{K_{i,y}} = 5,71 \quad M_{y,d} = -29,69 \text{ kNm} \quad \gamma_M = 1,0$$

$$M_{K_{i,y,d}} = -169,66 \text{ kNm}$$

### Abminderungsfaktor $\kappa_M$

$$\bar{\lambda}_M = \sqrt{M_{pl,y,d} / M_{ki,y,d}}$$

mit  $M_{pl,y,d} = -31,02 \text{ kNm}$   $M_{ki,y,d} = -169,66 \text{ kNm}$

$$\bar{\lambda}_M = 0,43 > 0,4$$

$$\kappa_M = (1 / (1 + \bar{\lambda}_M^{2n}))^{1/n}$$

Beiwert für gewalzte Träger  $n = 2,50$

$$\kappa_M = 0,99$$

### Beiwert $k_y$

$$k_y = 1 - N_d / (\kappa_z \cdot N_{pl,d}) \cdot a_y \leq 1 \quad a_y = 0,15 \cdot \bar{\lambda}_{k,z} \cdot \beta_{M,y} - 0,15 \leq 0,9$$

mit  $N_d = 0,00 \text{ kN}$   $N_{pl,d} = 1411,20 \text{ kN}$

$$\kappa_z = 0,63 \quad \bar{\lambda}_{k,z} = 0,85$$

Momentenverhältnis  $\psi_{,y} = 1,00 \Rightarrow \beta_{M,y} = 1,30$

$$a_y = 0,02$$

$$k_y = 1,00$$

### Nachweis

$$\frac{N_d}{\kappa_z \cdot N_{pl,d}} + \frac{M_{y,d}}{\kappa_M \cdot M_{ply,d}} \cdot k_y \leq 1$$

$N_d = 0,00 \text{ kN}$   $M_{y,d} = -29,69 \text{ kNm}$

$N_{pl,d} = 1411,20 \text{ kN}$   $M_{ply,d} = -31,02 \text{ kNm}$

$\kappa_z = 0,63$   $\kappa_M = 0,99$   $k_y = 1,00$

**0,00 + 0,96 = 0,96 ≤ 1.0 Nachweis erfüllt !**