

Zylinder unter Randstörung - Radiale Ringlast plus Kreppelmoment

(Quelle: Girkmann Flächentragwerke Abs. 197; Formular Z-Stoer-R+M_Beton_05-09-26.mcd)

Geometrie

Radius $a := 5.0\text{m}$

Wanddicke $t := 30\text{cm}$

Werkstoff

E-Modul $E := 30000 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$

Querdehnzahl $\mu := 0.3$

Parameter

Plattensteifigkeit $K := \frac{E \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}$ $K = 74176 \text{ kNm}$

Wellenlängenparameter $\lambda := \frac{1}{\sqrt{a \cdot t}} \cdot \sqrt[4]{3 \cdot (1 - \mu^2)}$ $\lambda = 1.05 \frac{1}{\text{m}}$

Halbwellenlänge (=Abstand der Wendepunkte in der Biegelinie)

$\Lambda := \frac{\pi}{\lambda}$ $\Lambda = 2993 \text{ mm}$

Vorbereiten der graphischen Darstellung

start := 0mm end := 1.5 Λ Npts := 100 i := 1..Npts

step := $\frac{\text{end} - \text{start}}{\text{Npts} - 1}$ $x_i := \text{start} + \text{step} \cdot (i - 1)$

Randstörgrößen

Radiale, nach innen gerichtete Ringlast $R := 2332 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Kreppelmoment, nach außen drehend $M := 1111 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

Schnittgrößen

Radiale Verformung

$$wR_i := \frac{-R}{2 \cdot K \cdot \lambda^3} \cdot e^{-\lambda \cdot x_i} \cdot \cos(\lambda \cdot x_i)$$

$$wM_i := \frac{M}{2 \cdot K \cdot \lambda^2} \cdot e^{-\lambda \cdot x_i} \cdot (\cos(\lambda \cdot x_i) - \sin(\lambda \cdot x_i))$$

Tangenten-Neigung

$$\chi_{xR_i} := \frac{R}{2 \cdot K \cdot \lambda^2} \cdot e^{-\lambda \cdot x_i} \cdot (\cos(\lambda \cdot x_i) + \sin(\lambda \cdot x_i))$$

$$\chi_{xM_i} := \frac{-M}{K \cdot \lambda} \cdot e^{-\lambda \cdot x_i} \cdot \cos(\lambda \cdot x_i)$$

Biegemoment (Meridian)

$$m_{xR_i} := \frac{-R}{\lambda} \cdot e^{-\lambda \cdot x_i} \cdot \sin(\lambda \cdot x_i)$$

$$m_{xM_i} := M \cdot e^{-\lambda \cdot x_i} \cdot (\cos(\lambda \cdot x_i) + \sin(\lambda \cdot x_i))$$

Querkraft (Meridianrichtung)

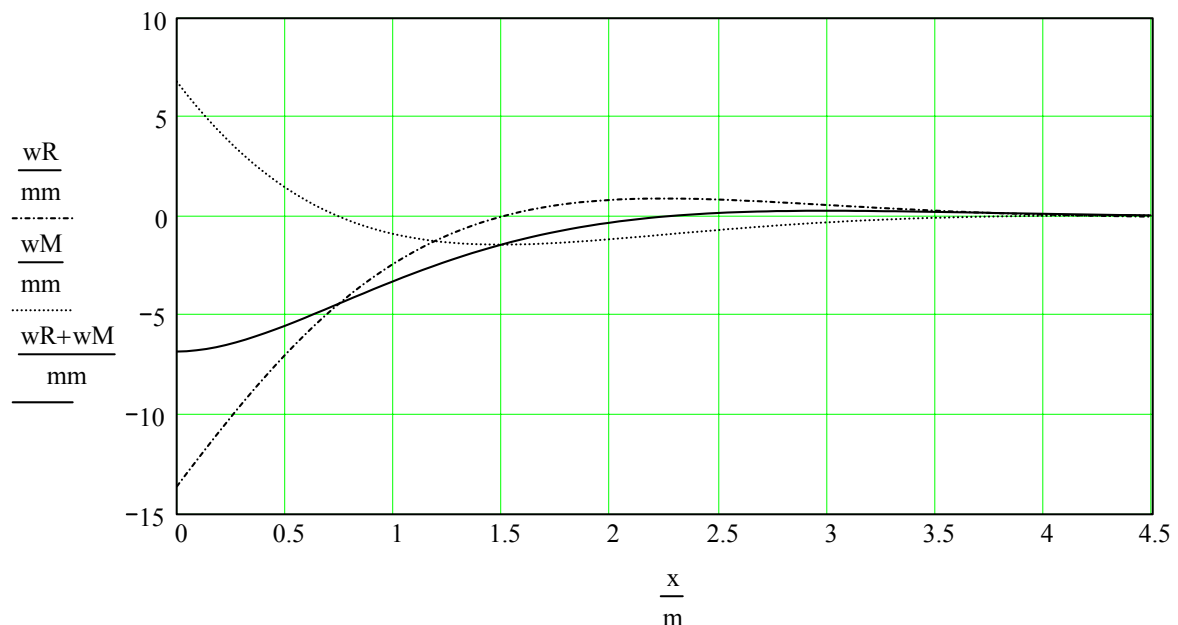
$$q_{xR_i} := -R \cdot e^{-\lambda \cdot x_i} \cdot (\cos(\lambda \cdot x_i) - \sin(\lambda \cdot x_i))$$

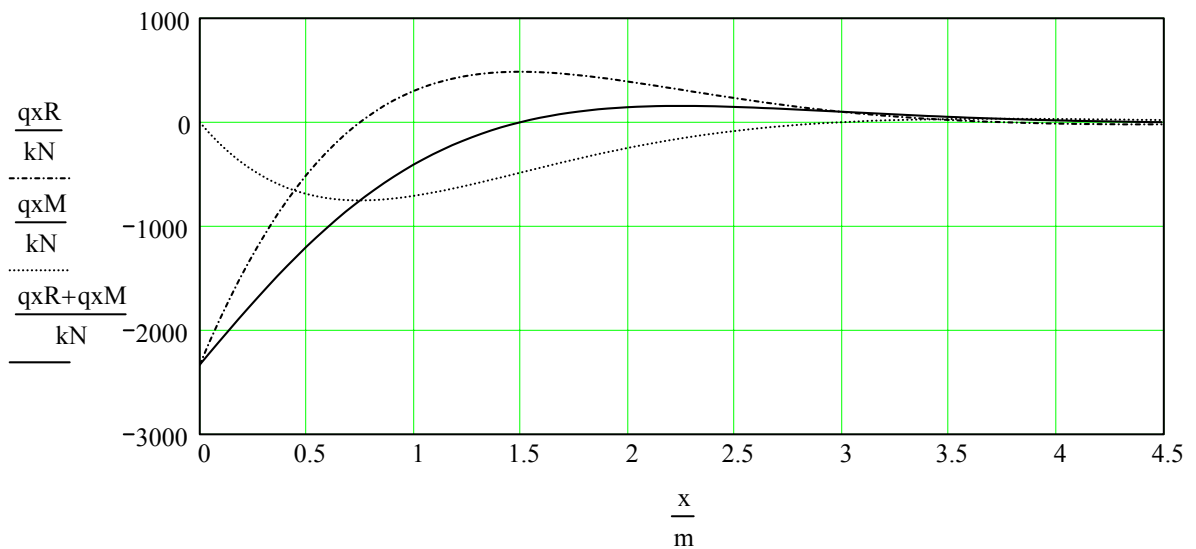
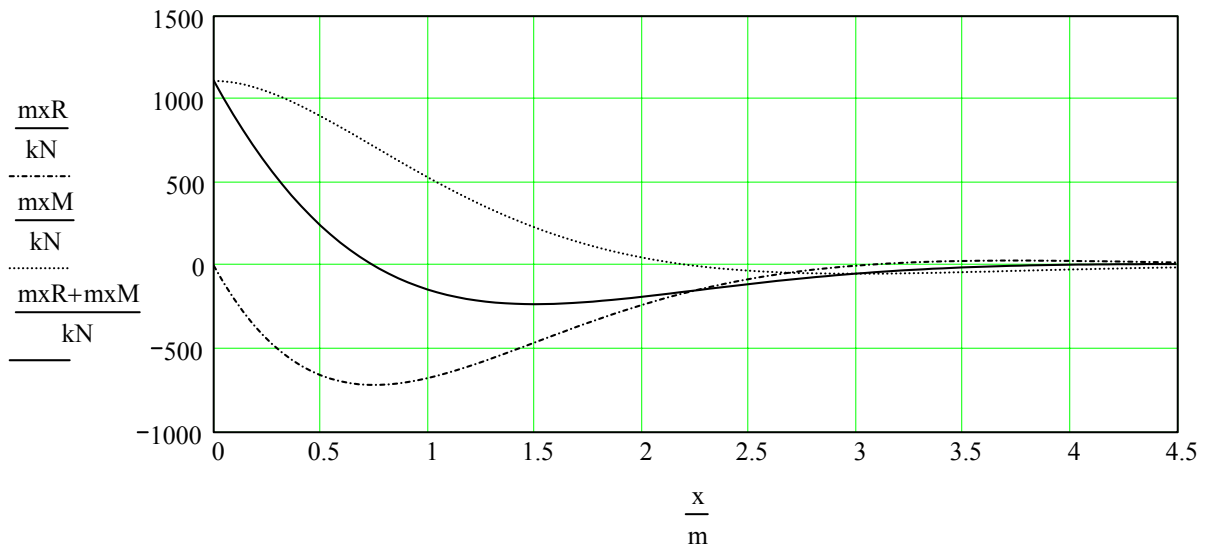
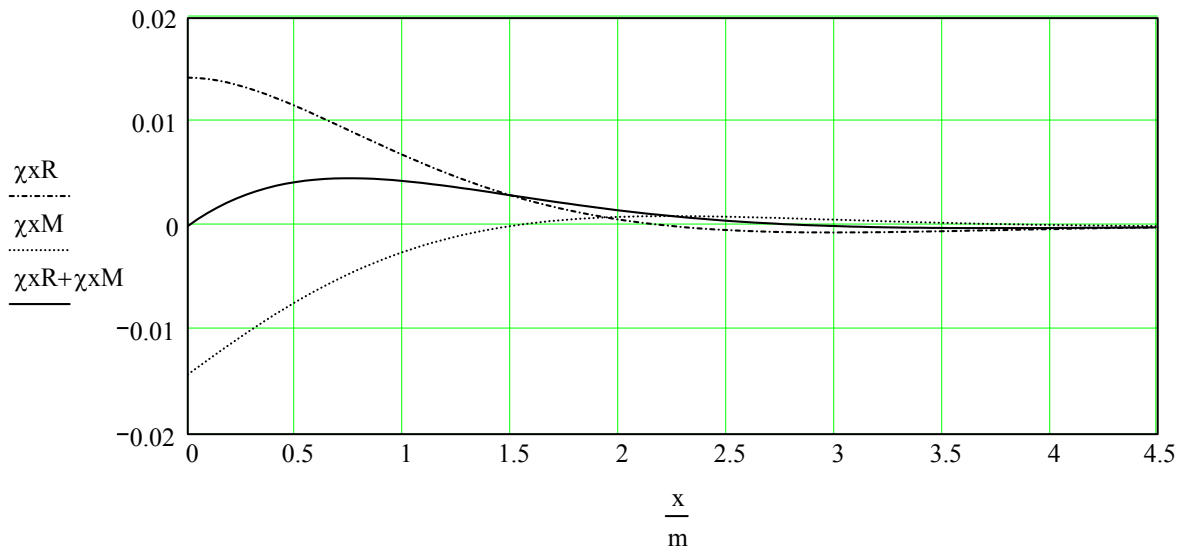
$$q_{xM_i} := -2 \cdot \lambda \cdot M \cdot e^{-\lambda \cdot x_i} \cdot \sin(\lambda \cdot x_i)$$

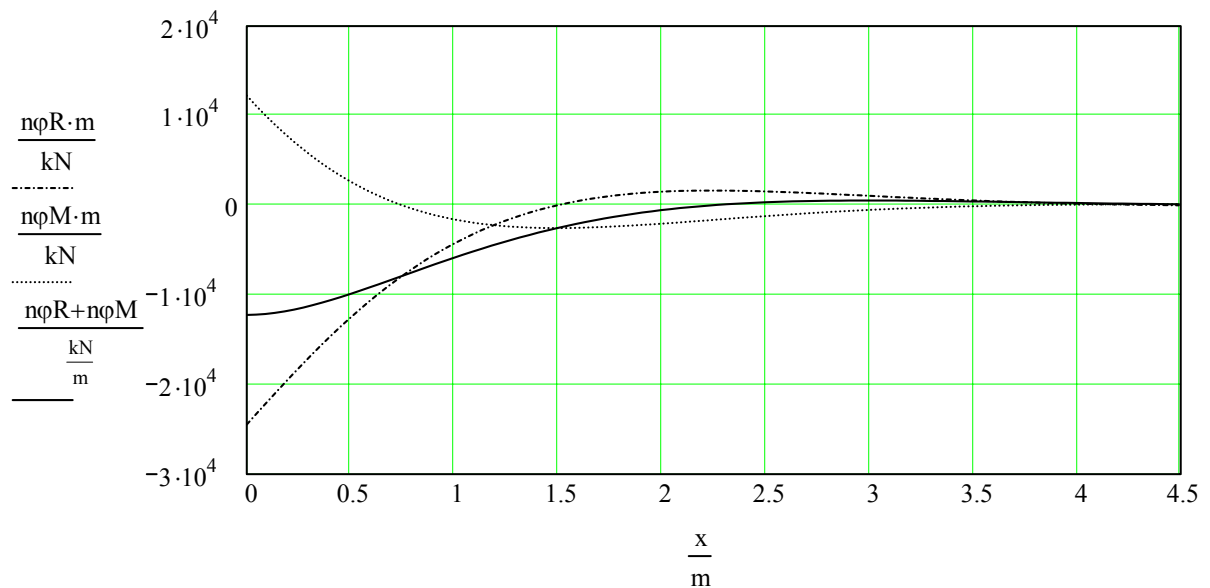
Umfangskraft

$$n_{\varphi R_i} := \frac{-R}{2 \cdot a \cdot \lambda^3} \cdot \frac{E \cdot t}{K} \cdot e^{-\lambda \cdot x_i} \cdot \cos(\lambda \cdot x_i)$$

$$n_{\varphi M_i} := \frac{M}{2 \cdot a \cdot \lambda^2} \cdot \frac{E \cdot t}{K} \cdot e^{-\lambda \cdot x_i} \cdot (\cos(\lambda \cdot x_i) - \sin(\lambda \cdot x_i))$$







Bemessung Stahlbeton: Ermitteln der Längsbewehrung

Die folgenden Verweise beziehen sich auf DIN 1045-1:2001-07 bzw. Rußwurm, D., Fabritius, E.: Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07. Institut für Stahlbetonbewehrung e.V., München 2002. download unter www.betonstahlmatten.de.

konstruktiv gewählt: Zug- und Druckbewehrung

Geometrie

| | | |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Wanddicke wie oben gewählt: | $h := t$ | $h = 30 \text{ cm}$ |
| Betondeckung gewählt (symmetrisch) | | $d_{1,2} := 5 \text{ cm}$ |
| Statische Höhe | $d := h - d_{1,2}$ | $d = 25 \text{ cm}$ |

Werkstoff

| | |
|--|-------------------------------|
| Betongüte gewählt (Tab. 9) | C 25/30 |
| Nennwert der Druckfestigkeit (Tab. 9) | $f_{ck} := 25 \frac{N}{mm^2}$ |
| Abminderungsfaktor für Langzeiteinwirkung (Gl. 67) | $\alpha := 0.85$ |

Material-Teilsicherheitsbeiwert (Tab. 2)

$$\gamma_c := 1.5$$

Bemessungswert der Druckfestigkeit (Gl. 67)

$$f_{cd} := \alpha \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 14.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Betonstahl gewählt

BSt 500

Streckgrenze (Tab. 11)

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Material-Teilsicherheitsbeiwert (Tab. 2)

$$\gamma_s := 1.15$$

Bemessungswert der Fließgrenze (Bild 27)

- Verfestigung nach Abs. 9.2.4 mit $f_{th,cal}$ wird nicht verwendet

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Schnittgrößen

Bemessungsmoment aus der Summe der Randstörgrößen

$$m_{Eds} := (m_{xR_1} + m_{xM_1}) \cdot 1.35 \quad m_{Eds} = 1500 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Bezogenes Moment (RU Tafel 3.2.3)

$$\mu_{Eds} := \frac{m_{Eds}}{d^2 \cdot f_{cd}} \quad \mu_{Eds} = 1.69$$

ist größer als Tabellenwerte: **größere Wanddicke erforderlich**

Nulllinienlage gewählt für geringe Druckkräfte:

$$x_{lim} := 0.45$$

Index für Bewehrungslage:

1 = Zugseite; 2 = Druckseite

$$j := 1..2$$

Stahlspannung abgelesen
(RU Tafel 3.2.3 Kopfzeilen)

$$\sigma_{sd} := \begin{pmatrix} 437 \\ -389 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Lage der Druckbewehrung $\frac{d_{1,2}}{d} = 0.20$

Mech. Bewehrungsgrad für $\mu E_{ds} = 0,55$ abgelesen (RU Tafel 3.2.3)

$$\omega := \begin{pmatrix} 0.6817 \\ 0.3174 \end{pmatrix}$$

erf. Bewehrung $a_{s_j} := \omega_j \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{\sigma_{sd_j}}$ $a_s = \begin{pmatrix} 55 \\ -29 \end{pmatrix} \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$

Bemessung Stahlbeton: Ermitteln der Umfangsbewehrung

konstruktiv gewählt: symmetrische Bewehrung innen und außen

Schnittgrößen

Bemessungsnormalkraft aus der Summe der Randstörgrößen

$$n_{\varphi,d} := (n_{\varphi}R_1 + n_{\varphi}M_1) \cdot 1.35 \quad n_{\varphi,d} = -16520 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Druckkraft -
daher keine Bewehrung zum Abdecken der Randstörung erforderlich

Bemessung Stahlbeton: Ermitteln der Querkraftbewehrung

Bemessungsquerkraft aus der Summe der Randstörgrößen

$$V_{Ed} := |(q_x R_1 + q_x M_1) \cdot 1.35| \quad V_{Ed} = 3148 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Tragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung (Gl. 70)

Betongüte (Gl. 71) $\eta_1 := 1.0$

Einfluß der Bauteilhöhe (Gl. 71)

$$\kappa := 1 + \sqrt{\frac{200\text{mm}}{d}} \quad \kappa = 1.89$$

Begrenzung: $\kappa := \text{wenn}(\kappa > 2,2, \kappa)$ $\kappa = 1.89$

Längsbewehrungsgrad (Gl. 71)

$$\rho_L := \frac{a_{s1}}{d} \quad \rho_L = 0.022$$

Begrenzung:

$$\rho_L := \text{wenn}(\rho_L > 0.02, 0.02, \rho_L) \quad \rho_L = 0.020$$

$$V_{Rd.ct} := 0.10 \cdot \kappa \cdot \eta_1 \cdot \left(100 \cdot \rho_L \cdot \frac{f_{ck}}{\frac{N}{mm^2}} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot d \cdot \frac{N}{mm^2} \quad V_{Rd.ct} = 174 \frac{kN}{m}$$

Fachwerkmodell

Neigung der Druckstreben - vereinfacht nach Abs. 10.3.4 (5)

$$\theta := \text{acot}(1.2) \quad \theta = 40 \text{ Grad}$$

Innerer Hebelarm - aus RU Tafel 3.2.3 abgelesen

$$\zeta := 0.813$$

$$z := \zeta \cdot d$$

$$z = 203 \text{ mm}$$

Erforderliche Querkraftbewehrung rechtwinklig zum Meridian -
Fließbeginn der Bewehrung (rückwärts aus Gl. 75)

$$a_{V.s} := \frac{V_{Ed}}{f_{yd} \cdot z \cdot \cot(\theta)} \quad a_{V.s} = 297 \frac{cm^2}{m^2}$$

Sprechweise: aV Quadratzentimeter Bügelschenkel je m2 Behälterwand

Grenzwert der Querkrafttragfähigkeit - Druckstrebenbruch (Gl. 76)

$$\alpha_c := 0.75 \cdot \eta_1 \quad \alpha_c = 0.75$$

$$V_{Rd.max} := \frac{z \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} \quad V_{Rd.max} = 1062 \frac{kN}{m}$$