

Beulnachweis nach EN 1993-1-6 für Axialdruck

(Formular EC3-1-6_axial_10-01-20.xmcd)

Gleichungs- und Abschnittsnummern beziehen sich auf EC3-1-6:2007

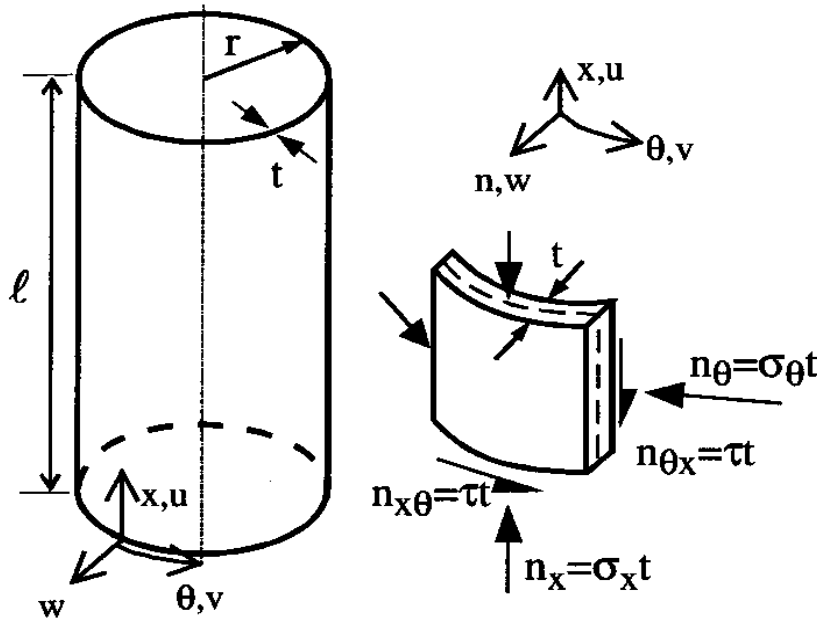


bild1

Geometrie

$$R := \frac{10.00\text{m}}{2}$$

$$R = 5000\text{mm}$$

$$T := 5.0\text{mm}$$

$$L := 10.00\text{m}$$

Werkstoff

$$E := 2.1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{y,k} := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Lasten

Bemessungswert des ständigen (garantiert vorhandenen) Innendruckes
(siehe Abs. D.1.5.2 Gl. D.42 und D.44)
hier in mmWS, 1 mbar entspr. 10 mmWS

$$p_s := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 30\text{mm} \cdot 1.5$$

$$p_s = 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Parameter

geometrische Schlankheit

$$RT := \frac{R}{T}$$

$$RT = 1000$$

Längenverhältnis

$$LR := \frac{L}{R}$$

$$LR = 2.00$$

Längenparameter (Gl. D.1)

$$\omega := \frac{L}{R} \cdot \sqrt{\frac{R}{T}}$$

$$\omega = 63$$

Kein Nachweis erforderlich für $R/T \leq$

$$\frac{0.03 \cdot E}{f_{y,k}} = 26.8$$

Kurze Kreiszylinder

Bedingung nach Gl. D.5 für kurze Zylinder

$$D5 := 1.7$$

$$\text{Bedingung} := \begin{cases} \text{"erfüllt"} & \text{if } \omega \leq D5 \\ \text{"nicht erfüllt"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{\text{Bedingung} = \text{"nicht erfüllt"}}$$

Beiwert nach Gl. D6

$$C_{x,D6} := 1.36 - \frac{1.83}{\omega} + \frac{2.07}{\omega^2}$$
$$C_{x,D6} = 1.332$$

Mittellange Kreiszylinder

Bedingung nach Gl. D.3 für mittellange Zylinder

$$D3upper := 0.5 \cdot \frac{R}{T}$$
$$D3upper = 500$$

$$\text{Bedingung} := \begin{cases} \text{"erfüllt"} & \text{if } \omega \leq D3upper \wedge D5 \leq \omega \\ \text{"nicht erfüllt"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\boxed{\text{Bedingung} = \text{"erfüllt"}}$$

Beiwert nach Gl. D.4

$$C_{x,D4} := 1.0$$

Info: Halbwellenlänge der elastischen Schachbrettbeule

$$L_{H,Schach} := 3.456 \cdot \sqrt{R \cdot T}$$
$$L_{H,Schach} = 546 \text{ mm}$$

Info: Halbwellenlänge der elastischen Ringbeule

$$L_{H, Ring} := 1.728 \cdot \sqrt{R \cdot T}$$
$$L_{H, Ring} = 273 \text{ mm}$$

Info: Halbwellenlänge der plastischen Ringbeule - identisch mit der Biegestörhalbwelle

$$L_{H, pl} := 2.444 \cdot \sqrt{R \cdot T}$$
$$L_{H, pl} = 386 \text{ mm}$$

Lange Kreiszylinder

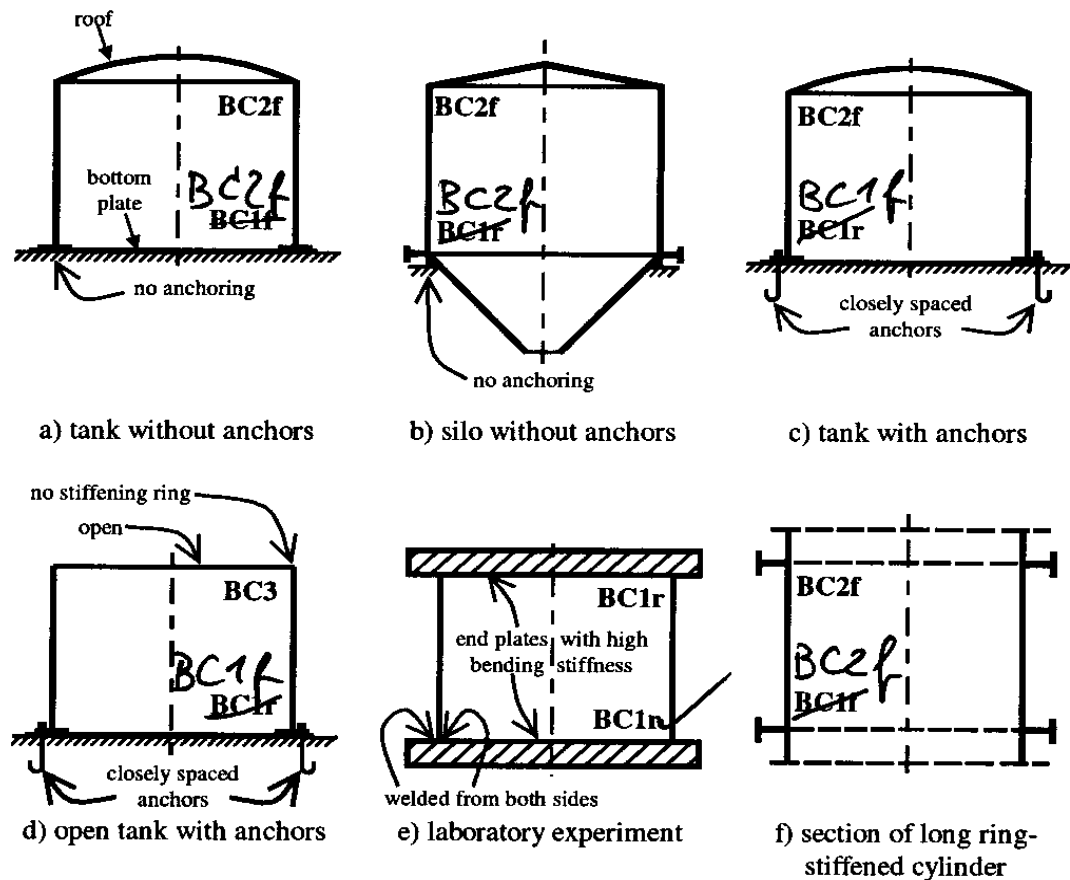


Figure 8.1: Schematic examples of boundary conditions for limit state LS3

bild2

Table D.1: Parameter C_{xb} for the effect of boundary conditions on the critical meridional buckling stress in long cylinders

Case	Cylinder end	Boundary condition	C_{xb}
1	end 1 end 2	BC 1 BC 1	6
2	end 1 end 2	BC 1 BC 2	3
3	end 1 end 2	BC 2 BC 2	1

bild3

Beiwert aus Tabelle D.1 abgelesen
für Randbedingungen aus Bild 8.1

$$C_{xb} := 3$$

Bedingung nach Gl. D.7 für lange Zylinder

$$D7 := 0.5 \cdot \frac{R}{T} \quad D7 = 500$$

$$\text{Bedingung} := \begin{cases} \text{"erfüllt"} & \text{if } \omega > D7 \\ \text{"nicht erfüllt"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \boxed{\text{Bedingung} = \text{"nicht erfüllt"}}$$

Beiwert nach Gl. D.9

$$C_{x,D9} := 1 + \frac{0.2}{C_{xb}} \cdot \left(1 - 2 \cdot \omega \cdot \frac{T}{R}\right) \quad C_{x,D9} = 1.058$$

Begrenzung nach D.10

$$C_{x,D10} := \max(C_{x,D9}, 0.6) \quad C_{x,D10} = 1.058$$

Maßgebender Beiwert

$$C_x := \text{wenn}(\omega \leq D5, C_{x,D6}, \text{wenn}(\omega \leq D3_{upper}, C_{x,D4}, C_{x,D10}))$$

$$\boxed{C_x = 1.000}$$

Ideale Meridianbeulspannung nach Gl. D.2

$$\sigma_{x,Rcr} := 0.605 \cdot E \cdot C_x \cdot \frac{T}{R} \quad \sigma_{x,Rcr} = 127 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

bez. Schlankheit Gl. 8.17

$$\lambda_x := \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{x,Rcr}}} \quad \lambda_x = 1.360$$

Imperfektionen

Table D.2: Values of fabrication quality parameter Q

Fabrication tolerance quality class	Description	Q
Class A	Excellent	40
Class B	High	25
Class C	Normal	16

bild4

Erforderlicher Fertigungsstandard gewählt:

$$Q := 25$$

Charakteristische Imperfektionsamplitude, bezogen auf die Wanddicke (Gl. D.15)

$$\Delta w_k := \frac{1}{Q} \cdot \sqrt{\frac{R}{T}} \quad \Delta w_k = 1.26$$

Imperfektionsfaktor (Gl. D.14)

$$\alpha_x := \frac{0.62}{1 + 1.91 \cdot \Delta w_k^{1.44}} \quad \alpha_x = 0.169$$

Beullastverändernde Wirkung des Innendruckes

Innendruckparameter nach Gl. D.42

$$p_{s, \text{quer}} := \frac{p_s}{\sigma_{x, Rcr}} \cdot \frac{R}{T} \quad p_{s, \text{quer}} = 3.54 \times 10^{-3}$$

Korrekturfaktor für den Innendruck nach Gl. D.41 (elastisches Stabilisieren)
NICHT für LANGE ZYLINDER (Abs. D.1.5.2 (4))

$$\alpha_{x, p, e} := \alpha_x + (1 - \alpha_x) \cdot \left(\frac{p_{s, \text{quer}}}{p_{s, \text{quer}} + \frac{0.3}{\sqrt{\alpha_x}}} \right) \quad \alpha_{x, p, e} = 0.173$$

Korrekturfaktor für den Innendruck nach Gl. D.43 (plastisches Destabilisieren)

Parameter Gl. 45 $s := \frac{1}{400} \cdot \frac{R}{T} \quad s = 2.50$

$$\alpha_{x, p, p} := \left[1 - \left(\frac{p_{s, \text{quer}}}{\lambda_x^2} \right)^2 \right] \cdot \left(1 - \frac{1}{1.12 + s^{1.5}} \right) \cdot \left[\frac{s^2 + 1.21 \cdot \lambda_x^2}{s \cdot (s + 1)} \right] \quad \alpha_{x, p, p} = 0.779$$

Maßgebender Imperfektionsfaktor

$$\alpha_x := \min(\alpha_{x, p, e}, \alpha_{x, p, p}) \quad \alpha_x = 0.173$$

Parameter nach Gl. D.16

$$\lambda_{x0} := 0.20$$

$$\beta := 0.60$$

$$\eta := 1.0$$

Verbesserung der Grenزشlankheit für lange Zylinder Gl. D.17

Anteil der globalen Biegespannungen geschätzt $k_B := 0.96$
- nur für lange Zylinder nach Gl. D.7, sonst Null setzen

$$\lambda_{x0} := \lambda_{x0} + 0.10 \cdot k_B$$

$$\lambda_{x0} = 0.30$$

Plastische Grenزشlankheit Gl. 8.16

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{\alpha_x}{1 - \beta}}$$

$$\lambda_p = 0.66$$

Beul-Abminderungsfaktoren nach Gln. 8.13, 8.14 und 8.15

$$\chi_{13} := 1$$

$$\chi_{14} := 1 - \beta \cdot \left(\frac{\lambda_x - \lambda_{x0}}{\lambda_p - \lambda_{x0}} \right)^\eta$$

$$\chi_{14} = -0.770$$

$$\chi_{15} := \frac{\alpha_x}{\lambda_x^2}$$

$$\chi_{15} = 0.093$$

$$\chi := \text{wenn}(\lambda_x \leq \lambda_{x0}, \chi_{13}, \text{wenn}(\lambda_x \leq \lambda_p, \chi_{14}, \chi_{15}))$$

$$\chi = 0.093$$

Charakteristische Beulspannung nach Gl. 8.12

$$\sigma_{x,Rk} := \chi \cdot f_{y,k}$$

$$\sigma_{x,Rk} = 21.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Teilsicherheitsbeiwert nach Abs. 8.5.2 (2)

$$\gamma_{M1} := 1.1$$

Bemessungswert der Beulspannung nach Gl. 8.11

$$\sigma_{x,Rd} := \frac{\sigma_{x,Rk}}{\gamma_{M1}}$$

$$\sigma_{x,Rd} = 19.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$