

## Beulnachweis nach DIN 18800 Teil 4 für Axial- und Innendruck

(Formular Z-Beul-axial\_07-11-06.xmcd)

### Geometrie

Radius	$R := \frac{10.00\text{m}}{2}$	$R = 5000\text{mm}$
Wanddicke		$T := 5.0\text{mm}$
Länge		$L := 10.00\text{m}$

### Werkstoff

E-Modul		$E := 2.1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Streckgrenze		$f_y := 240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

### Lasten

Dachlast Schnee		$s := 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Dachlast Eigengewicht (geschätzt)		$g := 0.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
ständiger Innendruck	$p := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 30\text{mm}$	$p = 0.30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

### Parameter

geometrische Schlankheit	$RT := \frac{R}{T}$	$RT = 1000$
Längenverhältnis	$LR := \frac{L}{R}$	$LR = 2.00$

### Mittellänge und kurze Kreiszyylinder

Bedingung nach Gl. 27	$GL27 := 0.5 \cdot \sqrt{RT}$	$GL27 = 15.81$
-----------------------	-------------------------------	----------------

Bedingung :=  $\begin{cases} \text{"erfüllt"} & \text{if } LR \leq GL27 \\ \text{"nicht erfüllt"} & \text{otherwise} \end{cases}$

**Bedingung = "erfüllt"**

Beiwert nach Gl. 28  $C_{x,28} := 1 + \frac{1.5}{LR^2 \cdot RT}$   $C_{x,28} = 1.000$

Halbwellenlänge der elastischen Schachbrettbeule

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

Halbwellenlänge der elastischen Ringbeule

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

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 Kreiszyylinder

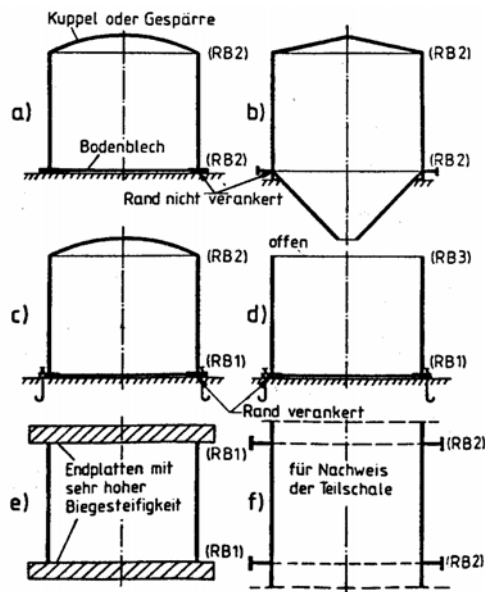


Bild 11. Konstruktive Erläuterungen und Beispiele zu den Randbedingungen

bild1

Bedingung nach Gl. 29  $GL_{29} := 0.5 \cdot \sqrt{RT}$   $GL_{29} = 15.81$

Bedingung :=  $\begin{cases} \text{"erfüllt"} & \text{if } LR > GL_{29} \\ \text{"nicht erfüllt"} & \text{otherwise} \end{cases}$

**Bedingung = "nicht erfüllt"**

Tabelle 1. Beiwerte  $\eta$  zur Ermittlung der idealen Axialbeulspannungen bei langen Kreiszyindern

Fall	Kombination der Randbedingungen nach Abschnitt 4.1, Element 403	Beiwert $\eta$
1	RB 1 RB 1	6
2	RB 2 RB 1	3
3	RB 2 RB 2	1

bild2

Beiwert aus Tabelle 1 für Randbedingungen aus Bild 11

$\eta := 3$

Beiwert nach Gl. 30  $C_{x.30} := 1 - \frac{0.4 \cdot LR \cdot \sqrt{\frac{1}{RT} - 0.2}}{\eta}$   $C_{x.30} = 1.058$

Begrenzung  $C_{x.30} := \text{wenn}(C_{x.30} < 0.6, 0.6, C_{x.30})$   $C_{x.30} = 1.058$

### Maßgebender Beiwert

$C_x := \text{wenn}(LR \leq GL27, C_{x.28}, \text{wenn}(LR > GL29, C_{x.30}, \text{"Fehler"}))$   $C_x = 1.000$

### Ideale Beulspannung nach Gl. 26

$\sigma_{xSi} := 0.605 \cdot C_x \cdot \frac{E}{RT}$   $\sigma_{xSi} = 127 \frac{N}{mm^2}$

mechanische Schlankheit  $\lambda := \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{xSi}}}$   $\lambda = 1.374$

### Abminderungsfaktoren nach Gl. 8 - "sehr imperfektionsempfindlich"

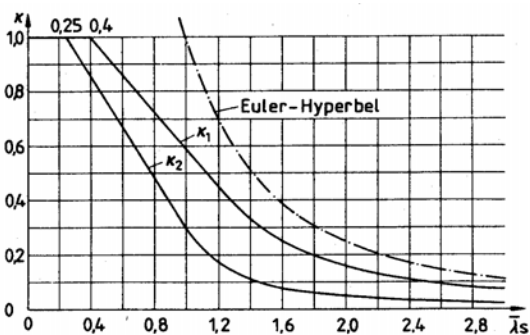


Bild 2. Abminderungsfaktoren  $\kappa$  (bezogene reale Beulspannungen) für Schalenbeulen (Grundbeulkurven)

$\kappa_{2a} := 1$   
 $\kappa_{2b} := 1.233 - 0.933 \cdot \lambda$   $\kappa_{2b} = -0.049$   
 $\kappa_{2c} := \frac{0.3}{\lambda^3}$   $\kappa_{2c} = 0.116$   
 $\kappa_{2d} := \frac{0.2}{\lambda^2}$   $\kappa_{2d} = 0.106$

bild3

$\kappa_2 := \text{wenn}(\lambda \leq 0.25, \kappa_{2a}, \text{wenn}(\lambda \leq 1, \kappa_{2b}, \text{wenn}(\lambda \leq 1.5, \kappa_{2c}, \kappa_{2d})))$   $\kappa_2 = 0.116$

### Beullasterhöhende Wirkung des Innendruckes

Innendruckparameter nach Gl. 53  $p_{\text{quer}} := \frac{p}{E} \cdot RT^2$   $p_{\text{quer}} = 0.001$

Korrekturfaktor für den Innendruck nach Gl. 53  $F_a := 1$

$$F_b := 1 + 1.2 \cdot \lambda \cdot p_{\text{quer}}^{0.38} \cdot \frac{\lambda - 0.7}{0.3} \quad F_b = 1.307$$

$$F_c := 1 + 1.2 \cdot \lambda \cdot p_{\text{quer}}^{0.38} \quad F_c = 1.137$$

$$F := \text{wenn}(\lambda \leq 0.7, F_a, \text{wenn}(\lambda \leq 1, F_b, F_c)) \quad F = 1.137$$

entspricht der Steigerung der Beullast infolge des Innendruckes

$$\kappa_{2q} := \kappa_2 \cdot F \quad \kappa_{2q} = 0.131$$

### Reale Beulspannung nach Gl. 4

$$\sigma_{xS.R.k} := \kappa_{2q} \cdot f_y \quad \sigma_{xS.R.k} = 31.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### Teilsicherheitsbeiwerte nach Gl. 13

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

$$\gamma_{Mb} := 1.1 \cdot \left( 1 + 0.318 \cdot \frac{\lambda - 0.25}{1.75} \right) \quad \gamma_{Mb} = 1.325$$

$$\gamma_{Mc} := 1.45$$

$$\gamma_M := \text{wenn}(\lambda \leq 0.25, \gamma_{Ma}, \text{wenn}(\lambda \leq 2, \gamma_{Mb}, \gamma_{Mc})) \quad \gamma_M = 1.325$$

### Grenzbeulspannung nach Gl. 9

$$\sigma_{xS.R.d} := \frac{\sigma_{xS.R.k}}{\gamma_M} \quad \sigma_{xS.R.d} = 23.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### Bemessungswert der Dach-Flächenlast

Der Innendruck wird nur 1,0-fach angesetzt, da er hinsichtlich des Beulens entlastend wirkt

$$q_d := 1.35 \cdot g + 1.5 \cdot s - 1.0 \cdot p \qquad q_d = 1.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### Gesamte Dach-Gesamtlast

$$N_d := q_d \cdot \pi \cdot R^2 \qquad N_d = 118 \text{ kN}$$

nicht vergessen: Aufbauten, Verkehr ...

### Längsspannung aus Dachlast

$$\sigma_{x,d} := \frac{N_d}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot T} \qquad \sigma_{x,d} = 0.75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### Ausnutzungsgrad

$$\eta := \frac{\sigma_{x,d}}{\sigma_{xS.R,d}} \qquad \eta = 0.031$$