

Berechnung eines Gaszyklons

Autor: J.Grabow
Lizenzbedingungen: CC BY-NC-SA 4.0

Konstanten

Wandreibungswert bei Partikelfreier Gasströmung	$\lambda_g := 0.005$
Raumtemperatur	$T_R := 20 \cdot \text{K}$
absoluter Nullpunkt der Temperatur	$T_0 := 273.15 \cdot \text{K}$
Normdruck	$p_n := 101.325 \cdot 10^3 \cdot \text{Pa}$
spezifische Gaskonstante von Luft	$R_L := 287 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
dynamische Viskosität bei 20°C:	$\eta_{20} := 18.22 \cdot 10^{-6} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$

Eingabegrößen zur Auslegung des Zyklons

Volumenstrom:	$Q := 25 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
Staubbelastung:	$B := 0.021$
Staubdichte:	$\rho_{\text{St}} := 2500 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Tauchrohrinnenradius:	$r_i := \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot 20 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$ $r_i = 19.947 \text{ mm}$ $r_i := 20 \cdot \text{mm}$

Berechnung

Temperatur am Saugmund:	$T_S := T_0 + T_R$	$T_S = 293.15 \text{ K}$
Dichte der Luft bei Raumtemperatur:	$\rho_n := \frac{p_n}{R_L \cdot T_S}$	$\rho_n = 1.204 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Wandreibungswert:	$\lambda := \lambda_g \cdot (1 + 2 \cdot \sqrt{B})$	$\lambda = 6.449 \times 10^{-3}$
Massenstrom der Luft:	$m_f := Q \cdot \rho_n$	$m_f = 0.03 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$
dynamische Viskosität bei Raumtemperatur:	$\eta := \eta_{20} \cdot \left(\frac{T_S}{293.15 \cdot \text{K}} \right)^{\frac{18.13 \text{ K}}{T_S} + 0.656}$	

Geometrie

Tauchrohrgeschwindigkeit:	$v_i := \frac{Q}{r_i^2 \cdot \pi}$	$v_i = 19.894 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Zyklonhöhe:	$h := 8 \cdot r_i$	$h = 0.16 \text{ m}$
Zyklonradius:	$r_a := 2.5 \cdot r_i$	$r_a = 0.05 \text{ m}$
Tauchrohrquerschnitt:	$F_i := r_i^2 \cdot \pi$	$F_i = 1.257 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
Eintrittsfläche:	$F_e := 0.716 \cdot F_i$	$F_e = 8.998 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Einlaufbreite:	$b_e := 0.4 \cdot r_a$	$b_e = 0.02 \text{ m}$
Einlaufhöhe:	$h_e := \frac{F_e}{b_e}$	$h_e = 0.045 \text{ m}$
Eintrittsradius:	$r_e := r_a - \frac{b_e}{2}$	$r_e = 0.04 \text{ m}$

Abscheidungsgrad und Druckverlust

Einlaufgeschwindigkeit:	$v_e := \frac{Q}{b_e \cdot h_e}$	$v_e = 27.785 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Einlaufbeiwerte:		
Spiraleinlauf nach Muschelknautz	$\alpha := 1 + \sqrt{3} \cdot \left(\pi \cdot \lambda \cdot \frac{r_e}{\sqrt{F_e}} \right)$	$\alpha = 1.047$
Schlitzeinlauf nach Kimura	$\alpha := 1 - 0.36 \cdot \sqrt{\frac{F_e}{F_i}} \cdot \left(\frac{b_e}{r_a} \right)^{0.45}$	$\alpha = 0.798$
Umfangsgeschwindigkeit am Außenradius:	$v_{\phi a} := \frac{v_e \cdot r_e}{\alpha \cdot r_a}$	$v_{\phi a} = 27.844 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Umfangsgeschwindigkeit am Tauchrohrradius:	$v_{\phi i} := \frac{v_i}{\frac{F_e}{F_i} \cdot \alpha \cdot \frac{r_i}{r_e} + \lambda \cdot \frac{h}{r_i}}$	$v_{\phi i} = 58.966 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Radialgeschwindigkeit am Tauchrohrradius: $v_{ri} := \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot r_i \cdot (h - h_e)}$ $v_{ri} = 1.73 \frac{m}{s}$

Grenzkorndurchmesser: $d := \sqrt{\frac{(18 \cdot \eta \cdot r_i \cdot v_{ri})}{(\rho_{St} - \rho_n) \cdot v_{\phi i}^2}}$ $d = 1.143 \times 10^{-6} m$

Korrekturfaktor: $FD1 := 0.76 \cdot \left(\frac{r_a}{r_i}\right)^{0.31}$

Grenzkorndurchmesser: $\underline{\underline{d}} := FD1 \cdot d$ $d = 1.154 \times 10^{-6} m$

Geschwindigkeitsverhältnis: $U := \frac{v_{\phi i}}{v_i}$ $U = 2.964$

Druckverlustbeiwerte:

Einlaufströmung: $\xi_{ea} := 0$ (Schlitzeinlauf)

Hauptströmung: $\xi_{ai} := U^2 \cdot \frac{r_i}{r_a} \cdot \left[\frac{1}{\left(1 - U \cdot \lambda \cdot \frac{h}{r_i}\right)^2} - 1 \right]$

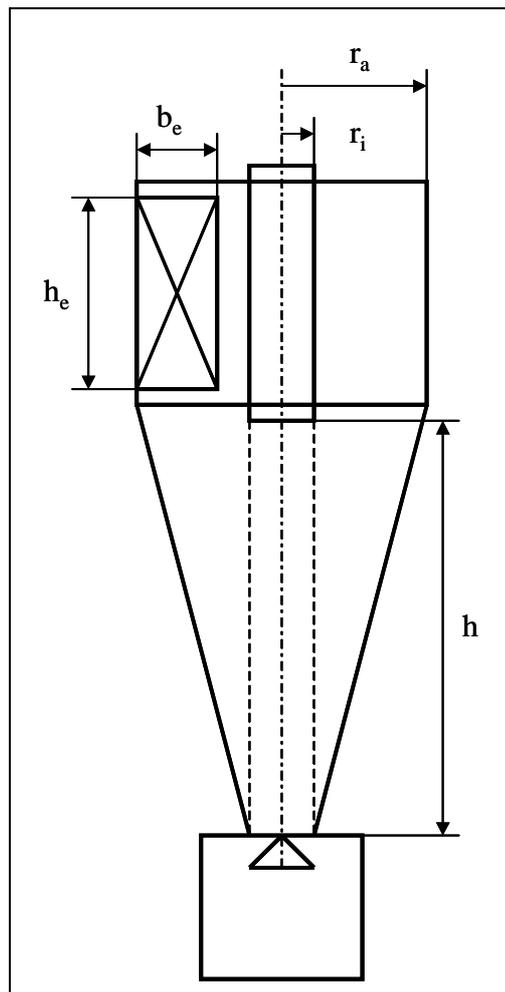
Tauchrohrströmung: $\xi_{im} := 2 + 3 \cdot U^{\frac{4}{3}} + U^2$

Druckverlust im Zyklon: $\Delta p := \frac{\rho_n}{2} \cdot v_i^2 \cdot (\xi_{ea} + \xi_{ai} + \xi_{im})$ $\Delta p = 5.944 \times 10^3 Pa$

Reynoldszahl: $\underline{\underline{Re}} := \frac{r_i \cdot v_i \cdot \rho_n}{\frac{h + h_e}{r_i} \cdot \left(\frac{r_a}{r_i} - 1\right) \cdot \eta}$ $Re = 1.711 \times 10^3$

Zyklongeometrie

Eingangsgrößen:	Volumenstrom:	$Q = 0.025 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
	Staubbelastung:	$B = 0.021$
	Staubdichte:	$\rho_{\text{St}} = 2.5 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
	Tauchrohrinnenradius:	$r_i = 20 \text{ mm}$



$h = 160 \text{ mm}$
$h_e = 44.988 \text{ mm}$
$b_e = 20 \text{ mm}$
$r_i = 20 \text{ mm}$
$r_a = 50 \text{ mm}$

Grenzkorndurchmesser: $d = 1.154 \times 10^{-6} \text{ m}$

Druckverlust im Zyklon: $\Delta p = 5.944 \times 10^3 \text{ Pa}$