

Aufgabe 5-1 (Kläreindicker)

Informieren Sie sich über die prinzipiellen Bauformen von Kläreindickern!

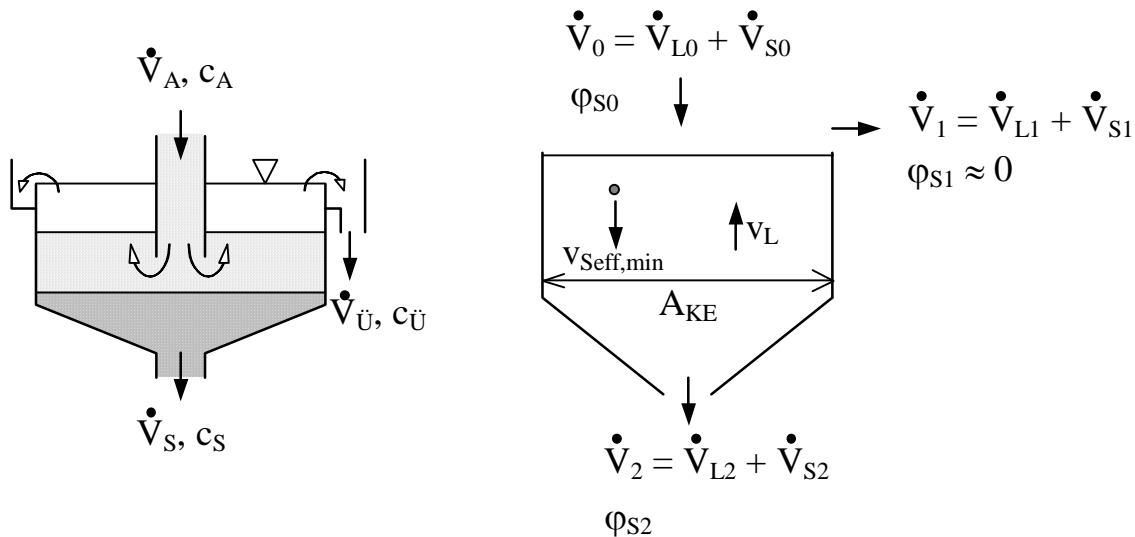
In einem Bergbaubetrieb wird das gewonnene erzhaltige Ganggestein mittels Kugelmøhlen zerkleinert, anschließend erfolgt durch Flotation eine Trennung des Erzes vom Abraum. Von der so entstehenden Abraumsuspension ($VS = 540 \text{ m}^3/\text{h}$, $x_S = 240 \text{ kg/m}^3$), die als mineralische Suspension bereits in Aufgabe 4-3 vorgestellt wurde, soll ein Teil des eingesetzten Waschwassers aus ökonomischen Gründen vollständig geklärt wieder zum Einsatz kommen. Um den anfallenden Schlamm transportieren zu können, muss sein Feststoffvolumengehalt mindestens 0,6 betragen.

Prüfen Sie, ob die Klärung der Suspension mittels Kläreindicker erfolgen kann, wenn dem Betrieb als möglicher Standort für die Anlage eine Rechteckfläche von $25 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ zur Verfügung steht!

Aufgabe 5-1 (Kläreindicker)

Definition: $\mu\text{m} := 10^{-6} \text{ m}$

Skizzen:



Vorgegebene Werte:

Abraumsuspension: $V_{S0} := 540 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ $c_{S0} := 240 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $\phi_{S0} := 0.11$

Klarlauf: $\phi_{S1} := 0$

Dickschlamm: $\phi_{S2} := 0.6$

flüssige Phase: $\rho_L := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $\eta_L := 0.0012 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

disperse Phase: $\rho_S := 2200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $\Psi := 0.76$

Logarithm. Normalverteilung: $x_{50_0} := 115 \mu\text{m}$ $x_{98_0} := 236 \mu\text{m}$

verfügbare Fläche: $L := 25 \text{ m}$ $T := 20 \text{ m}$

Lösung:

1. Ermittlung der minimalen effektiven Sinkgeschwindigkeit (Aufgabe 4-3)

volumenäquiv. Durchmesser: $x_{V50_0} := \sqrt{\Psi} \cdot x_{50_0}$ $x_{V50_0} = 100.3 \mu\text{m}$

$x_{V98_0} := \sqrt{\Psi} \cdot x_{98_0}$ $x_{V98_0} = 205.7 \mu\text{m}$

Standardabweichung: $\sigma_{\ln} := \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{x_{98_0}}{x_{50_0}} \right)$ $\sigma_{\ln} = 0.359$

Massenverteilung: $x_{V50_3} := x_{V50_0} \cdot e^{3 \cdot \sigma_{\ln}^2}$ $x_{V50_3} = 147.7 \mu\text{m}$

minimale Partikelgröße: $x_{\min} := x_{V50_3} \cdot e^{-3 \cdot \sigma_{\ln}^2}$ $x_{\min} = 50.2 \mu\text{m}$

Dichtedifferenz: $\Delta\rho := \rho_S - \rho_L$ $\Delta\rho = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

ARCHIMEDES-Zahl: $Ar := \frac{g \cdot \Delta\rho \cdot \rho_L \cdot x_{\min}^3}{\eta_L^2}$ $Ar = 1.037$

Koeffizienten des dim-losen Lösungsansatzes (n. LB MVT):

$$A := \begin{cases} 1 & \text{if } Ar \leq 9 \\ 0.8 & \text{if } 9 < Ar \leq 325 \\ 0.6 & \text{if } 325 < Ar \leq 1 \cdot 10^4 \\ 0.4 & \text{if } 1 \cdot 10^4 < Ar \leq 3 \cdot 10^5 \\ 0 & \text{if } 3 \cdot 10^5 < Ar \leq 3 \cdot 10^9 \end{cases}$$

$$A = 1$$

$$B := \begin{cases} 24 & \text{if } Ar \leq 9 \\ 27 & \text{if } 9 < Ar \leq 325 \\ 17 & \text{if } 325 < Ar \leq 1 \cdot 10^4 \\ 6.5 & \text{if } 1 \cdot 10^4 < Ar \leq 3 \cdot 10^5 \\ 0.44 & \text{if } 3 \cdot 10^5 < Ar \leq 3 \cdot 10^9 \end{cases}$$

$$B = 24$$

Sinkgeschwindigkeit des kugeligen Einzelpartikels:

$$v_{SKmin} := \frac{\eta_L}{\rho_L \cdot x_{\min}} \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{Ar}{B} \right)^{\frac{1}{2-A}}$$

$$v_{SKmin} = 1.376 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

alternativ:

Stokes-Regime ($Ar < 9$):

$$v_{SKmin} := \frac{g \cdot \Delta\rho}{18 \cdot \eta_L} \cdot x_{\min}^2$$

$$v_{SKmin} = 1.376 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Formkorrekturfaktor n. Skript:

$$K_{\Psi} := \begin{cases} 0.843 \cdot \log \left(\frac{\Psi}{0.065} \right) & \text{if } Ar < 9 \\ 0.4 + 0.75 \cdot \Psi - 0.067 \cdot \log \left(\frac{4}{3} \cdot Ar \right) & \text{if } 9 \leq Ar < 3 \cdot 10^5 \\ (1 + 11.1 \cdot (1 - \Psi))^{-0.5} & \text{if } 3 \cdot 10^5 < Ar \leq 3 \cdot 10^9 \end{cases}$$

$$K_{\Psi} = 0.900$$

Sinkgeschwindigkeit des Einzelpartikels:

$$v_{SPmin} := K_{\Psi} \cdot v_{SKmin}$$

$$v_{SPmin} = 1.238 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Exponent nach Richardson & Zaki:

$$n(Re) := \begin{cases} 4.65 & \text{if } Re \leq 0.2 \\ 4.35 \cdot Re^{-0.03} & \text{if } 0.2 < Re \leq 1 \\ 4.45 \cdot Re^{-0.1} & \text{if } 1 < Re \leq 500 \\ 2.39 & \text{if } 500 < Re \end{cases}$$

Re-Zahl für kleinste Partikel: $Re := \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{Ar}{B} \right)^{2-A}$ Re = 0.058

effektive Sinkgeschwindigkeit
der kleinsten Partikel:

$$v_{\text{Seffmin}} := (1 - \phi_{S0})^{n(Re)} \cdot v_{\text{SPmin}}$$

$$v_{\text{Seffmin}} = 0.72 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

2. Bilanzierung

Gesamtbilanz: $VS_0 = VS_1 + VS_2$

Feststoffbilanz: $VS_{S0} = VS_{S1} + VS_{S2}$

$$\Rightarrow \phi_{S0} \cdot VS_0 = \phi_{S1} \cdot VS_1 + \phi_{S2} \cdot VS_2$$

$$\Rightarrow \phi_{S0} \cdot VS_0 = \phi_{S1} \cdot VS_1 + \phi_{S2} \cdot (VS_0 - VS_1)$$

Klarlauf: $VS_1 := VS_0 \cdot \frac{\phi_{S2} - \phi_{S0}}{\phi_{S2} - \phi_{S1}}$

$$VS_1 = 441 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$VS_{L1} := (1 - \phi_{S1}) \cdot VS_1$$

$$VS_{L1} = 441 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Dickschlamm: $VS_2 := VS_0 - VS_1$

$$VS_2 = 99 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$VS_{L2} := (1 - \phi_{S2}) \cdot VS_1$$

$$VS_{L2} = 176.4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

3. Mindestgröße des Kläreindickers

Bedingung für Betrieb des KE: $v_{\text{Seffmin}} \geq v_L$ mit

$$v_L \cdot A_{\text{KE}} = VS_1$$

Mindestklärfläche: $A_{\text{KEmin}} := \frac{VS_1}{v_{\text{Seffmin}}}$

$$A_{\text{KEmin}} = 170.1 \text{ m}^2$$

Sicherheitszuschlag
(auf die Klärfläche):

$$A_{\text{KEreal}} := 1.33 \cdot A_{\text{KEmin}}$$

$$A_{\text{KEreal}} = 226.2 \text{ m}^2$$

Durchmesser des Beckens: $D_{\text{KE}} := \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot A_{\text{KEreal}}}$

$$D_{\text{KE}} = 16.97 \text{ m}$$

Verfügbarer Platz: $\min((L \cdot T)^T) = 20 \text{ m}$

Kläreindicker kann auf der zur Verfügung stehenden Fläche gebaut werden.