

## Sedimentation 1

In einem ostdeutschen Chemiebetrieb wird nach langer Stillstandszeit die Produktion wieder aufgenommen. Das anfallende feststoffhaltige Abwasser ( $V_A = 40 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $c_{S,A} = 10 \text{ Vol.-%}$ ,  $\eta_L = 1.3 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ,  $\rho_L = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) soll in einem bereits vorhandenen Längsbecken ( $L_{\text{eff}} = 30 \text{ m}$ ,  $B = 8 \text{ m}$ ) vorgeklärt werden.

Die Partikelgrößenverteilung der dispersen Phase ( $\rho_S = 1600 \text{ kg/m}^3$ ,  $\Psi = 1$ ) wurde mit einem Zählverfahren bestimmt und kann mit einer LNVT angenähert werden ( $x_{50,0} = 40 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $\sigma_{\ln} = 0.5$ ). Für die Berechnung kann von einer idealen Trennung ausgegangen, die Beckenneigung vernachlässigt und die Geschwindigkeit als konstant über dem Querschnitt angesehen werden.

- Berechnen Sie das stündlich anfallende Dickschlammvolumen für den Fall, dass eine vollständige Abtrennung des Feststoffes stattfindet! Die Konzentration im Dickschlamm ist gegeben ( $c_{S,D} = 40 \text{ Vol.-%}$ ).
- Ermitteln Sie die Größe der kleinsten Partikel, die in dem Längsbecken abgeschieden werden!
- Prüfen Sie, ob mit dem Längsbecken eine 98 %-ige Abtrennung der Feststoffmasse erzielt werden kann!
- Der oben angegebene Wert für die Viskosität der flüssigen Phase gilt bei einer Temperatur von  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Wie verändert sich Ihrer Meinung nach der Abscheidegrad des Klärbeckens mit der Temperatur?

**Definition:**  $\mu\text{m} := 10^{-6} \text{ m}$   $\text{mPa} := 10^{-3} \text{ Pa}$

### Vorgegebene Werte:

|                              |   |  |
|------------------------------|---|--|
| flüssige Phase:              | $\rho_L := 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ | $\eta_L := 1.3 \text{ mPa}\cdot\text{s}$   |
| disperse Phase:              | $\rho_S := 1600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ |  |
| Abwasser:                    | $c_{VA} := 0.1$                               | $VS_A := 40 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ |
| Dickschlamm:                 | $c_{VD} := 0.4$                               |  |
| Längsbecken:                 | $l := 30 \text{ m}$                           | $b := 8 \text{ m}$                         |
| Logarithm. Normalverteilung: | $x_{50_0} := 40 \text{ }\mu\text{m}$          | $\sigma := 0.5$                            |

## Lösung:

### 1. Dickschlammdurchsatz - Bilanz am Klärbecken

Gesamtbilanz:  $VS_A = VS_D + VS_K$  (VS Volumenstrom)

Schlamm Bilanz:  $c_{VA} \cdot VS_A = c_{VD} \cdot VS_D + c_{VK} \cdot VS_K = c_{VD} \cdot VS_D$

Dickschlammdurchsatz:  $VS_D := \frac{c_{VA}}{c_{VD}} \cdot VS_A$   $VS_D = 10 \frac{m^3}{h}$

### 2. Trennteilchengröße

für Trennteilchengröße gilt:  $\frac{H}{v_S} = \frac{l}{v_h} = \frac{l \cdot b \cdot h}{VS}$

Sinkgeschwindigkeit von  $x_T$ :  $v_S := \frac{VS_A}{l \cdot b}$   $v_S = 0.046 \frac{mm}{s}$

Ljascenko-Zahl:  $Lj := \frac{\rho_L^2 \cdot v_S^3}{g \cdot (\rho_S - \rho_L) \cdot \eta_L}$   $Lj = 1.297 \cdot 10^{-8}$

Bestimmung von A & B:

|        |  |        |  |
|--------|--|--------|--|
| $A :=$ | $\begin{cases} 1 & \text{if } Lj < 0.014 \\ 0.8 & \text{if } 0.014 \leq Lj < 3.18 \\ 0.6 & \text{if } 3.18 \leq Lj < 172 \\ 0.4 & \text{if } 172 \leq Lj < 3.3 \cdot 10^3 \\ 0 & \text{if } 3.3 \cdot 10^3 \leq Lj < 3.3 \cdot 10^5 \end{cases}$ | $B :=$ | $\begin{cases} 24 & \text{if } Lj < 0.014 \\ 27 & \text{if } 0.014 \leq Lj < 3.18 \\ 17 & \text{if } 3.18 \leq Lj < 172 \\ 6.5 & \text{if } 172 \leq Lj < 3.3 \cdot 10^3 \\ 0.44 & \text{if } 3.3 \cdot 10^3 \leq Lj < 3.3 \cdot 10^5 \end{cases}$ |
|--------|--|--------|--|

$A = 1$

$B = 24$

Trennteilchengröße:  $x_T := \frac{\eta_L}{\rho_L \cdot v_S} \cdot \left( \frac{3}{4} \cdot B \cdot Lj \right)^{\frac{1}{1+A}}$   $x_T = 13.6 \mu m$

### 3. Abscheidegrad

massenmäßiger Medianwert:  $x_{50_3} := x_{50_0} \cdot e^{3 \cdot \sigma^2}$   $x_{50_3} = 84.7 \mu m$

Abscheidegrad, exakt:  $\eta := 1 - \text{plnorm} \left( \frac{x_T}{\mu m}, \ln \left( \frac{x_{50_3}}{\mu m} \right), \sigma \right)$

$\eta = 0.9999$

bei n Ma.-%-ige Abscheidung und idealer Trennung entspricht die Trennteilchengröße dem Quantil  $x_{100-n,3}$ :

2.3%-Quantil der LNVT:  $x_{2.3_3} := x_{50_3} \cdot e^{-2 \cdot \sigma^2}$   $x_{2.3_3} = 31.2 \mu m$

#### 4. Temperatureinfluss

Temperaturerhöhung --> Viskositätsabnahme --> Erhöhung von  $v_S$  bzw. Abnahme von  $x_T$  --> Erhöhung des Abscheidegrades

#### ZUSATZAUFGABE:

Ermitteln Sie die Reynoldszahl der Horizontalströmung und bewerten Sie die Strömungsverhältnisse!  
 Gehen Sie davon aus, dass die Breite und die effektive Tiefe des Längsbeckens im Verhältnis 4:1 stehen.

#### Zusatz: Reynoldszahl der horizontalen Strömung

Tiefen-Breitenverhältnis:  $q := 0.25$   $q \cdot b = 2 \cdot m$

hydraulischer Durchmesser:  $d_h = \frac{4 \cdot b \cdot h}{(b + 2 \cdot h)}$

$d_h := \frac{4 \cdot q \cdot b}{1 + 2 \cdot q}$   $d_h = 5.333 \cdot m$

horizontale Geschwindigkeit:  $v_h := \frac{VS_A}{q \cdot b^2}$   $v_h = 0.694 \frac{mm}{s}$

Reynoldszahl:  $Re := \frac{\rho_L \cdot v_h \cdot d_h}{\eta_L}$   $Re = 2849$

bzw.:  $Re := \frac{\rho_L \cdot 4 \cdot VS_A}{\eta_L \cdot (1 + 2 \cdot q) \cdot b}$   $Re = 2849$