

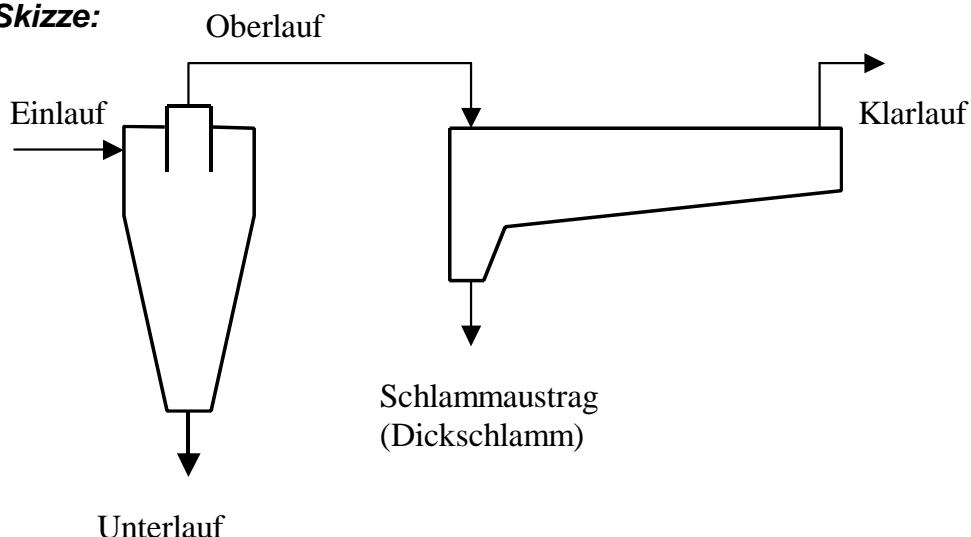
Aufgabe Grundlagen-4 (Mengenangaben, Bilanzen)

Ein feststoffhaltiges industrielles Abwasser ($50 \text{ m}^3/\text{h}$, $c_m = 180 \text{ kg/m}^3$, $\rho_L = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\rho_S = 2600 \text{ kg/m}^3$) soll mit einem Hydrozyklon vorgeklärt werden, während in einem nachgeschalteten Sedimentationsbecken der Feinanteil abgeschieden wird. Vom Hydrozyklon sind der Gesamtabscheidegrad η und das Volumenstromverhältnis τ von Oberlauf zu Unterlauf bekannt ($\eta = 0.6$, $\tau = 5$).

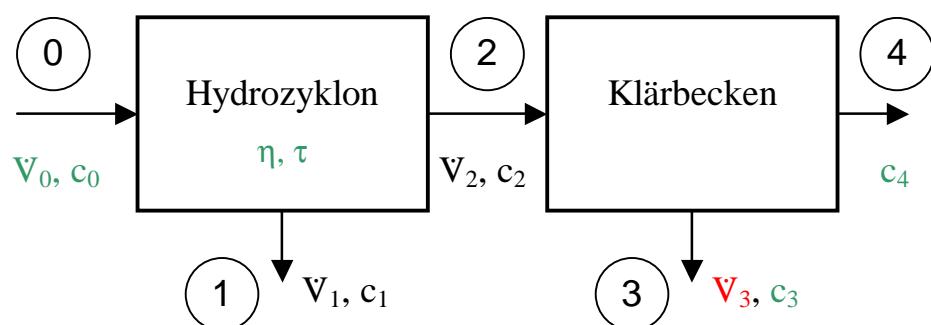
- Berechnen Sie die Volumenkonzentration, die Massenbeladung und den Massenanteil des Feststoffes im Abwasser!
- Berechnen Sie für das Sedimentationsbecken das stündlich anfallende Dickschlammvolumen ($\varphi = 40 \text{ Vol.}\%$)! Der Klarlauf des Beckens sei feststofffrei.

Aufgabe Grundlagen-4 (Mengenangaben, Bilanzen)

Skizze:



schematische Darstellung:



Vorgegebene Werte:

Abwasser: $VS_0 := 50 \frac{m^3}{h}$ $c_{m,0} := 180 \frac{kg}{m^3}$

flüssige Phase: $\rho_L := 1000 \frac{kg}{m^3}$

disperse Phase: $\rho_S := 2600 \frac{kg}{m^3}$

Hydrozyklon: $\eta := 0.60$ $\tau := 5$

Sedimentationsbecken: $\varphi_3 := 0.40$ $\varphi_4 := 0$

Lösung:

1. Feststoffgehalt des Abwassers

Massenkonzentration: $c_m = \frac{m_s}{V_{ges}}$

Volumenkonzentration: $c_v = \varphi = \frac{V_s}{V_{ges}} = \frac{m_s}{\rho_s \cdot V_{ges}} = \frac{c_m}{\rho_s}$! Volumenkonzentration c_v und Volumenanteil φ sind identisch
 $c_{v,0} := \frac{c_{m,0}}{\rho_s}$ $c_{v,0} = 6.92 \text{ \%}$

Massenbeladung: $X_s = \frac{m_s}{m_L} = \frac{\rho_s \cdot V_s}{\rho_L \cdot V_L} = \frac{\rho_s \cdot c_v}{\rho_L \cdot (1 - c_v)} = \frac{c_m}{\rho_L \cdot (1 - c_v)}$

$$X_{s,0} := \frac{\rho_s \cdot c_{v,0}}{\rho_L \cdot (1 - c_{v,0})} \quad X_{s,0} = 0.193$$

Massenanteil: $w = \frac{m_s}{m_{ges}} = \frac{m_s}{m_s + m_L} = \frac{X_s}{X_s + 1}$ (oder $w = \frac{1}{1 + \frac{\rho_L}{\rho_s} \cdot \frac{1 - c_v}{c_v}}$, s.u.)

Hausaufgabe: Stellen Sie den Massenanteil w als Funktion von c_v dar!

$$w_0 := \frac{X_{s,0}}{X_{s,0} + 1} \quad w_0 = 16.20 \text{ \%}$$

2. Bilanzierung der Anlage

allgemeine Bilanzgleichung für Apparate / Reaktoren:

Änderung im Bilanzraum = \sum Edukte - \sum Produkte + \sum Quellen + \sum Senken

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \sum MS_{ein} - \sum MS_{aus} + \sum MS_{Quelle} - \sum MS_{Senke} \quad MS \text{ Mengenstrom}$$

Sonderfall stationärer Prozess: $\frac{\partial M}{\partial t} = 0$

Quellen / Senken: chemische Reaktionen, biologische Abbauprozesse; aber auch mechanische Prozesse wie Zerkleinern & Agglomerationen, wenn M die Menge an Partikeln mit bestimmter Größe darstellt

allgemeine Bilanzgleichung für Mischungs- und Teilungsknoten (vernachlässigbares Eigenvolumen):

$$\sum MS_{ein} - \sum MS_{aus} = 0$$

bilanzierbare Größen:

Energie, Impuls, Masse & molare Menge

?Volumen? - nur bei Abwesenheit von Quellen/Senken und wenn einzelne Komponenten inkompressibel und untereinander nicht mischbar

Bilanz um Hydrozyklon (stationärer Betrieb, kein Abbau / Synthese von Feststoff):

$$\text{Gesamtvolumen: } VS_0 = VS_1 + VS_2$$

$$\text{Feststoffvolumen: } c_{V,0} \cdot VS_0 = c_{V,1} \cdot VS_1 + c_{V,2} \cdot VS_2$$

zusätzliche Informationen:

$$\eta \cdot c_{V,0} \cdot VS_0 = c_{V,1} \cdot VS_1 \quad \text{abgeschiedener Feststoff}$$

$$VS_2 = \tau \cdot VS_1 \quad \text{Relation der Teilausträge}$$

$$\text{Oberlauf: } VS_0 = \frac{VS_2}{\tau} + VS_2$$

$$VS_2 := \frac{\tau}{1 + \tau} \cdot VS_0 \quad VS_2 = 41.67 \frac{m^3}{h}$$

$$(1 - \eta) \cdot c_{V,0} \cdot VS_0 = c_{V,2} \cdot VS_2$$

$$c_{V,2} := c_{V,0} \cdot (1 - \eta) \cdot \frac{VS_0}{VS_2} \quad c_{V,2} = 3.32 \%$$

Bilanz um Sedimentatinsbecken (stationärer Betrieb, kein Abbau / Synthese von Feststoff):

$$\text{Gesamtvolumen: } VS_2 = VS_3 + VS_4$$

$$\text{Feststoffvolumen: } c_{V,2} \cdot VS_2 = c_{V,3} \cdot VS_3 + c_{V,4} \cdot VS_4$$

zusätzliche Informationen:

$$c_{V,4} = \varphi_4 = 0 \quad \text{Klarlauf ist feststofffrei}$$

$$\text{Trüblauf: } c_{V,2} \cdot VS_2 = c_{V,3} \cdot VS_3 \quad \text{mit} \quad c_{V,3} := \varphi_3$$

$$VS_3 := VS_2 \cdot \frac{c_{V,2}}{c_{V,3}} \quad VS_3 = 3.46 \frac{m^3}{h}$$