

Klausuraufgabe Filtration 4b (zur Übung)

Beim verzweifelten Versuch sich für die Prüfung in einer Grundlagenveranstaltung eine anspruchsvolle, aber nicht abschreckende, jedoch auch nicht allzu einfache Aufgabe auszudenken, landet der gestresste Nachwuchswissenschaftler bei folgendem Text:

Zur Abtrennung feinsten Feststoffpartikel aus einem Prozesswasserstrom ($VS_W = 200 \text{ m}^3/\text{h}$, $\eta_W = 0.001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$) soll ein Tiefenfilter eingesetzt werden. Es werden Schichtenfilter ($d_S = 2 \text{ mm}$, $\varepsilon = 80 \%$) aus einem faserförmigen Material eingesetzt, wobei die Fasern einen Durchmesser D von $20 \text{ }\mu\text{m}$ aufweisen. Die Filterfläche betrage 1 m^2 .

- Berechnen Sie die volumenspezifische Oberfläche des Fasermaterials! Gehen Sie vereinfachend von gleich langen Fasern mit $L \gg D$ aus!
- Schätzen Sie den Druckverlust über den Tiefenfilter mit Hilfe der Carman-Kozeny-Gleichung ab (die Kozeny-Konstante betrage 3.5)!
- Um welchen Faktor erhöht sich der Druckverlust, wenn die Porosität nur 70 % betrüge?

Vorgegebene Werte:

| | | | |
|-------------------|---|---------------------------------|-----------------------|
| Definition: | $\mu\text{m} := 10^{-6} \text{ m}$ | $\text{bar} := 10^5 \text{ Pa}$ | |
| flüssige Phase: | $\eta_F := 0.001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ | | |
| Abwasser: | $VS_W := 200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ | | |
| Faserdurchmesser: | $D := 20 \text{ }\mu\text{m}$ | | |
| Filtermedium: | $\varepsilon := 0.8$ | $\varepsilon_2 := 0.7$ | $d_S := 2 \text{ mm}$ |
| Filterfläche: | $A := 1 \text{ m}^2$ | | |
| Kozeny-Konstante: | $K' := 3.5$ | | |

Lösung:

1. Volumenspezifische Oberfläche der Fasern

Idee: für $L \gg D$ sind Stirnflächen gegenüber den Mantelflächen der Fasern vernachlässigbar

Faseroberfläche (Mantel): $S = L \cdot \pi \cdot D$

Faservolumen: $V = L \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2$

volumenspezif. Oberfläche: $S_V = \frac{S}{V} = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{L \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2} = \frac{4}{D}$

$S_V := \frac{4}{D}$

$S_V = 2 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1}$

2. Druckverlust

Druckverlust n. Carman-Kozeny $\Delta p = K' \cdot \frac{(1 - \epsilon)^2}{\epsilon^3} \cdot S_V^2 \cdot \eta \cdot v_F \cdot v_F \cdot d_S$

$v_F := \frac{VS_W}{A}$

$v_F = 0.056 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$\Delta p := K' \cdot \frac{(1 - \epsilon)^2}{\epsilon^3} \cdot S_V^2 \cdot \eta \cdot v_F \cdot v_F \cdot d_S$

$\Delta p = 1.215 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

3. Einfluss der Porosität

n. Carman-Kozeny gilt: $\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = \left(\frac{1 - \epsilon_2}{1 - \epsilon_1} \right)^2 \cdot \left(\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} \right)^3$

$\left(\frac{1 - \epsilon_2}{1 - \epsilon_1} \right)^2 \cdot \left(\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} \right)^3 = 3.359$