

Fachhochschule Südwestfalen/Abt. Hagen  
FB Technische Betriebswirtschaft  
Prof. Dr.-Ing. Klaus-Dieter Kothe

## **Grundlagen der Verfahrenstechnik**

**Klausur vom 7.2.2022**

**(max. 74 Punkte)**

Die Klausur besteht aus 9 Fragen, 3 Aufgaben und 1 Anhang.

Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten.

Die durchgeführten Rechenschritte müssen erkennbar sein. Ein Ergebnis ohne erkennbare Herleitung wird nicht anerkannt.

Frage 1: (3 Punkte)

Welche fundamentalen, physikalischen Grundlagen müssen bei der Auslegung von Apparaten und Anlagen der Verfahrenstechnik berücksichtigt werden?

Frage 2: (3 Punkte)

~~Welche Gemeinsamkeiten haben die Trennoperationen, die der mechanischen Verfahrenstechnik zugeordnet werden?~~

Frage 3: (4 Punkte)

Erklären Sie den Unterschied zwischen homogenen und heterogenen Gemischen und nennen Sie jeweils ein Beispiel!

Frage 4: (3 Punkte)

Warum nimmt bei der Strömung einer realen Flüssigkeit in einer horizontalen Rohrleitung mit konstantem Querschnitt der Druck ab und nicht die Geschwindigkeit?

Frage 5: (3 Punkte)

~~Welche Bedeutung hat der Windkessel bei oszillierenden Verdrängerpumpen?~~

Frage 6: (2 Punkte)

Worauf muss beim Einsatz von Zahnradpumpen oder Kreiskolbenpumpen besonders geachtet werden?

Frage 7: (4 Punkte)

Welche Faktoren beeinflussen die Wirtschaftlichkeit der Zerkleinerung?

Frage 8: (4 Punkte)

Das RRSB-Netz erlaubt durch Auswertung von Siebanalysen den Vergleich von zwei Zerkleinerungsapparaten. Wie bewerten Sie einen größeren Gleichmäßigkeitsparameter  $n$  und einen größeren Korngrößenparameter  $d_p'$  in einer der beiden Siebanalysen bezüglich der Zerkleinerungsapparate?

Frage 9: (2 Punkte)

Welchen wirtschaftlichen Vorteil hat das Sedimentationsverfahren gegenüber anderen mechanischen Trennverfahren?

Frage 1: (3 Punkte)

Welche fundamentalen, physikalischen Grundlagen müssen bei der Auslegung von Apparaten und Anlagen der Verfahrenstechnik berücksichtigt werden?

Festlegung der Prozessbedingungen, festlegen der physikalischen Effekte, Auswahl physikalischer Operationen

Frage 2: (3 Punkte)

Welche Gemeinsamkeiten haben die Trennoperationen, die der mechanischen Verfahrenstechnik zugeordnet werden?

Substanzen werden immer nach Phase getrennt.

Frage 3: (4 Punkte)

Erklären Sie den Unterschied zwischen homogenen und heterogenen Gemischen und nennen Sie jeweils ein Beispiel!

Ein homogenes Gemisch besteht aus einer einheitlichen Phase : Salzlösung

Ein heterogenes Gemisch besteht aus mehreren Phasen : Milch

Frage 4: (3 Punkte)

Warum nimmt bei der Strömung einer realen Flüssigkeit in einer horizontalen Rohrleitung mit konstantem Querschnitt der Druck ab und nicht die Geschwindigkeit?

Durch die Wirbelbildung und die innere Reibung nimmt der Druck ab.

Durch die Formel  $V = A \cdot w$  kann sich die Geschw. bei gleichbleibendem Durchmesser nicht verändern, darum fällt der Druck

### Frage 5:

(3 Punkte)

Welche Bedeutung hat der Windkessel bei oszillierenden Verdrängerpumpen?

Ein Windkessel dient zum Ausgleich von Druckschwankungen, (zur Hälfte mit Arbeitsmedium gefüllt, zur anderen Hälfte mit Gas)

### Frage 6:

(2 Punkte)

Worauf muss beim Einsatz von Zahnradpumpen oder Kreiskolbenpumpen besonders geachtet werden?

Es muss darauf geachtet werden, dass sie nur für selfschmierende Flüssigkeiten geeignet sind.

### Frage 9:

(2 Punkte)

Welchen wirtschaftlichen Vorteil hat das Sedimentationsverfahren gegenüber anderen mechanischen Trennverfahren?

Gravitationskraft ist kostenlos → kosteneinsparung im Vergleich zu künstlich erzeugten Kraftfeldern

Aufgabe 1: (16 Punkte)

Aus einem Behälter strömt eine ideale Flüssigkeit nach dem Heberprinzip durch eine geknickte Rohrleitung mit dem Durchmesser  $d$  in einen Diffusor. Es herrscht sowohl an der Flüssigkeitsoberfläche im Behälter (1) als auch an der Austrittsöffnung (7) des Diffusors Atmosphärendruck. Auf Grund der Höhenunterschiede besteht die Gefahr, dass in einem Bereich im System Kavitation auftritt. Deshalb darf der Druck an keiner Stelle im System unter den kritischen Druck  $p_{\text{krit}}$  fallen.

Die Strömung ist reibungsfrei.

- a) Skizzieren Sie den Druckverlauf in der Flüssigkeit von der Flüssigkeitsoberfläche im Behälter bis zur Austrittsöffnung des Diffusors!  
Wo besteht Kavitationsgefahr?

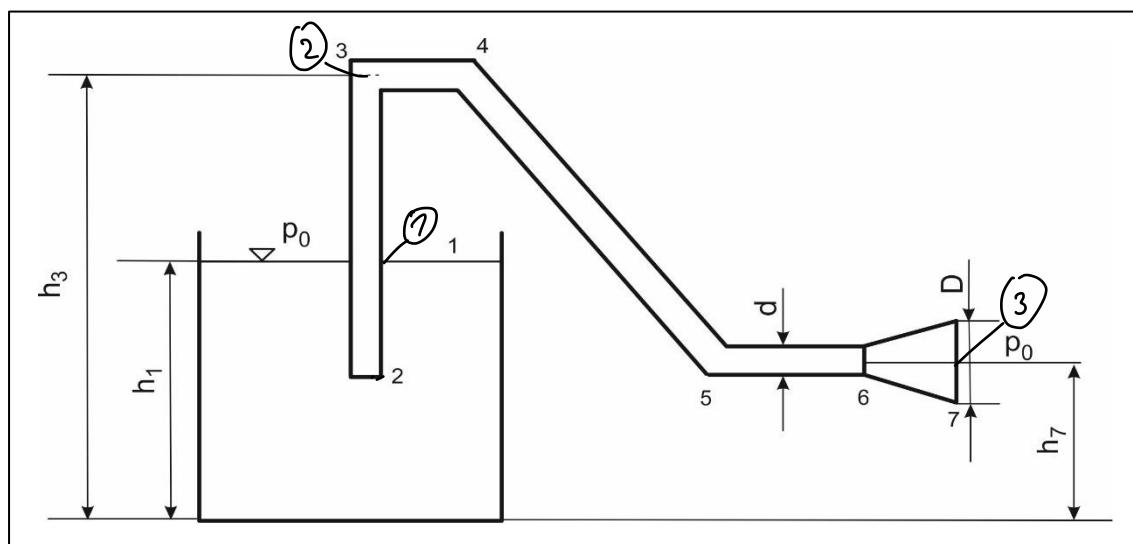
- b) Wie hoch muss der Flüssigkeitsspiegel  $h_1$  im Behälter mindestens sein, damit an keiner Stelle im System Kavitation auftritt?

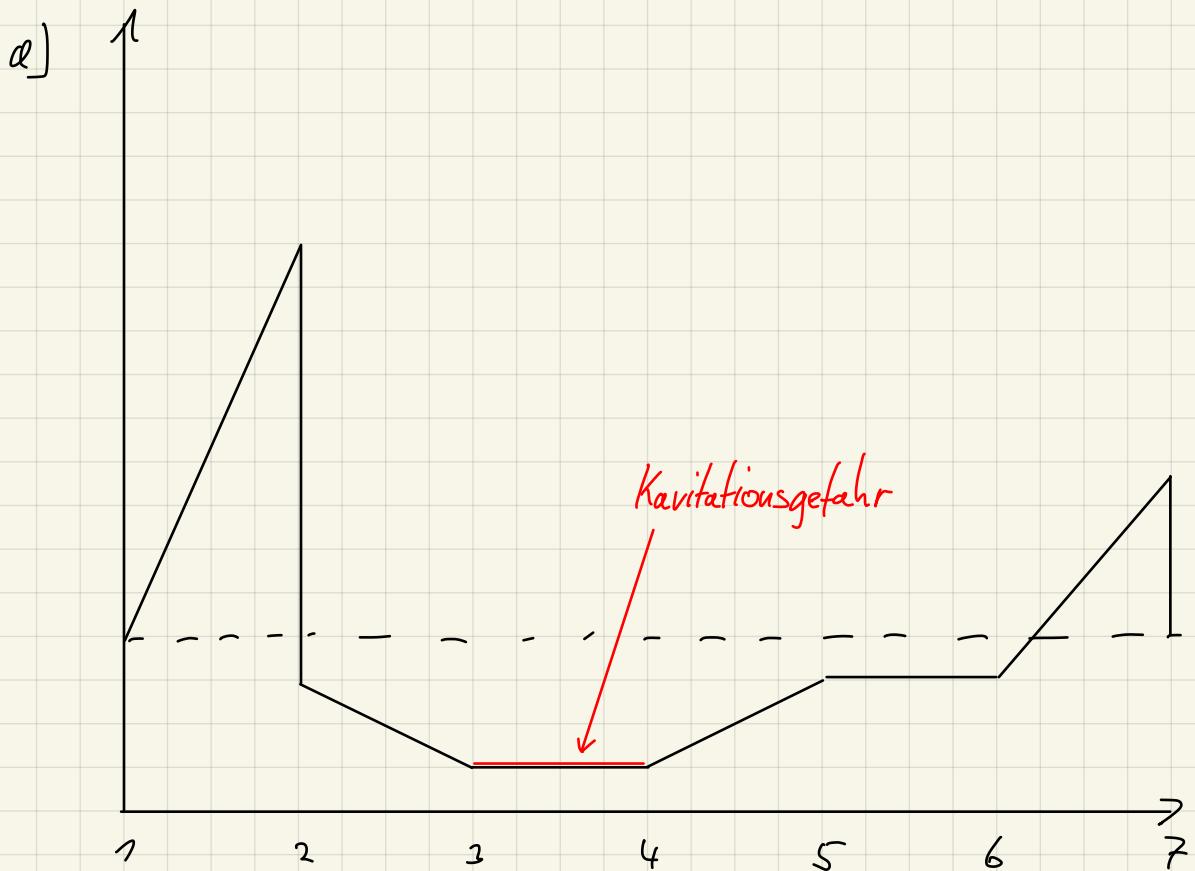
Gegeben:

$$\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3; \quad h_3 = 5,5 \text{ m}; \quad h_7 = 1,5 \text{ m} \quad D = 0,15 \text{ m}; \quad d = 0,1 \text{ m}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Pa}; \quad p_{\text{krit}} = 500 \text{ Pa}$$

1,005





b)

$$p_1 = p_0$$

$$z_1 = ?$$

$$w_1 = 0$$

$$p_2 = 500 \text{ Pa}$$

$$z_2 = 5.5 \text{ m}$$

$$w_2 = ?$$

$$p_3 = p_0$$

$$z_3 = 1.5 \text{ m}$$

$$w_3 = ?$$

$$A_2 \cdot w_2 = A_3 \cdot w_3$$

$$w_3 = \frac{A_2 \cdot w_2}{A_3}$$

$$p_{\text{krit}} + \cancel{\rho \cdot g \cdot z_2} + \frac{\rho}{2} \cdot w_2^2 = p_0 + \cancel{\rho \cdot g \cdot z_3} + \frac{\rho}{2} \cdot w_3^2$$

$$p_{\text{krit}} + \cancel{\rho \cdot g \cdot z_2} + \frac{\rho}{2} \cdot w_2^2 = p_0 + \cancel{\rho \cdot g \cdot z_3} + \frac{\rho}{2} \cdot \left( \frac{A_2}{A_3} \right)^2 \cdot w_2^2$$

$$p_{\text{krit}} - p_0 + \cancel{\rho \cdot g \cdot z_2} - \cancel{\rho \cdot g \cdot z_3} = - \frac{\rho}{2} \cdot w_2^2 + \frac{\rho}{2} \cdot \left( \frac{A_2}{A_3} \right)^2 \cdot w_2^2$$

$$p_{\text{krit}} - p_0 + \cancel{\rho \cdot g \cdot z_2} - \cancel{\rho \cdot g \cdot z_3} = \frac{\rho}{2} \cdot w_2^2 \cdot \left( 1 \cdot \left( \frac{A_2}{A_3} \right)^2 - 1 \right)$$

$$\sqrt{\frac{p_{\text{krit}} - p_0 + \cancel{\rho \cdot g \cdot z_2} - \cancel{\rho \cdot g \cdot z_3}}{\frac{\rho}{2} \cdot \left( 1 \cdot \left( \frac{A_2}{A_3} \right)^2 - 1 \right)}} = w_2$$

$$w_2 = 12,25 \frac{m}{s}$$

$$w_3 = \frac{A_2 \cdot w_2}{A_3}$$

$$w_3 = 5,44 \frac{m}{s}$$

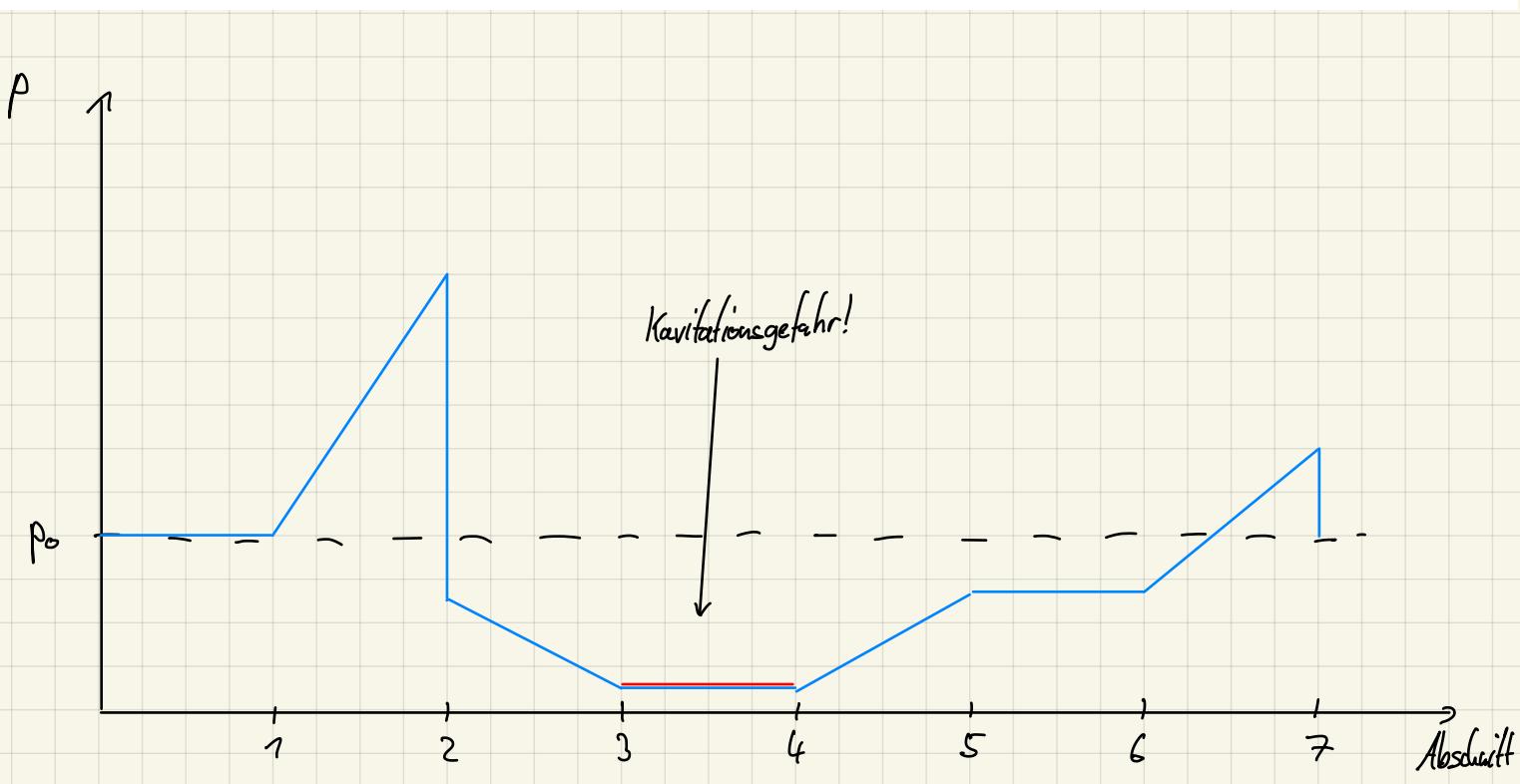
1-3

$$\cancel{p_0} + \zeta \cdot g \cdot z_1 = \cancel{p_0} + g \cdot g \cdot z_3 + \frac{\zeta}{2} \cdot w_3^2$$

$$z_1 = \frac{\zeta \cdot g \cdot z_3 + \frac{\zeta}{2} \cdot w_3^2}{g \cdot g}$$

$$\underline{\underline{z_1 = 3,01 m}}$$

- a) Skizzieren Sie den Druckverlauf in der Flüssigkeit von der Flüssigkeitsoberfläche im Behälter bis zur Austrittsöffnung des Diffusors!  
Wo besteht Kavitationsgefahr?



- b) Wie hoch muss der Flüssigkeitsspiegel  $h_1$  im Behälter mindestens sein, damit an keiner Stelle im System Kavitation auftritt?

b) Wie hoch muss der Flüssigkeitsspiegel  $h_1$  im Behälter mindestens sein, damit an keiner Stelle im System Kavitation auftritt?

**Lösung!**

z-3

$$p_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 + \frac{\rho}{2} \cdot w_1^2 = p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{\rho}{2} \cdot w_2^2 = \text{konst.}$$

$$p_2 + g \cdot z_2 + \frac{\xi}{2} \cdot w_2^2 = p_0 + g \cdot z_3 + \frac{\xi}{2} \cdot w_3^2$$

$$A_2 \cdot w_2 = A_3 \cdot w_3$$

$$w_2 = \frac{A_3 \cdot w_3}{A_2}$$

einsetzen für  $w_2$

$$p_2 + g \cdot z_2 + \frac{\xi}{2} \cdot \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2 \cdot w_3^2 = p_0 + g \cdot z_3 + \frac{\xi}{2} \cdot w_3^2$$

$$p_2 + g \cdot z_2 = p_0 + g \cdot z_3 + \frac{\xi}{2} \cdot w_3^2 - \frac{\xi}{2} \cdot \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2 \cdot w_3^2$$

$$p_2 + g \cdot z_2 = p_0 + g \cdot z_3 + w_3^2 \cdot \frac{\xi}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2\right)$$

$$p_2 + g \cdot z_2 - p_0 - g \cdot z_3 = w_3^2 \cdot \frac{\xi}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2\right)$$

$$\frac{p_2 + g \cdot z_2 - p_0 - g \cdot z_3}{\frac{\xi}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2\right)} = w_3$$

$$\omega_3 = 5145 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\omega_2 = \frac{A_3 \cdot \omega_3}{A_2}$$

$$\omega_2 = 12,26$$

⑦ - ⑧

$$p_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 + \frac{\rho}{2} \cdot w_1^2 = p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{\rho}{2} \cdot w_2^2 = \text{konst.}$$

$$p_0 + \cancel{\rho \cdot g \cdot z_1} + \cancel{\frac{\rho}{2} \cdot \omega_1^2} = p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \cancel{\frac{\rho}{2} \cdot \omega_2^2}$$

$$z_1 = \frac{p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{\rho}{2} \cdot \omega_2^2 - p_0}{\rho \cdot g}$$

$$\underline{\underline{z_1 = 3,02 \text{ m}}}$$

Aufgabe 2: (24 Punkte)

Eine Pumpenanlage soll stündlich  $120 \text{ m}^3$  Wasser aus einen See in einen 55 m über dem Wasserspiegel des Sees gelegenen, offenen Hochbehälter pumpen. Die vorgesehene Rohrleitung, deren Gesamtlänge 2 km beträgt, hat einen Innendurchmesser von 150 mm. Da das Rohr hydraulisch glatt ist, kann zur Bestimmung der Rohreibungszahl das Gesetz von Nikuradse herangezogen werden (s. unten). In der Rohrleitung befinden sich ein Rückschlagventil ( $\zeta_R = 4,0$ ), drei  $90^\circ$ -Krümmer ( $\zeta_K = 0,3$ ) und ein Absperrventil ( $\zeta_A = 0,5$ ). Der Pumpenwirkungsgrad liegt bei 60%.

- Wie groß ist der durch die Einbauten und durch die Reibung verursachte Gesamtdruckverlust?
- Wie groß ist die von der Pumpenanlage zu überwindende Druckdifferenz?
- Wie groß ist der elektrische Leistungsbedarf der Pumpenanlage?
- Wie hoch sind die jährlichen Energiekosten, wenn die Anlage 8.000 h/a läuft und der Strompreis bei 0,08 €/kWh liegt?
- Um wieviel Prozent könnte man die Energiekosten senken, wenn eine Rohrleitung mit einem Innendurchmesser von 200 mm verbaut würde?

Stoffwerte:

Dichte:  $\rho_F = 1.000 \text{ kg/m}^3$

Viskosität:  $\eta_F = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/(m s)}$

Gesetz von Nikuradse:

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}}$$

2)

Aufgabe 2: (24 Punkte)

Eine Pumpenanlage soll stündlich  $120 \text{ m}^3$  Wasser aus einen See in einen 55 m über dem Wasserspiegel des Sees gelegenen, offenen Hochbehälter pumpen. Die vorge sehene Rohrleitung, deren Gesamtlänge 2 km beträgt, hat einen Innendurchmesser von 150 mm. Da das Rohr hydraulisch glatt ist, kann zur Bestimmung der Rohreibungszahl das Gesetz von Nikuradse herangezogen werden (s. unten). In der Rohrleitung befinden sich ein Rückschlagventil ( $\zeta_R = 4,0$ ), drei  $90^\circ$ -Krümmer ( $\zeta_K = 0,3$ ) und ein Absperrventil ( $\zeta_A = 0,5$ ). Der Pumpenwirkungsgrad liegt bei 60%.

- Wie groß ist der durch die Einbauten und durch die Reibung verursachte Gesamtdruckverlust?
- Wie groß ist die von der Pumpenanlage zu überwindende Druckdifferenz?
- Wie groß ist der elektrische Leistungsbedarf der Pumpenanlage?
- Wie hoch sind die jährlichen Energiekosten, wenn die Anlage 8.000 h/a läuft und der Strompreis bei 0,08 €/kWh liegt?
- Um wieviel Prozent könnte man die Energiekosten senken, wenn eine Rohrleitung mit einem Innendurchmesser von 200 mm verbaut würde?

Stoffwerte:

$$\text{Dichte: } \rho_F = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskosität: } \eta_F = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/(m s)}$$

Gesetz von Nikuradse:

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}}$$

geg:  $V = 120 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = \underline{\underline{3,33 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}}$

 $L = 2 \cdot 10^3 \text{ m}$ 
 $d = 150 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Glattes Rohr

$$\zeta_R = 4$$

$$3 \cdot \zeta_K = 0,3$$

$$\zeta_A = 0,5$$

$$\eta = 60\%$$

$$\gamma = 1,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

a) Wie groß ist der durch die Einbauten und durch die Reibung verursachte Gesamtdruckverlust?

$$\Delta p_{V,E} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

$$\dot{V} = A \cdot w$$

$$w = \frac{\dot{V}}{A}$$

$$w = 1,89 \frac{m}{s}$$

$$\Delta p_{V,E} = 9,64 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{V,R} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}}$$

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu}$$

$$\lambda = 1,52 \cdot 10^{-2}$$

$$Re = 2,18 \cdot 10^5$$

$$\Delta p_{V,R} = 3,62 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{V,G} = \Delta p_{V,R} + \Delta p_{V,E}$$

$$\underline{\underline{\Delta p_{V,G} = 3,72 \cdot 10^5 \text{ Pa}}}$$

b) Wie groß ist die von der Pumpenanlage zu überwindende Druckdifferenz?

~~$$p_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 + \frac{\rho}{2} \cdot w_1^2 = p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{\rho}{2} \cdot w_2^2 + \Delta p_{V,G}$$~~

$$p_1 = p_0$$

$$p_2 = p_0$$

$$z_1 = 0$$

$$z_2 = 55$$

$$w_1 = 0$$

$$w_2 = 1,89 \frac{m}{s}$$

$$p_0 = p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{\rho}{2} \cdot w_2^2 + \Delta p_{V,G} - p_0 ; - p_2$$

$$-p_2 = -p_0 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{\rho}{2} \cdot w_2^2 + \Delta p_{V,G} \cdot (-1)$$

$$p_2 = -(-p_0 + \cancel{\rho \cdot g \cdot z_2} + \cancel{\frac{\rho}{2} \cdot w_2^2} + \Delta p_{V,G})$$

$$\underline{p_2 = -13 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

c)

$$P_{el} = \frac{1}{\eta_G} \cdot \dot{V} \cdot \Delta p_p$$

b) →

$$\Delta p_A = p_2 - p_1 + \rho \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + \frac{\rho}{2} \cdot (w_2^2 - w_1^2) + \Delta p_{V,G}$$

$$\Delta p_A = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{el} = 5,55 \text{ kW}$$

d) Wie hoch sind die jährlichen Energiekosten, wenn die Anlage 8.000 h/a läuft und der Strompreis bei 0,08 €/kWh liegt?

$$P_a = 5,55 \text{ kW} \cdot 8000 \frac{\text{h}}{\text{a}} \cdot 0,08 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

$$P_a = 3552 \text{ €}$$

e) Um wieviel Prozent könnte man die Energiekosten senken, wenn eine Rohrleitung mit einem Innendurchmesser von 200 mm verbaut würde?

Alles ausrechnen mit  $200 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Eine Pumpenanlage soll stündlich  $120 \text{ m}^3$  Wasser aus einen See in einen 55 m über dem Wasserspiegel des Sees gelegenen, offenen Hochbehälter pumpen. Die vorgesehene Rohrleitung, deren Gesamtlänge 2 km beträgt, hat einen Innendurchmesser von 150 mm. Da das Rohr hydraulisch glatt ist, kann zur Bestimmung der Rohreibungszahl das Gesetz von Nikuradse herangezogen werden (s. unten). In der Rohrleitung befinden sich ein Rückschlagventil ( $\zeta_R = 4,0$ ), drei  $90^\circ$ -Krümmer ( $\zeta_K = 0,3$ ) und ein Absperrventil ( $\zeta_A = 0,5$ ). Der Pumpenwirkungsgrad liegt bei 60%.

- Wie groß ist der durch die Einbauten und durch die Reibung verursachte Gesamtdruckverlust?
- Wie groß ist die von der Pumpenanlage zu überwindende Druckdifferenz?
- Wie groß ist der elektrische Leistungsbedarf der Pumpenanlage?
- Wie hoch sind die jährlichen Energiekosten, wenn die Anlage 8.000 h/a läuft und der Strompreis bei 0,08 €/kWh liegt?
- Um wieviel Prozent könnte man die Energiekosten senken, wenn eine Rohrleitung mit einem Innendurchmesser von 200 mm verbaut würde?

#### Stoffwerte:

$$\text{Dichte: } \rho_F = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskosität: } \eta_F = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/(m s)}$$

#### Gesetz von Nikuradse:

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}}$$

a)

$$\text{geg: } \dot{V} = 120 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 3,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$L = 2000 \text{ m}$$

$$d = 150 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\zeta_G = 4 + 3 \cdot 0,3 + 0,5 = 5,4$$

$$\eta = 0,6$$

$$V_F = 1,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\Delta p_{V,E} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

$$w = \frac{\dot{V}}{A} = 1,89 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta p_{V,E} = 9,64 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{V,R} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

$$\Delta p_{V,R} = 3,62 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{\text{Re}^{0,237}}$$

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{v}$$

$$\lambda = 0,015$$

$$\text{Re} = 2,18 \cdot 10^5$$

$$\underline{\Delta p_{V,G} = 3,72 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

b)

$$p_1 = p_0$$

$$p_2 = p_0$$

$$z_1 = 0$$

$$z_2 = 55m$$

$$w_1 = 0$$

$$w_2 = 1,89m$$

$$\Delta p_A = p_2 - p_1 + \rho \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + \frac{\rho}{2} \cdot (w_2^2 - w_1^2) + \Delta p_{V,G}$$

$$\Delta p_A = 9,13 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

c) Wie groß ist der elektrische Leistungsbedarf der Pumpenanlage?

$$P_{el} = \frac{1}{\eta_G} \cdot \dot{V} \cdot \Delta p_p$$

$$P_{el} = 50,72 \text{ kW}$$

d) Wie hoch sind die jährlichen Energiekosten, wenn die Anlage 8.000 h/a läuft und der Strompreis bei 0,08 €/kWh liegt?

$$\text{Preis} = P_{el} \cdot 8000 \frac{\text{h}}{\text{a}} \cdot 0,08 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Preis} = 32460,8 \text{ €}$$

e) Um wieviel Prozent könnte man die Energiekosten senken, wenn eine Rohrleitung mit einem Innendurchmesser von 200 mm verbaut würde?

$$\Delta p_{V,R} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

$$w = \frac{V}{A} = 1,06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta p_{V,R} = 8,99 \cdot 10^4$$

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu}$$

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}}$$

$$Re = 1,63 \cdot 10^5 \quad \lambda = 0,016$$

$$\Delta p_{V,E} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

$$\Delta p_{V,E} = 3,03 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{V,G} = 9,29 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_A = p_2 - p_1 + \rho \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + \frac{\rho}{2} \cdot (w_2^2 - w_1^2) + \Delta p_{V,G}$$

$$\Delta p_A = 6,33 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{el} = \frac{1}{\eta_G} \cdot \dot{V} \cdot \Delta p_p$$

$$P_{el} = 35,17 \text{ kW}$$

$$\text{Preis} = 22508,8$$

Man spart 30,66 % der Energiekosten ein.

Aufgabe 3:

(16 Punkte)

Bei einer Siebanalyse wird festgestellt, dass das Partikelgemisch in einer Suspension einen Korngrößenparameter  $d_p'$  von 0,4 mm und einen Gleichmäßigkeitssparameter  $n$  von 1,0 aufweist.

Dieses Partikelgemisch soll in einem Sedimentationsbecken getrennt werden.

95 Ma.-% des Partikelgemisches sollen zum Boden sedimentieren, während 5 Ma.-% über den Klarlauf das Becken verlassen.

- a) Berechnen Sie die Sinkgeschwindigkeit des kleinsten Teilchens, die noch abgetrennt werden und im Rückstand verbleiben!

geg:  $d_p' = 0,4 \text{ mm}$

Aufgabe 3: (16 Punkte)

Bei einer Siebanalyse wird festgestellt, dass das Partikelgemisch in einer Suspension einen Korngrößenparameter  $d_p'$  von 0,4 mm und einen Gleichmäßigkeitssparameter  $n$  von 1,0 aufweist.

Dieses Partikelgemisch soll in einem Sedimentationsbecken getrennt werden.

95 Ma.-% des Partikelgemisches sollen zum Boden sedimentieren, während 5 Ma.-% über den Klarlauf das Becken verlassen.

- a) Berechnen Sie die Sinkgeschwindigkeit des kleinsten Teilchens, die noch abgetrennt werden und im Rückstand verbleiben!
- b) Wie groß darf der Volumenstrom des Klarlaufs werden, wenn das Sedimentationsbecken einen Durchmesser von 8 m hat?
- c) Wie groß ist der Massenstrom des Klarlaufs, wenn der Massenanteil  $w_K$  höchstens 1 % betragen darf?

Stoffwerte:

Wasser:      Viskosität:       $\eta = 1150 \cdot 10^{-6} \text{ kg}/(\text{m s})$   
 Dichte:       $\rho = 1 \text{ g}/\text{cm}^3$

Partikel:      Dichte:       $\rho = 2,6 \text{ g}/\text{cm}^3$

