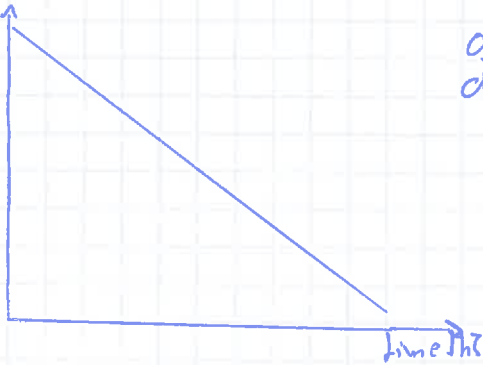


6. Plot the residual substrate concentration vs. Time for a reaction of zero, first and second order. Which transformation is used to get a linear relationship?

### 1) Zero-Order

YSS  
t<sub>0.5</sub>

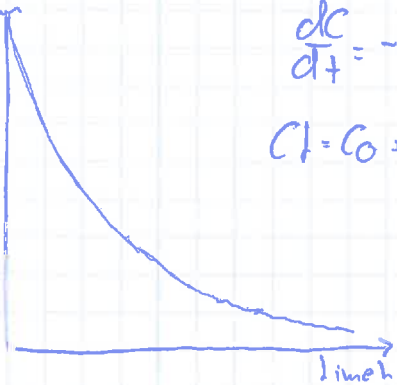


$$\frac{dC}{dt} = -k$$

$$C_t = C_0 - k \cdot t$$

### 2) First-Order

YSS  
t<sub>0.5</sub>

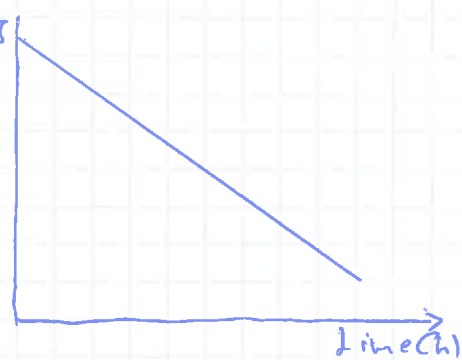


$$\frac{dC}{dt} = -k \cdot C$$

$$C_t = C_0 \cdot e^{-k \cdot t}$$

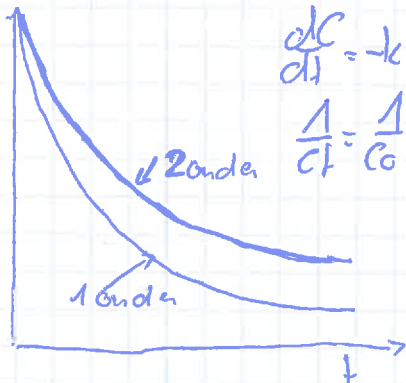
Linearisieren:

ln YSS



### 3) Second Order

YSS

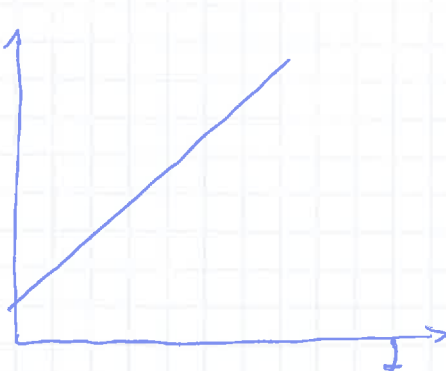


$$\frac{dC}{dt} = -k \cdot C^2$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_0} + k \cdot t$$

Linearisieren

1/YSS



4. Sie müssen den Abluftfilter für einen Schweinestall im Weinviertel dimensionieren. Dafür müssen Sie den optimalen Durchmesser der Tonpartikel, die mit Bakterien besiedelt werden, abschätzen. Da es sich um eine extrem effiziente Reaktion bei der Zerstörung der Geruchsstoffe handelt, gehen wir von einer Reaktionskinetik erster Ordnung aus.
- Welche Diffusionskoeffizient in Wasser werden die Geruchsstoffe ausweisen (z.B.:  $\text{H}_2\text{S}$ , biogene Amine, etc..)
  - Die Abluftkonzentration der Geruchsstoffe beträgt  $1 \mu\text{g/L}$ . Die durchschnittliche Reaktionskonstante für diesen Abluftreaktor beträgt  $0,36 \mu\text{g/L/h}$ . Wie groß dürfen die Partikel sein, damit noch eine vollständige Ausnützung der Biomasse gewährleistet ist?

page: 713, 714, 715 // Formel 791

1)

a) in the range of  ~~$17 \cdot 10^{-6}$~~   $17 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$

b) 1st order:  $C_A = C_{As} \frac{R}{R_0} \cdot \frac{\sinh(R_0 \sqrt{k_1/D_A})}{\sinh(R \sqrt{k_1/D_A})}$

$C_{As} = 1 \mu\text{g/L}$

$k = 0,36 \mu\text{g/L/h}$

irgendwie zusammen nehmen - also id muss 2. und 3. annehmen  
oder 2. und 3. annehmen

page 715

6. Sie müssen eine sehr viskose Lösung mit  $4 \times 10^{-2}$  Pas, die pH empfindlich ist neutralisieren und nicht länger als 5 Minuten zu hohem pH ausgesetzt sein darf. Die Dichte der Flüssigkeit ist  $1150 \text{ kg/m}^3$ . Sie verwenden dazu einen Rührkessel mit einem Rührer. Der Reaktor ist  $10 \text{ m}^3$  groß und hat einen 2m Rührer.  
Sind Sie in der Lage diese Aufgabe mit dem gewählten Rührer durchzuführen? Wenn nicht schlagen Sie einen alternativen Reaktor vor. Begründen Sie Ihre Annahme.

Page: 803 Meinar

L 149

Power: 187

Mixing: Problem Realschulung @ 185

viscosity:  $4 \cdot 10^{-2} \text{ Pas}$ , max 5 min  
 $q = 1150 \text{ kg/m}^3$

Reaktor:  $10 \text{ m}^3$ , Reaktor:  $2 \text{ m}$

Der Reaktor mit  $10 \text{ m}^3$  ist extern gekühlt.

folgende Annahmen werden gemacht: - Bad sei @  $30^\circ\text{C}$

1. Problem wenn ich die Formel 8.23 einsetze: sehr hohes  $Re$  (17)

Handgezeichnet:

Let's assume: liquid high is equal to bath temperature.

then 
$$V_L = \frac{\pi}{4} D^2 L = \frac{\pi}{4} (0.2)^2 \cdot 2 = 0.0628 \text{ m}^3$$

but then  $\frac{N_1}{V_L} = \frac{0.89}{0.0628} = 14.17 \text{ W/m}^3$  which is very very high and

1) So let's operate in a range of  $\frac{N_1}{V_L} = 0.50$  according to 8.2

then 
$$\frac{N_1}{V_L} = 0.50 \rightarrow N_1 = 0.50 \cdot V_L = 0.0314 \text{ W}$$

$10 \text{ m}^3 = 2.511 \cdot 10^4 \text{ l}$   
 $n = 0.179 \text{ m}$

- So let's assume the reactor has a diameter of  $0.179 \text{ m}$  and is just  $0.179 \text{ m}$  high - on the liquid is just  $0.179 \text{ m}$

### 3) Further Assumptions

impeller speed:  $60 \text{ rpm} \hat{=} 1 \text{ s}^{-1}$ ;  $N_p = 5,0$

$$J_m = \frac{5,4}{N_i} \left( \frac{1}{N_p} \right)^{1/3} \left( \frac{D_i}{D_p} \right)^2$$

$$J_m = \frac{5,4}{1 \text{ s}^{-1}} \cdot \left( \frac{1}{5} \right)^{1/3} \cdot \left( \frac{4}{2} \right)^2$$

$J_m = 12,6 \text{ s}$   $\rightarrow$  so under this assumptions the impeller would be fine!

Calculation of power input:

1982

$$Re = 1,15 \cdot 10^5$$

from 185 = 5

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N_i^3 \cdot D_i^5$$

$$P = 5 \cdot 1150 \text{ kg m}^3 \cdot 1 \text{ s}^{-1} \cdot 2 \text{ m}^5$$

$$P = 1,84 \cdot 10^5 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} P = 1,84 \cdot 10^5 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} \\ P = 184 \text{ kW} \end{matrix}} \right\} 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} \hat{=} 1 \text{ W}$$

$$\underline{P = 184 \text{ kW}}$$

Benötigte Drehzahl: Page 197

## 2. Möglichkeit - nach genau den Angaben aus dem Prüfungsbeispiel

### 1) Reaktor Dimensionen

Assumption: Liquid is equal high to diameter

$$V = 10 \text{ m}^3 \hat{=} 10.000 \text{ L}$$

$$V_L = \frac{\pi}{4} D_T^3 \rightarrow D_T = \sqrt[3]{\frac{V_L \cdot 4}{\pi}} \rightarrow D_T = 2,3 \text{ m}$$

$$D_i/D_T = 0,83 \rightarrow D_i = 0,76 \text{ m}$$

$$H/D_T = 1 \rightarrow H = 2,3 \text{ m}$$

$$C_i/D_T = 0,83 \rightarrow C_i = 0,76 \text{ m}$$

$$W_B/D_T = 0,1 \rightarrow W_B = 0,23 \text{ m}$$

What we know:  $\max S_{\min}$ ; - so let's see the performance @  $S_{\min}$

$$J_m = 5,9 \cdot D_T^{2/3} \cdot \left( \frac{P \cdot V_L}{P} \right)^{1/3} \cdot \left( \frac{D_T}{D_i} \right)^{1/3} \left\{ S_{\min} \hat{=} 0,083 \text{ h} \right.$$
$$0,083 = 5,9 \cdot 2,3 \text{ m}^{2/3} \cdot \left( \frac{1150 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m}^3}{P} \right)^{1/3} \cdot \left( \frac{2,3 \text{ m}}{0,76 \text{ m}} \right)^{1/3}$$

$$P = 6,45 \cdot 10^{10} \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3}$$

$$P = 1,38 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3} = \underline{\underline{1,38 \text{ kWh}}}$$



$$V = 10 \text{ m}^3 \hat{=} 10.000$$

Let's assume liquid height is equal to tank diameter

$$V_L: \frac{\pi}{6} D^3 \sqrt{\frac{10 \text{ m}^3}{\frac{\pi}{6}}} \rightarrow D = 2,3 \text{ m}$$

$$\frac{H}{D} = 0,33 \rightarrow H = 0,76 \text{ m}$$

$$\frac{H}{D} = 1 \rightarrow H = 2,3 \text{ m}$$

$$\frac{C}{D} = 0,33 \rightarrow 0,76 = C$$

$$\frac{W}{D} = 0,1 \rightarrow 0,23 \text{ m}$$

→ Reynolds =

$$\text{Power: } S_{\text{min}} \hat{=} 0,083 \cdot 10^{-2} \text{ h}^{-1}$$

$$0,083 = 5,9 D^{2/3} \left( \frac{V_L}{D} \right)^{1/3} \left( \frac{D}{D} \right)^{1/3}$$

$$0,083 = 5,9 D^{2/3} \left( \frac{10 \text{ m}^3 / \text{m}^3}{D} \right)^{1/3} \left( \frac{1}{1} \right)^{1/3}$$

$$1,6 \cdot 10^{-2} \downarrow 0,1 \text{ h}^{-1} \text{ m/h kg}$$

$$\left( \frac{7,3 \cdot 10^{10}}{h} \right)^{1/3}$$

$$\text{Power } \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3}$$

$$h = 5,9 D^{2/3} \left( \frac{h}{D} \right)^{1/3}$$

$$h = m^{2/3} \left( \frac{h}{D} \right)^{1/3}$$

$$\frac{h}{m^{2/3}} = \left( \frac{h}{D} \right)^{1/3}$$

$$\left( h = m^{2/3} \right)^3$$

$$\frac{h}{m^2} = \frac{h}{D} \rightarrow P = \frac{h D m^2}{h^3} \quad 1,38 \text{ Watt}$$

$$\rho = 0,5 \cdot 1150 \cdot 11^3 \cdot 0,77^5$$

$$12,32 \text{ rpm}$$

$$Re = \frac{0,2 \cdot 1150 \cdot (0,77)^2}{4 \cdot 10^{-2} \text{ Pas}}$$

\* Ansa

→ Viskosität Wasser:  $1 \text{ mPa} \hat{=} 0,001 \text{ Pa}$

→ Annahme: 10x viskoser als Wasser  $\hat{=} 0,01 \text{ Pa}$

Rechenhypes: Page 283, 284 - Anzeichen!!

1) Geometrie

Assumption from page 303  $V_L = D_T$

then:

$$V_L = \frac{\pi}{4} D_T^3 \quad \rightarrow \quad D_T = \sqrt[3]{\frac{V_L}{\frac{\pi}{4}}}$$
$$D_T = 0,23 \text{ m}$$

Volumen = 10L  $\hat{=} 0,01 \text{ m}^3$

$$\frac{D_o}{D_i} = 1,02 \quad \rightarrow \quad D_i = 0,225 \text{ m}$$

$$\frac{C_o}{C_i} = 0,01 \quad \rightarrow \quad C = 0,00225 \text{ m}$$

$$\frac{H_o}{H_i} = 1 \quad \rightarrow \quad H_i = 0,225 \text{ m}$$

$$\frac{W_B}{D_i} = 0,1 \quad \rightarrow \quad W_B = 0,0225 \text{ m}$$

→



b) Power input:  $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$   $600 \text{ rpm} \approx 10 \text{ s}^{-1}$

$$Re = \frac{N_i D_i^2 \rho}{\mu} = \frac{10 \text{ s}^{-1} \cdot 0,125^2 \text{ m}^2 \cdot 1100 \text{ kg/m}^3}{0,01} = 58190$$

$\rightarrow$  turbulent @ this Re  $N_p$  is approximately 0,4  $\downarrow$  285

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N_i^3 \cdot D_i^5 \approx 784$$

$$P = 0,4 \cdot 1100 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^3 \text{ s}^{-3} \cdot 0,125^5 \text{ m}^5$$

$$P = 253,7 \text{ W}$$

at 2300 kwh/year  
+ 905

c) Tip speed:  $v = \pi \cdot N_i \cdot D_i$

$$v = \pi \cdot 10 \text{ s}^{-1} \cdot 0,125 \text{ m}$$

$$v = 7 \text{ m/s}$$

$\rightarrow$  New: Scale-up  $\rightarrow$  up-scale of  $1,2 \text{ m}^3$

$$V_L = \frac{\pi}{4} D_T^3 \rightarrow D_T = \sqrt[3]{\frac{V_L}{\frac{\pi}{4}}}$$

$$D_T = 1,15 \text{ m} \quad C = 0,01 \text{ Mm}$$

$$D_i = 1,13 \text{ m} \quad w_i = 0,113$$

$\rightarrow$  Scale up @ constant Re

$$Re = 58190 = \frac{N_i \cdot 1,13^2 \text{ m}^2 \cdot 1100 \text{ kg/m}^3}{0,01}$$

$$N_i = \frac{58190 \cdot 0,01}{1,13^2 \cdot 1100} = 0,41 \text{ s}^{-1} \approx 25 \text{ rpm}$$

Power of this one:  $N_p = 0,4$

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N_i^3 \cdot D_i^5$$

$$= 0,4 \cdot 1100 \cdot 0,41^3 \cdot 1,13^5$$

$$P = 55,8 \text{ W all}$$

$\rightarrow$

Upscale @ constant power input:

$$P = 953 \text{ W} \quad P = K_p \cdot \rho \cdot N_i^3 \cdot D_i^5$$

$P = 953 \text{ W}$  for the 10L Reactor

↳ So  $95,3 \text{ W/L} \rightarrow \text{Now: } 1900 \text{ L}$

$$95,3 \cdot 1900 = \underline{\underline{30860 \text{ W}}}$$

$$\sqrt[3]{\frac{P}{\rho \cdot K_p \cdot D_i^5}} = \underline{\underline{2,55 \text{ s}^{-1} \hat{=} 153 \text{ rpm}}}$$

$$\underline{Re} = \frac{N_i \cdot D_i^2 \cdot \rho}{\mu} = \underline{\underline{4,9 \cdot 10^5}}$$

$$\underline{\text{Tip speed}} = \pi \cdot N_i \cdot D_i = \underline{\underline{10,6 \text{ m/s}}}$$

falsch Angabe für Seite 2

1

12. Berechnung des Leistungseintrages: gegeben war  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $N_i = 90 \text{ rpm}$ ,  $d_{\text{impeller}} = 1/3$  von  $d_{\text{reaktor}} = 1 \text{ m}$ ;

Rusthön-impeller, gefragt:

Seite 2

a. Bei Viskosität von Wasser  $= 10^{-3} \text{ Pas} = 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$

b. Bei Viskosität  $100 \times$  Wasser

c. Bei Viskosität  $10^4 \times$  Wasser

d. Wie viel Leistung muss eingebracht werden, damit sich bei einer Viskosität des Fluid von  $1000 \times \text{H}_2\text{O}$  eine turbulente Strömung einstellt?

Lösung: RE ausrechnen? Leistungsformel für Rührer für a? d, dann bei d eine höhere  $N_i$  wählen (2s-1) und wiederum Re und P berechnen?..

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad D_T = 1 \text{ m} \quad \left| \text{Gas } \textcircled{P} \right.$$

$$N_i = 90 \div 1,5 \text{ s} \quad N_i = \frac{1}{3} D_T \quad N_i = 0,33$$

a) viskosität Wasser =  $0,001 \text{ Pas}$

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N_i^3 D_T^5 \quad \text{für turbulent} \quad \text{S. 283, 285 - Tabelle 8.1 für } h_i$$

$$P = h_i \rho N_i^2 D_T^3 \quad \text{für laminar}$$

$$Re = \frac{N_i \cdot D_T^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,5 \cdot 0,33^2 \cdot 1000 \text{ kg}}{0,001} = 163350 \rightarrow \text{laminar}$$

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N_i^3 D_T^5 \quad \rightarrow N_p = 5 \rightarrow 185$$

$$P = 66,0 \text{ Watt}$$

b)  $100 \times$  Wasser =  $0,1 \text{ Pas}$

$$Re = \frac{1,5 \cdot 0,33^2 \cdot 1000}{0,1} = 1633,5 \rightarrow \text{laminar}$$

$$P = h_i \cdot \rho \cdot N_i^2 \cdot D_T^3$$

$$h_i = 70$$

$$P = 70 \cdot 1000 \cdot 1,5^2 \cdot 0,33^3$$

$$P = 0,56 \text{ Watt}$$

AT  $1633 = Re$  we are operating in the transition region between laminar and turbulent. According to Doron page 283 - it's better to use turbulent when  $Re > 10$

So again with turbulent

b) - better turbulent

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N_i^3 \cdot D_i^5$$

$$\underline{P = 66 \text{ Watt}}$$

c)  $10^4 \times$  Wasser:  $Pa = 10 = \mu$

$$Re = \frac{1,5 \cdot 0,33^2 \cdot 1000}{10}$$

$$\underline{Re = 16,3} \rightarrow \text{laminar}$$

$$P = h_1 \cdot \rho \cdot N_i^2 D_i^3$$

$$\underline{P = 86,6 \text{ Watt}}$$

d)  $P?$  für turbulent @  $\mu = 1$

$$Re = 10^4 \approx 10.000$$

$$10.000 = \frac{N_i \cdot D_i^2 \cdot \rho}{\mu}$$

$$N_i = \frac{10.000 \cdot \mu}{\rho \cdot D_i^2}$$

$$\underline{N_i = 91,8 \text{ s}}$$

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N_i^3 D_i^5$$

$$\underline{P = 1,5 \cdot 10^7 \text{ Watt} \approx 1,5 \cdot 10^4 \text{ kW}}$$

Mischzeit:

Eine Fermentationsbrühe mit einer Viskosität von 0,01 Pas und einer Dichte von 1000 kg/m<sup>3</sup> wird in einem 2,7 m<sup>3</sup> Tank mit Einbauten gerührt. Der Tank mit einem Durchmesser von 0,5 m ist mit einer Rushton Turbine ausgestattet, die Rührgeschwindigkeit beträgt 1 Umdrehung pro Sekunde (1 rps). Schätzen Sie die Mischzeit ab!

$$N_T = \sqrt[3]{\frac{h \cdot V}{\pi}}$$

$$\underline{N_T = 1,5} = \frac{N_i}{n_i} = 0,33$$

$$\underline{n_i = 0,495}$$

$$Re = \frac{N_i \cdot n_i^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 0,495^2 \cdot 1000}{0,01}$$

$$\underline{Re = 24502,5}$$

Mischzeit: Power

$$t_m = \frac{5,4}{N_i} \cdot \left(\frac{1}{N_p}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{D}{n_i}\right)^2 \quad N_p = 5$$

$$\underline{t_m = 28 s^{-1}}$$

5) Bis zu welcher Biomassekonzentration kann eine Fed Batch Kultur gefuehrt werden, ohne dass O<sub>2</sub>-Limitierung eintritt? Berechnung fuer zwei verschiedene Wachstumsraten.

Angaben:

$k_{la} = 800 \text{ 1/h}$

O<sub>2</sub> Saettigung 30 %

Ausgangsbioasse 2g/l

Startvolumen 5 Liter

Endvolumen 12 Liter

$\mu_1 = 0,1 \text{ 1/h}$

$\mu_2 = 0,2 \text{ 1/h}$

spezifischer O<sub>2</sub> Bedarf 1,6 gO<sub>2</sub>/gBTS

Annahme: O<sub>2</sub> Saettigung bei 30°C 7 mg/l

$$p_{O_2} = 0,21 \text{ atm}$$

$$p_{O_2} = H (H_2O + O_2) = 26,4 \text{ atm}$$

$$Y_{O_2} = 1,6 \text{ g/g}$$

$$V_1 = 5 \text{ L}$$

$$V_2 = 12 \text{ L}$$

$$OTR = k_{la} (C_{O_2}^* - C_{O_2})$$

$$p_{O_2} = H \cdot C_{O_2}^* \quad C_{O_2}^* = \frac{p_{O_2}}{H} = \frac{0,21}{26,4} = 7,95 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$C_{O_2} = 0,3 \cdot C_{O_2}^*$$

$$C_{O_2} = 2,385 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$S_{O_2} = 0,3$$

$$S_{O_2} = 0,3$$

$$OTR = 800 (2,385 \times 10^{-3} - 0,3 \times 7,95 \times 10^{-3}) = 4,48 \text{ kg O}_2 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1}$$

$$OTR = \mu \cdot \frac{1}{Y_{O_2}} \cdot X \Rightarrow X = \frac{OTR \cdot Y_{O_2}}{\mu}$$

$$\mu_1 = 0,1 \text{ h}^{-1} \Rightarrow X_1 = \frac{4,48 \text{ kg O}_2 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1} \cdot 1,6 \text{ g/g}}{0,1 \text{ h}^{-1}} = 71,68 \text{ g/l}$$

71,68 g/l BTS

$$\mu_2 = 0,2 \text{ h}^{-1} \Rightarrow X_2 = \frac{4,48 \text{ kg O}_2 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1} \cdot 1,6 \text{ g/g}}{0,2 \text{ h}^{-1}} = 35,84 \text{ g/l}$$

35,84 g/l BTS

$$OTR = k_{la} (C_{O_2}^* - C_{O_2})$$

$$C_{O_2} = 0,3 \cdot C_{O_2}^*$$

$$p_{O_2} = H \cdot C_{O_2}^*$$

$$X = OTR / Y_{O_2} \cdot \mu$$



Uplake Rate:

$$\rightarrow q_0 = 5 \text{ mmol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$$

$$32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} / 32 \text{ g} = 1$$

$$32 \text{ g} / 1 \text{ mol}$$

$$x \text{ g} / 0,005 \text{ s} = 4,4 \cdot 10^{-5} \frac{\text{g}}{\text{g s}}$$

h<sub>cell</sub> - max oxygen requirement

$$q_{0x} = 4,4 \cdot 10^{-5} \cdot 40 = 1,78 \cdot 10^{-3} \text{ kg l}^{-1} \text{ s}$$

$$\mu = 0,2 \quad \text{ORT} = 3 \text{ kg l}^{-1} \text{ s}$$

AGGKup = d<sub>0</sub>

$$q_0 = \frac{\text{ORT}}{x} = \frac{3 \text{ kg l}^{-1} \text{ s}}{17 \text{ kg l}^{-1}}$$

kg

max oxygen requirement:

$$q_{0x} = 0,169 \cdot 17,7$$

$$1,78 \text{ kg Biomass} \cdot x =$$

$$1,7 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \cdot 17,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 30,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{30,09 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 6,0 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} - \text{so viel biomasse ich}$$

$$\begin{aligned}x_0 &= 10 \\x_1 &= 80 \text{ g} \\V_0 &= 1 \text{ l} \\V_1 &= 4,5 \text{ m}^3 \\t_1 &= 3 \text{ h} \\t_2 &= 13 \text{ h}\end{aligned}$$

$$\mu = 24,8 \text{ h}^{-1} \text{ bar}^{-1} / \text{kg}$$

$$p_{O_2} = 30 \%$$

$$Q_{FeCl} = 1,6 \text{ g/g}$$

$$OTR = 3 \text{ Lp/m}^3 \text{ h}$$

Ausgabe  
LBT-Formeln

$$x_{max} = \frac{k_L a \cdot C^*}{q_0}$$

$$OTR = N_A \rightarrow \text{Norman Page 392, on 398}$$

$$N_A = k_L a (C_{AL}^* - C_{AL})$$

specific rate of oxygen uptake

$$\text{von } k_L a (C_{AL}^* - C_{AL}) = q_0 \cdot x$$

$C_{AL}^*$  - Tabelle Traz

1. Möglichkeit um  $C_{AL}^*$  auszurechnen

$$C_{AL}^* \text{ - Formel S: 410 : } C_{AL}^* = 14,161 - 0,3943T + 0,007714T^2 - 0,00000676T^3$$

1. Temp kommt aus Tabelle = 35°C

$$C_{AL}^* = 14,161 - 0,3943 \cdot 35 + 0,007714 \cdot 35^2 - 0,00000676 \cdot 35^3$$

$$C_{AL}^* = 7,04 \text{ mol/l}$$

2. Möglichkeit um  $C_{AL}^*$  auszurechnen

$$p_{O_2} = p_T \cdot y_{O_2} = 11 \cdot C_{AL}^* \rightarrow \text{Page 406}$$

$$0,21 \text{ bar} = 27,9 \cdot C_{AL}^*$$

$$C_{AL}^* = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

3.  $k_L a$  ausrechnen

$$OTR = k_L a (C_{AL}^* - C_{AL})$$

$$C_{AL} = \frac{1}{3} \cdot C_{AL}^*$$

$$\frac{3 \text{ kg/m}^3 \text{ h}}{(7,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 - 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3)} = k_L a$$

$$k_L a = 600 \text{ h}^{-1}$$

$$\text{Biomasse: } 17,7 \text{ kg/m}^3$$

$$q_0 = \frac{OTR}{x} = \frac{3}{17,7} = 0,169 \text{ h}$$

$$x_{max} = \frac{k_L a \cdot C_{AL}^*}{q_0} = \frac{600 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3}}{0,169 \text{ h}} = C_{max} = 96,6 \text{ g/l}$$

Bsp. von Teil B1ch - Bis zu welcher Konzentration

Annahme:

$$k = 16 \text{ km} / \text{m}^3 / \text{kg}$$

$$1) \text{ OTR} = k \cdot a \cdot (C_{A1}^* - C_{A1})$$

$$p_{O_2} = k \cdot C_{A1}^*$$

$$\frac{99,1}{16} = C_{A1}^*$$

$$C_{A1}^* = 8,04 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\text{OTR} = 800 \text{ h}^{-1} (8,04 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{3} 8,04 \cdot 10^{-3})$$

$$\text{OTR} = 4,5 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \text{h}$$

$$\text{OTR} = X \cdot r_{O_2} \cdot \rho \quad \rightarrow \quad X = \frac{\text{OTR}}{r_{O_2} \cdot \rho}$$

$$1) \mu = 0,1 \text{ h}^{-1} \quad X = \frac{4,5}{1,6 \cdot 0,1} = 28 \text{ g} / \text{L Bts}$$

$$2) \mu = 0,2 \text{ h}^{-1} \quad X = \frac{4,5}{1,6 \cdot 0,2} = 14 \text{ g} / \text{L Bts}$$

dit Bsp von Daniel vergleichen

+ Bsp 10.2

# Anchored Impeller

## Angaben:

$$D_i/D_T = 0,5$$

$$N_i = 800 \text{ rpm} = 13,3 \text{ s}^{-1}$$

$$\mu = 10^{-2} \text{ Pa s}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,005 \text{ m}^3$$

a) Re, Tip speed, P?

$$Re = \frac{N_i D_i^2 \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{13,3 \cdot 0,093^2 \cdot 1000}{0,01} = 281$$

$$Re = 11503 \rightarrow \text{laminar}$$

$$\frac{D_i}{D_T} = 0,5 \left\{ V = \frac{\pi}{4} \cdot D_T^3$$

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

$$D_T = 0,19 \text{ m} = 0,185 \text{ m}$$

$$D_i = 0,093 \text{ m}$$

$$\text{Tip speed: } \pi \cdot N_i \cdot D_i \quad \left\{ \begin{array}{l} P = \mu_p \cdot \rho \cdot N_i^3 D_i^5 \\ P = 5,73 \text{ Watt} \end{array} \right.$$

$$V = 3,88 \text{ m/s}$$

$$P = 5,73 \text{ Watt}$$

Up scale bei konstanter Re  $V = 0,5 \text{ m}^3$

$$Re = \frac{N_i D_i^2 \rho}{\mu}$$

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

$$D_T = 0,86 \text{ m} \rightarrow D_i = 0,43$$

$$N_i = \frac{Re \cdot \mu}{\rho D_i^2}$$

$$N_i = 0,62 \text{ s}^{-1}$$

Tip speed:  $\pi \cdot N_i \cdot D_i$

$$V = 0,84 \text{ m/s}$$

$$P = \mu_p \cdot \rho \cdot N_i^3 D_i^5$$

$$P = 1,22 \text{ Watt}$$



b) Upscale bei konstantem  $P$

$$P = 5,73 \text{ Watt für } 0,005 \text{ m}^3$$

$$x \text{ Watt für } 0,5 \text{ m}^3 \rightarrow \underline{x = 573 \text{ Watt}}$$

$$P = N_p \cdot q \cdot N_i^3 \cdot n_i^5$$

$n_i$  bleibt gleich

$$N_i = \sqrt[3]{\frac{P}{N_p \cdot q \cdot n_i^5}}$$

$$\underline{N_i = 4,8 \text{ s}^{-1}}$$

$$v = \pi \cdot n_i \cdot N_i$$

$$\underline{v = 0,5 \text{ m/s}}$$



# PEG

8.3  
Bsp ~~8.3~~ / 5.158

✓5

1) Sie müssen ein Zweiphasengemisch mit PEG-Dextran fuer waessrige Zweiphasen-Extraktion herstellen. Damit sich die Phasen wieder abtrennen lassen, duerfen Sie keine Emulsion herstellen (d.h., Tropfchengroesse mindestens 50

2m). Mit welcher maximalen Umdrehung duerfen Sie einen Ruehrkessel von 50 l mit einem Hoehe-Durchmesserverhaeltnis 4:1 betreiben, um keine Emulsion zu generieren? Die Viskositaet ist ca. 200 mPas. Die Dichte ist Aehnlich der Dichte von Wasser.

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \mu = 0.2 \text{ Pa} \cdot \text{s}, \text{ Höhe zu Durchmesser } h:1$$

$$V = 50 \text{ l} \approx 0.05 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Zylinder}}: \rho \cdot \pi \cdot h = \frac{d^2}{4} \cdot \pi \cdot h \quad h = hd$$

$$V = \frac{d^2}{4} \cdot \pi \cdot hd$$

$$V = d^3 \cdot \pi \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}}$$

$$D_T = 0.75 \text{ m}$$

$$H = h \cdot D_T = 1 \text{ m}$$

Novan Seile: 233, oder 318

$$\eta = \left( \frac{r^3}{E} \right)^{1/4}$$

$\eta$  ... dimension of smallest eddies =  $50 \mu\text{m} \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

$r = \text{kinematische Viskosität} = \frac{\mu}{\rho}$

$E$  ... Leistung des Rührers

$$r = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.2 \text{ kg/m} \cdot \text{s}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

Umformen:  $E = \frac{r^3}{\eta^4}$

$\eta$  ... can be set to  $\eta = \frac{\mu}{\rho}$  if you want to probe the eddies  
... not done

$$E = \frac{(2 \cdot 10^{-4})^3}{(5 \cdot 10^{-5})^4} = \frac{8 \cdot 10^{-12}}{625 \cdot 10^{-18}} = 1.28 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^3$$

$$D_T = 0.75 \text{ m}; \quad D_i = \frac{1}{3} \cdot D_T = 0.25 \text{ m}$$

$$P = E \cdot \rho \cdot D_i^3 \rightarrow \text{Page 319}$$

$$P = 1.28 \cdot 10^6 \cdot 1000 \cdot 0.25^3 = 645120 \text{ Watt}$$

→



Assumption

$N_p = 5$  ; Rushton Turbine

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N_i^3 \cdot D_i^5$$

$$N_i = \sqrt[3]{\frac{P}{N_p \cdot \rho \cdot D_i^5}}$$

$$\underline{\underline{N_i = 319 \text{ s}^{-1} = 19197 \text{ rpm}}}$$

## Chemostat

→ Donnan: Seite 805 + Pfgernd // Bzw Seite 809 Bsp  $\mu_{h.5}$   
 $\mu_{h.05}$

Bei welcher Verdünnungsrate betreiben Sie einen Chemostat, um die optimale Biomasseproduktivität zu erhalten, wenn Ihre Substratausnutzung bei 0,45 kg/kg liegt und der  $K_s$ -Wert 0,15 kg/m<sup>3</sup> beträgt?

Substratkonzentration = 0,25g/l

$\mu_1 = 0,3 \text{ h}^{-1}$ ,  $\mu_2 = 0,01 \text{ h}^{-1}$

$$\mu_{X_S} = 0,45 \text{ kg/kg}$$

$$K_S = 0,15 \text{ kg/m}^3$$

$$S_i = 0,25 \text{ g/l} \hat{=} 0,25 \text{ kg/m}^3$$

Assumption:  $\mu = \mu_{\max}$

$$D_{\text{opt}} = \mu_{\max} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{K_S}{K_S + S_i}}\right) \quad \text{-- Seite 808}$$

$$\underline{D_{\text{opt}} \text{ für } \mu = 0,3} \quad \sim D_{\text{opt}} = \mu_{\max} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{K_S}{K_S + S_i}}\right)$$

$$D_{\text{opt}} = 0,3 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{0,15}{0,15 + 0,25}}\right)$$

$$\underline{D_{\text{opt}} = 0,116 \text{ h}^{-1}}$$

$$D_{\text{opt}} \text{ für } \mu = 0,01 \quad \sim D_{\text{opt}} = 0,01 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{0,15}{0,15 + 0,25}}\right)$$

$$\underline{D_{\text{opt}} = 0,0038 \text{ h}^{-1}}$$

Zusatz 7 8 nächste Seite



## Berechnung der volumetrischen Biomasseproduktivität

$$Q_x = \eta \cdot \left( S_i - \frac{D \cdot 1/s}{\mu_{max} - \eta} \right) \cdot Y_{X/S}$$

$$\text{für } \mu = 0,3 \rightarrow \eta = 0,116 \text{ h}^{-1}$$

$$Q_x = 0,116 \cdot \left( 0,75 - \frac{0,15 \cdot 0,116}{0,3 - 0,116} \right) \cdot Y_{X/S} = \underline{\underline{0,008 \text{ kg/m}^3 \text{ h}}}$$

$$\text{für } \mu = 0,01 \rightarrow \eta = 0,0038 \text{ h}^{-1}$$

$$Q_x = 0,0038 \cdot \left( 0,75 - \frac{0,15 \cdot 0,0038}{0,3 - 0,0038} \right) \cdot Y_{X/S}$$

$$\underline{\underline{Q_x = 0,000 \text{ kg/m}^3 \text{ h}}}$$