



**Aufgabe 1:** (1,5 Punkte)

In Luftkondensatoren werden typischerweise Rippenrohre verwendet.

- a) Warum werden außenberippte Rohre verwendet?
- b) Würde es Sinn machen auch Kondensatseitig zu berippen?

Die Antworten können dem Skript entnommen werden!

**Aufgabe 2:** (1,5 Punkte)

Wie ändert sich der Abscheidegrad eines Elektrofilters bei Feldaufladung mit

- a) zunehmender Gastemperatur?
- b) zunehmender Gleichspannung an den Elektroden?

Begründen Sie Ihre Antwort.

Die Antworten können dem Skript entnommen werden!

**Aufgabe 3:** (1 Punkt)

- a) Wieso wird im Bereich vor den Niederdruckvorwärmern dem Wasser Sauerstoff zudosiert?
- b) Warum wird ein Wasser-Dampf-Kreislauf in alkalischer Fahrweise betrieben?

Die Antworten können dem Skript entnommen werden!

**Aufgabe 4:** (1 Punkt)

Der Speicherfilter eines Kraftwerkes führt zu einem Druckverlust im Rauchgasweg. Aus welchen Anteilen setzt sich dieser Druckverlust zusammen. Welcher Anteil ist zeitabhängig und wieso.

Die Antworten können dem Skript entnommen werden!

**Aufgabe 5:** (2 Punkte)

- Für welche drei Schadstoffarten ist NO<sub>x</sub> der Sammelbegriff?
- Nennen Sie die wesentlichen 3 verschiedenen Typen der NO<sub>x</sub>-Bildung. Skizzieren Sie kurz den Unterschied.

Die Antworten können dem Skript entnommen werden!

**Aufgabe 6:** (2 Punkte)

Ein Dampfkraftwerk werde mit Frischwasserkühlung betrieben. Im Auslegungsbetriebsfall wird der Kondensator mit Frischwasser von 15°C und einer Kühlwasserseitigen Austrittstemperatur von 25°C betrieben.

Im Sommerbetriebsfall nimmt die Frischwassertemperatur auf 20°C zu, aus Gewässerschutzgründen kann die Kondensatoraustrittstemperatur nicht erhöht werden.

- Welche zwei Probleme erwarten Sie für den Kraftwerksbetrieb, wenn die Kühlwasserpumpenleistung nicht erhöht werden kann?

Infolge der erhöhten Frischwassertemperatur sinkt die elektrische Leistung und der thermische Wirkungsgrad.

- Um wie viel höher müsste die Pumpenleistung im Sommerbetriebsfall ausgelegt werden, um den gleichen Wärmestrom aus dem Kondensator abzuführen, wie im Auslegungsbetriebsfall? (Der Pumpenwirkungsgrad und der Druckverlustbeiwert des Kühlwassersystems bleiben unverändert.)

Mit  $P_p \sim \dot{m}_W^3$  und  $\dot{m}_{W_{Sommer}} = 2 * \dot{m}_W$  folgt eine 8-fache Erhöhung der Pumpenleistung.

**Aufgabe 7:** (4 Punkte)

- a) Der pH-Wert einer  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung ist bei  $22^\circ\text{C}$  zu 10,5 bestimmt worden. Berechnen Sie daraus die resultierende Konzentration  $c_{\text{Ca}(\text{OH})_2}$  und geben Sie sie sowohl in  $[\text{mol/l}]$  als auch in  $[\text{g/l}]$  an.

$$\text{Konzentration } c_{\text{Ca}(\text{OH})_2} = 0,000158 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 0,0117 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

- b) Wieviel HCl  $[\text{mg}]$  muss einem Liter einer  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Konzentration von 0,02 g/l zugegeben werden, um eine Neutralisation zu erreichen?

$$m_{\text{HCl}} = 19,7 \text{ mg}$$

**Aufgabe 8:** (3 Punkte)

- a) Die Konzentration einer 50 ml KOH-Lösung soll durch Titration mit einer n/10- $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Lösung bestimmt werden. Der Farbumschlag erfolgt nach Zugabe von 100 ml der Schwefelsäure. Bestimmen Sie  $c_{\text{KOH}}$  in  $[\text{g/ml}]$ .

$$c_{\text{KOH}} = 0,0112 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

- b) Wieviel Gramm Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) liegt in der Titrationslösung gelöst vor?

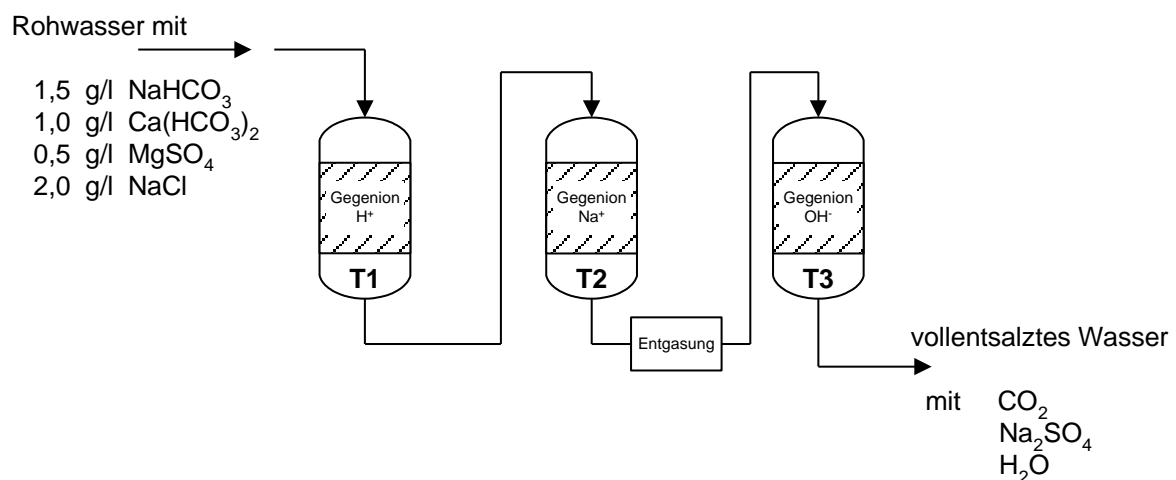
$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,49 \text{ g in } 100 \text{ ml Lösung}$$

- c) Welchen pH-Wert hat die Ausgangslösung, wenn von einer Temperatur von  $22^\circ\text{C}$  ausgegangen werden kann?

$$\text{pH} = 13,3$$

**Aufgabe 9:** (7,5 Punkte)

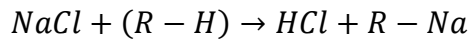
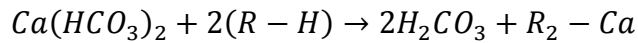
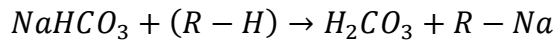
Der Rohwasserstrom von  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  muss für einen Kraftwerksprozess in einem Ionenaustauscher vollständig entsalzt werden. Im Rohwasser sind vor der Entsalzung  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$  und  $\text{NaCl}$  enthalten. Der Ionenaustauscher besteht insgesamt aus 3 Tauschern (T1 bis T3) und einer Entgasungseinheit, wie im Schaubild dargestellt. Die Kationentauscher arbeiten mit  $\text{H}^+$  und  $\text{Na}^+$  Gegenionen und der Anionentauscher mit  $\text{OH}^-$  Gegenionen.



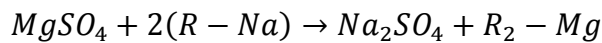
- a) Stellen Sie die Ionenaustauschreaktionen (insgesamt 5) für alle drei Tauscher und die Reaktionsgleichung für die Entgasung auf. Gehen Sie davon aus, dass jeder Tauscher aus der Matrix R besteht.  
Beachten Sie, dass in Tauscher 1 **keine** Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) entsteht.
- b) Mit welcher Ionenmenge pro Liter (Angabe in  $\text{val/l}$  und in  $\text{mol/l}$ ) ist das Rohwasser insgesamt beladen, die durch die 3 Tauscher entfernt werden soll. Welche Ionenmenge (Angabe in  $\text{val}$  und in  $\text{mol}$ ) resultiert dann bei einer Betriebszeit von 2000 h?
- c) Für das Betriebsintervall von 2000 h gibt der Hersteller für alle 3 Ionenaustauscher zusammen ein NVK von  $3 \text{ kval/l}$ . Berechnen Sie das notwendige Gesamtaustauschvolumen in  $[\text{m}^3]$ .
- d) Nun soll der Tauscher 1 alleine ein NVK von  $2 \text{ kval/l}$  haben. Über welches Austauschvolumen  $[\text{m}^3]$  muss der Tauscher 1 dann verfügen?
- e) Geben Sie für den Tauscher 2 die Reaktionsgleichung für die Regenerierung mit  $\text{NaCl}$  an. Wieviel  $\text{NaCl}$   $[\text{kg}]$  sind nach einer Betriebszeit von 2000h zur Regenerierung notwendig?

## Lösung zu Aufgabe 9:

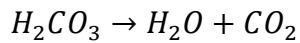
a) Tauscher 1:



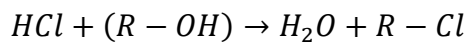
Tauscher 2:



Entgasung:



Tauscher 3:



b) Gesamtionenbeladung:

$$c_{\text{Ges}} = \sum C_i = 0,06244 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 0,07273 \frac{\text{val}}{\text{l}}$$

Ionenmenge nach 2000 h:

$$n_s = 269568 \text{ kmol} = 314194 \text{ kval}$$

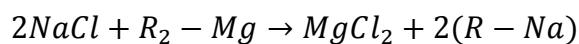
c) Gesamtaustauschvolumen:

$$V = 104,731 \text{ m}^3$$

d) Austauschvolumen Tauscher 1:

$$V = 139,104 \text{ m}^3$$

e) Regenerierungsreaktion:



Regenerierungsmenge:

$$m_{\text{NaCl}} = 2107638 \text{ kg}$$

**Aufgabe 10:** (6,5 Punkte)

In einem Kohlekraftwerk ( $H_u = 17 \text{ MJ/kg}$ ) mit einer Leistung von 650MW und einem Wirkungsgrad von 37% fallen pro Tag (12h Betriebszeit pro Tag) bei der Entschwefelung 325t Gips an. Die Schwefelwäsche verfügt dabei über einen Abscheidegrad von 90%.

- a) Welcher Schwefelgehalt [in Gew.-%, das entspricht (kg S/kg Br)] liegt im Brennstoff vor? Nehmen Sie an, dass der Brennstoffschwefel komplett zu  $\text{SO}_2$  oxidiert.

$$Y_S = 0,015$$

- b) Wieviel  $\text{SO}_2$  [kg] strömt während eines Betriebstages durch den Abgasstrang?

$$m_{\text{SO}_2} = 134368 \text{ kg}$$

- c) Welche Menge Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) wird bei der Entschwefelung pro Tag (12h) benötigt?

$$m_{\text{CaCO}_3} = 188950 \text{ kg}$$

## Aufgabenübergreifende Hilfsmittel:

1 <b>H</b> 1,008																		2 <b>He</b> 4,003
3 <b>Li</b> 6,939	4 <b>Be</b> 9,012											5 <b>B</b> 10,811	6 <b>C</b> 12,011	7 <b>N</b> 14,007	8 <b>O</b> 15,999	9 <b>F</b> 18,998	10 <b>Ne</b> 20,183	
11 <b>Na</b> 22,990	12 <b>Mg</b> 24,312											13 <b>Al</b> 26,982	14 <b>Si</b> 28,086	15 <b>P</b> 30,974	16 <b>S</b> 32,064	17 <b>Cl</b> 35,453	18 <b>Ar</b> 39,948	
19 <b>K</b> 39,102	20 <b>Ca</b> 40,08	21 <b>Sc</b> 44,956	22 <b>Ti</b> 47,88	23 <b>V</b> 50,942	24 <b>Cr</b> 51,996	25 <b>Mn</b> 54,938	26 <b>Fe</b> 55,847	27 <b>Co</b> 58,933	28 <b>Ni</b> 58,69	29 <b>Cu</b> 63,54	30 <b>Zn</b> 65,37	31 <b>Ga</b> 69,72	32 <b>Ge</b> 72,59	33 <b>As</b> 74,922	34 <b>Se</b> 78,96	35 <b>Br</b> 79,909	36 <b>Kr</b> 83,80	
37 <b>Rb</b> 85,47	38 <b>Sr</b> 87,62	39 <b>Y</b> 88,905	40 <b>Zr</b> 91,22	41 <b>Nb</b> 92,906	42 <b>Mo</b> 95,94	43 <b>Tc</b> (99)	44 <b>Ru</b> 101,07	45 <b>Rh</b> 102,91	46 <b>Pd</b> 106,42	47 <b>Ag</b> 107,87	48 <b>Cd</b> 112,40	49 <b>In</b> 114,82	50 <b>Sn</b> 118,69	51 <b>Sb</b> 121,75	52 <b>Te</b> 127,60	53 <b>I</b> 126,90	54 <b>Xe</b> 131,30	
55 <b>Cs</b> 132,91	56 <b>Ba</b> 137,34	57 <b>La</b> 138,91	72 <b>Hf</b> 178,49	73 <b>Ta</b> 180,95	74 <b>W</b> 183,85	75 <b>Re</b> 186,2	76 <b>Os</b> 190,2	77 <b>Ir</b> 192,2	78 <b>Pt</b> 195,09	79 <b>Au</b> 196,97	80 <b>Hg</b> 204,59	81 <b>Tl</b> 204,38	82 <b>Pb</b> 209,17	83 <b>Bi</b> 208,98	84 <b>Po</b> (210)	85 <b>At</b> (210)	86 <b>Rn</b> (222)	
87 <b>Fr</b> (223)	88 <b>Ra</b> (226)	89 <b>Ac</b> (227)																
			58 <b>Ce</b> 140,12	59 <b>Pr</b> 140,91	60 <b>Nd</b> 144,24	61 <b>Pm</b> (145)	62 <b>Sm</b> 150,36	63 <b>Eu</b> 151,96	64 <b>Gd</b> 157,25	65 <b>Tb</b> 158,92	66 <b>Dy</b> 162,50	67 <b>Ho</b> 164,93	68 <b>Er</b> 167,26	69 <b>Tm</b> 168,93	70 <b>Yb</b> 173,04	71 <b>Lu</b> 174,97		
			90 <b>Th</b> 232,04	91 <b>Pa</b> (231)	92 <b>U</b> 238,03	93 <b>Np</b> (237)	94 <b>Pu</b> (242)	95 <b>Am</b> (243)	96 <b>Cm</b> (247)	97 <b>Bk</b> (249)	98 <b>Cf</b> (251)	99 <b>Es</b> (254)	100 <b>Fm</b> (253)	101 <b>Md</b> (256)	102 <b>No</b> (253)	103 <b>Lr</b> (257)		

Periodensystem der Elemente