

A U F G A B E N Z U I V B : V E R D A M P F U N G

Aufgabe 1:

In einem offenen, diskontinuierlich betriebenen Robert-Verdampfer sollen 300 L Kochsalzlösung (20°C) mit einem Massenanteil von 2% auf 8% aufkonzentriert werden. Als Heizmittel steht Heißdampf von 2 bar zur Verfügung.

Zusatzinformationen: $T_s(\text{H}_2\text{O}, 2 \text{ bar}) = 122^\circ\text{C}$, $r_{\text{LM}} = 2257 \text{ kJ/kg}$, $c_{\text{L}} = 4,178 \text{ kJ/(kg K)}$, $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$, $U = 1200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, $A = 1,2 \text{ m}^2$

- a) Skizziere die Vorgänge.
- b) Wie groß ist die abzuscheidende Wassermasse?
- c) Welche Wärmemenge muss übertragen werden?
- d) Wie lange dauert die Eindampfung ab dem Zeitpunkt, wo die Kochsalzlösung die Siedetemperatur erreicht hat? (Angabe in Stunden/Minuten/Sekunden)

Aufgabe 2:

In einem bei Raumtemperatur (20°C) kontinuierlich betriebenen Robert-Verdampfer sollen stündlich 12 Tonnen 20%ige Natronlauge auf 32% eingedampft werden.

Zusatzinformationen: $T_s(\text{NaOH } 20\%) = 108^\circ\text{C}$, $r_s = 2257 \text{ kJ/kg}$, $c_s = 4,178 \text{ kJ/(kgK)}$, $\rho = 1,5 \text{ g/cm}^3$.

- a) Berechne die Stoffmengenkonzentration und den Molanteil der schwerer flüchtigen Komponente in der Ausgangslösung?
- b) Wie groß muss die Heizleistung sein?
- c) Die Heizanlage schafft nur 50% des erforderlichen Wertes. Wie groß ist der Massenanteil der eingedampften Lösung?

Aufgabe 3:

Bei der Zuckerherstellung wird eine 15%ige Dünnsaftlösung in einer zweistufigen Gegenstrom-Verdampferanlage zu 70%igen Dicksaft eingedampft.

Der Dünnsaft strömt dem ersten Verdampfer mit 20°C bei Umgebungsdruck zu.

Die zum Verdampfen erforderlichen Temperaturdifferenzen zwischen Heißdampf bzw. Brüden als Heizmittel und Lösung bzw. aufsteigenden Brüden betragen jeweils 20°C.

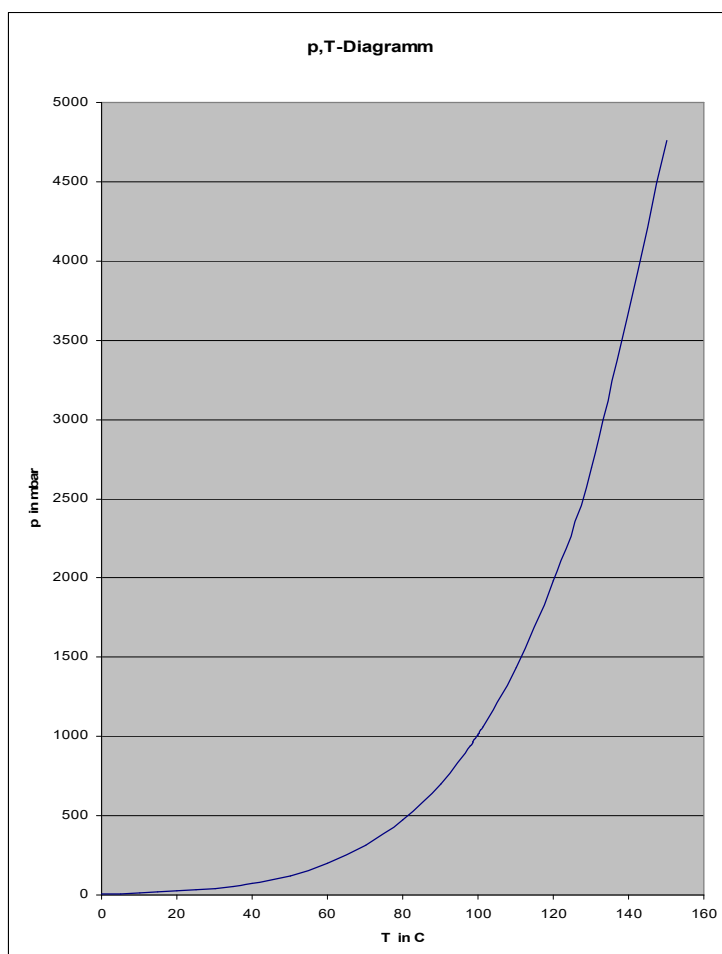
Der kontinuierlich betriebenen Anlage werden stündlich 5 Tonnen Dünnsaft zugeführt.

Für alle Massenströme sind die Stoffdaten von Wasser zu nehmen.

- a) Zeichne ein Verfahrensbild mit Grundinformationen nach DIN EN ISO 10628.
- b) Auf welchem Arbeitsdruck muss die eingedampfte Lösung aus dem 1. Verdampfer gebracht werden, damit die Temperatur der Brüden aus dem 2. Verdampfer hoch genug ist, um im 1. Verdampfer als Heizmittel verwendet werden zu können?

- c) Welchen Sättigungsdruck hat der Heizdampf, der dem 2. Verdampfer zugeführt wird?
- d) Die Kondensationswärme der Brüden des 2. Verdampfers entspricht dem Wärmebedarf im 1. Verdampfer. Berechne den Zahlenwert.
- e) Die Kondensationswärme der Brüden des ersten Verdampfers soll zum Vorwärmen des Dünnsaftes verwendet werden. Zeichne den Wärmtauscher ein.
- f) Wie groß ist der Anteil der Brüden die kondensieren müssen, um die Eingangstemperatur auf 80°C anzuheben?
- g) Wo könnte in der Anlage weitere Wärme gewonnen werden? Vervollständige das Fließbild mit den erforderlichen Apparaten.

Zusatzinformationen:



- zu d): Alle Informationen sind gegeben und durch das Aufstellen und Lösen der entsprechenden Massen- bzw. Wärmebilanzen ist die Teilaufgabe zu lösen.
Hilfestellung falls ein Schüler nicht klar kommt: Der Massenanteil nach dem ersten Verdampfer beträgt 22,02 %.

Aufgabe 4:

Einer kontinuierlich betriebenen Meerwasserentsalzungsanlage werden stündlich 15 kg Wasser von 15°C mit 3,5% Salzanteil zugeführt.

Die Flüssigkeit wird in einem Kondensator mit der Abfallwärme der Brüden auf 40°C vorgewärmt. Die kondensierten Brüden werden im Kondensator auf 25°C abgekühlt.

Die Siedetemperatur im nachfolgenden Verdampfer beträgt 75°C.

Die Heizflüssigkeit strömt mit 85°C in den Verdampfer und verlässt ihn mit 45°C.

Für alle Massenströme sind die Stoffdaten von Wasser zu nehmen.

Der Verdampfer hat einen U-Wert von 450W/(m²K). Die mittlere Temperaturdifferenz bei der Wärmeübertragung beträgt 15°K.

- a) Zeichne ein Verfahrensbild mit Grundinformationen nach DIN EU ISO 10628 der Anlage.
- b) Wie groß ist der Massenstrom an destilliertem Wasser?
- c) Wie groß ist der Massenanteil des Salzes in der Salzlake?
- d) Wie hoch muss der Druck im Verdampfer sei?
- e) Wie groß muss der Massenstrom an Heizflüssigkeit sein?
- f) Welche Wärmeaustauschfläche braucht der Verdampfer?

Ergebnisse:

Aufgabe 1: a)  b) 225 kg c) 608097 kJ

d) 4h 27'10"

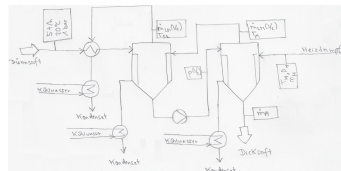
Aufgabe 2: a) 7,50 mol/L; 0,10 b) $\dot{Q}_{ges} = 4046,80 \text{ kW}$ c) 22,37 %

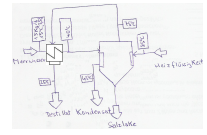
Aufgabe 3: a)  b) 2 bar c) 3,6 bar d) 1,46 MW

$[\dot{Q}_L(V1) = 464,22 \text{ kW}; \dot{Q}_V(V1) = 999,35 \text{ kW}; \dot{Q}_{ges}(V1) = 1463,57 \text{ kW},$

$w(V1) = 22,02 \text{ \%}; m_{LM}(V1) = 1,59 \text{ t/h}]$

f) 34,83 % g)



Aufgabe 4: a)  b) 0,64 kg/h c) 3,65% d) 350 mbar

e) 21,77 kg/h f) 0,15 m²