

Mischphasenthermodynamik

Prüfung

06. 03. 2017

Teil 1 : Fragenteil

Gesamte Bearbeitungszeit : **60 Minuten**

Bearbeitungszeit Teil 1 : **40 Minuten**

Umfang Teil 1 : **5** nummerierte Seiten + Phasendiagramm

Für den Teil 1, sowie für den Teil 2 der Prüfung dürfen alle Unterlagen zur Vorlesung und Übung sowie Lehrbücher und Taschenrechner genutzt werden. Geben Sie diese Aufgabenstellung bitte zusammen mit Ihren Lösungsblättern ab. Füllen Sie die Angaben zu Ihrer Person aus und versehen Sie jedes Lösungsblatt mit Ihrem Namen.

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Unterschrift: _____

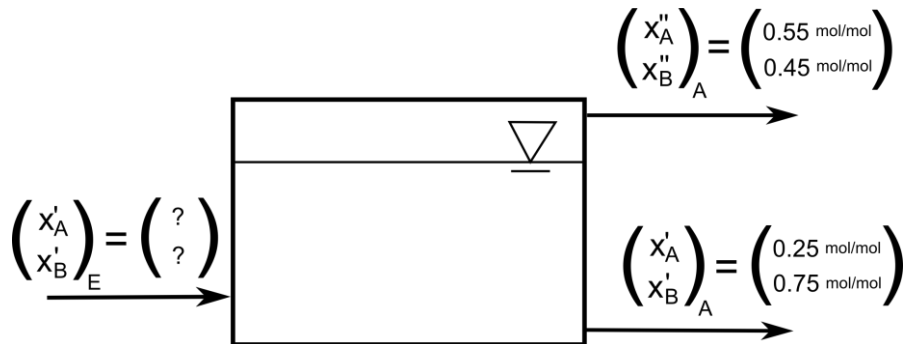
Angaben zur Korrektur

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punkte	Korrektor
1	28		
2	14		
Summe			
Bewertung			

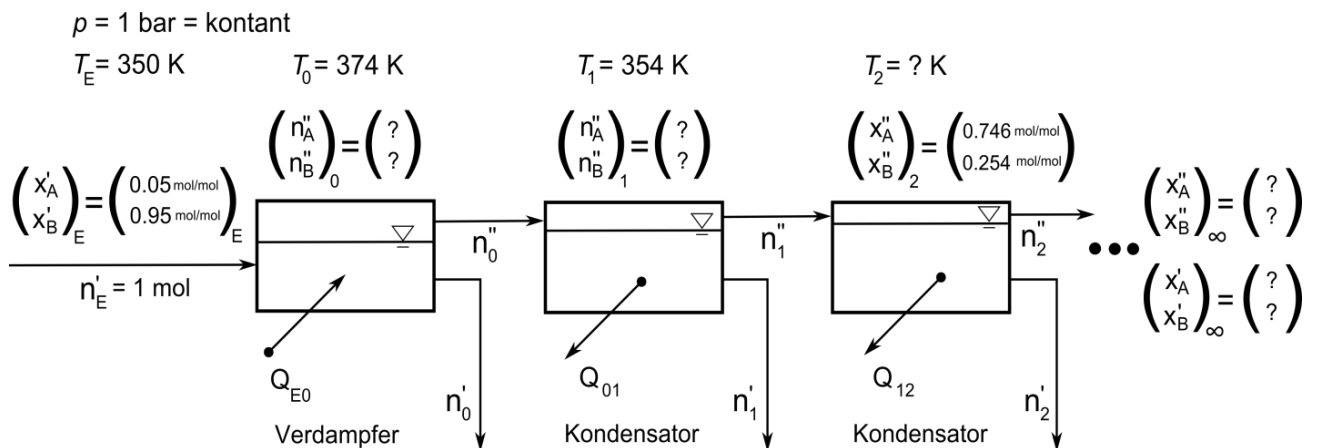
Aufgabe 1 (28 Punkte)

Phasengleichgewichte

- a) Eine binäre Mischung wird in einer Verdampfereinheit kontinuierlich teilweise verdampft. Mess-technisch wurden für die Ausgangsströme die Temperatur, der Druck und die Zusammensetzung der beiden Phasen mit bekanntem Siedediagramm bestimmt. Lässt sich daraus die Zusammensetzung des Eingangsstroms eindeutig bestimmen? Gib eine Begründung. (2 P)

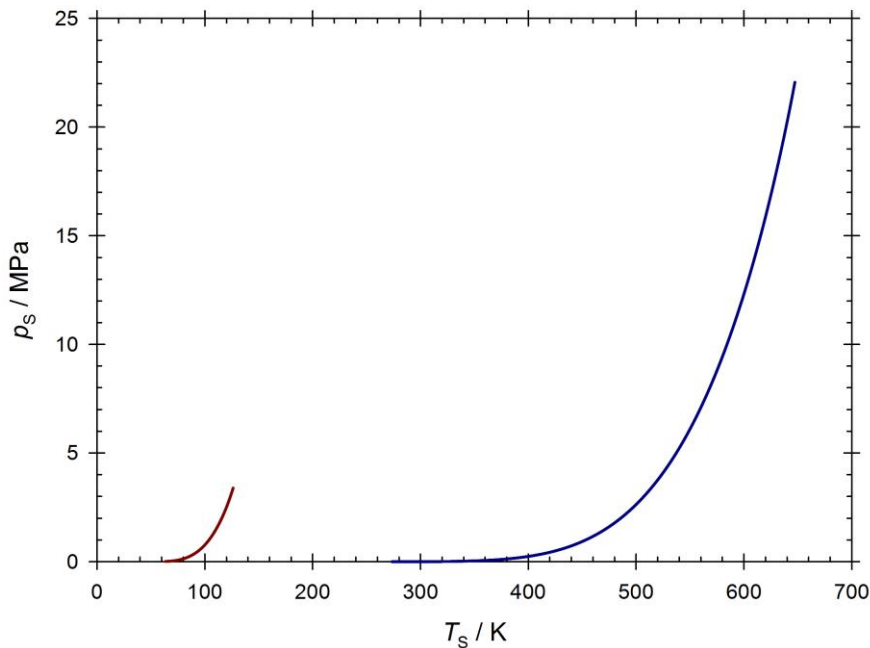


- b) Die binäre Mischung Ethanol (A) und Toluol (B) bildet bei dem betrachteten Systemdruck ein Leichtsiederazeotrop aus. Skizziere den Prozessweg für die abgebildete abgewandelte fraktionierte Destillation, bestehend aus einem Verdampfer und $n = 2$ Kondensatoren in das beigefügte T, x - Diagramm ein. Berechne die fehlenden Werte. Welcher Wert ergibt sich für die Gas- bzw. Flüssigphasenzusammensetzung, wenn n gegen unendlich geht? (8 P)



Reale Fluide

- c) In der Abbildung sind die jeweiligen Dampfdruckkurven von Wasser (blau) und Stickstoff (rot) gegeben. Welche Aussage macht das einfache Korrespondenzprinzip und wie sehen diese Dampfdruckkurven, unter Berücksichtigung der Daten für den Tripel- und kritischen Punkt aus. Zeichne die Lösung in ein Schaubild ein. Welchen Ansatz schlägt Pitzer für diesen Fall vor? Stelle auch diese Lösung qualitativ in einem Schaubild dar. (3 P)



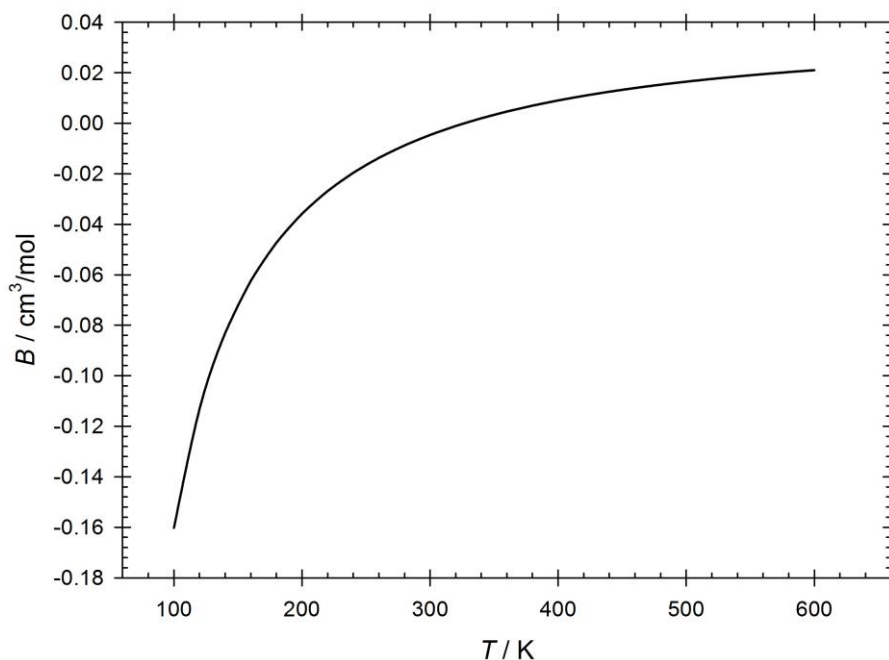
Tripelpunkt:

	T / K	p / MPa
Wasser	273.16	0.0006
Stickstoff	63.15	0.0125

Kritischer Punkt:

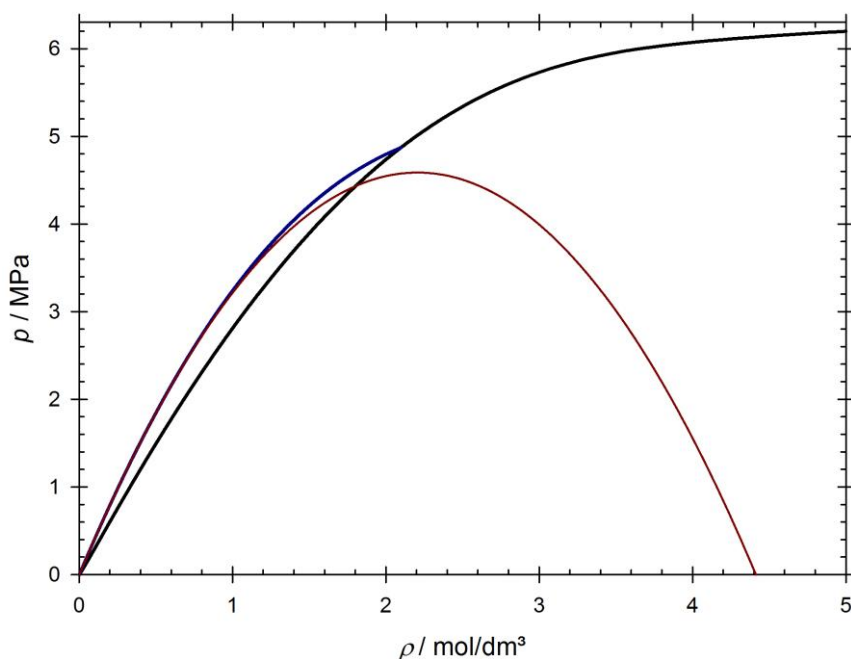
	T / K	p / MPa
Wasser	647.1	22.064
Stickstoff	126.2	3.396

- d) Die Abbildung zeigt den Verlauf des zweiten Virialkoeffizienten von Stickstoff über der Temperatur. Welche Aussage lässt sich über die zwischenmolekularen Wechselwirkungen für die drei Fälle $B < 0$, $B = 0$ und $B > 0$ machen. Diskutiere am Beispiel der bis zum zweiten Virialkoeffizienten entwickelten druckexpliziten Virialgleichung Bestimme zusätzlich die Boyle Temperatur. (4 P)



- e) Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt der Tauline (schwarz) von Ethanol in einem p,ρ Diagramm. Weiter ist der Verlauf der tatsächlichen $T = 500$ K Isotherme (blau) sowie die Approximation nach der druckexpliziten Virialgleichung (rot) dargestellt. Für den gesuchten Zustandspunkt ist der zweite Virialkoeffizient bekannt. Berechne, mit Hilfe dieser Virialgleichung, die Dichte des Fluids am gesuchten Zustandspunkt. Zeichne die Lösung(en) eindeutig in das Schaubild ein und erkläre warum sich die beiden Isothermen am Zustandspunkt nicht berühren. (4 P)

T / K	p / MPa	$B(T) / \text{dm}^3/\text{mol}$
500	4	-0.22658



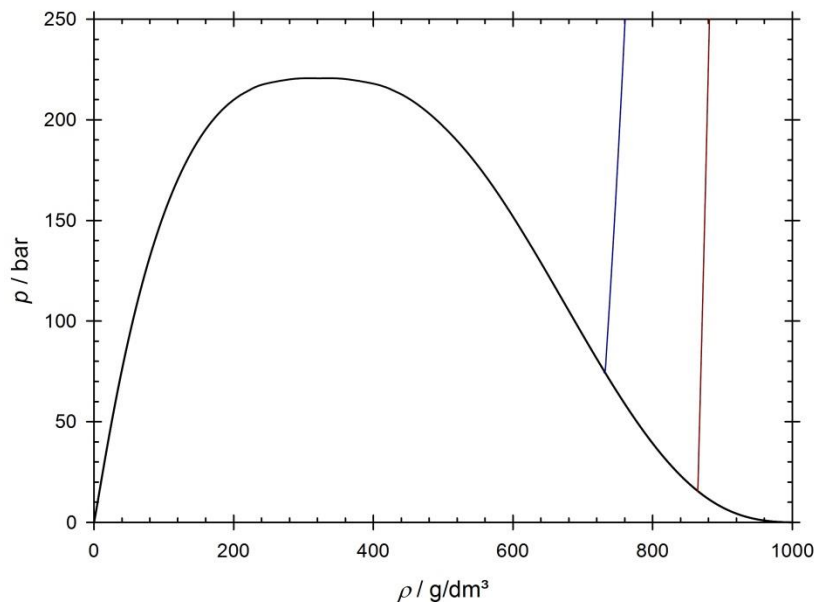
Mehrphasige Systeme

- f) Eine Gasphase bestehend aus Stickstoff, Sauerstoff und Wasser steht mit einer Flüssigphase bestehend aus denselben Komponenten, bei $T = 25^\circ\text{C}$ und $p = 1$ bar, im thermodynamischen Gleichgewicht. Im Folgenden soll die Zusammensetzung der Phasen näher untersucht werden. Bekannt sind die molaren Partialdichten ρ_i'' der Komponenten in der Gasphase, sowie die jeweiligen Henry-Konstanten $H_{i,\text{H}_2\text{O}}$. Berechne die fehlenden Werte der Tabelle. (5 P)

Gasphase	$T / ^\circ\text{C}$	$\rho_i'' / \text{mol}/\text{dm}^3$	$x_i'' \text{ mol}/\text{mol}$	n_i'' / mol	$H_{i,\text{H}_2\text{O}} / \text{bar}$
Stickstoff	25	0.0315	0.78	0.158	87000
Sauerstoff	25	0.0076	?	0.038	44000
Wasser	25	0.0013	?	?	-

Flüssigphase	$T / ^\circ\text{C}$	p / bar	$\rho_i' / \text{mol/dm}^3$	$x_i' \text{ mol/mol}$	n_i' / mol
Wasser	25	1	55.345	0.999987	276.725
Stickstoff	25	-	-	?	0.0025
Sauerstoff	25	-	-	?	?

g) Es soll nun das Dampf-Flüssigkeitsgleichgewicht von reinem Wasser betrachtet werden. Dargestellt sind die Tau- und die Siedelinie in einem p, ρ Diagramm sowie Ausschnitte aus dem Verlauf der $T = 200^\circ\text{C}$ und $T = 290^\circ\text{C}$ Isothermen (rot, blau). Zeichne den Zustand der flüssigen sowie gasförmigen Phase, für die beiden Temperaturen, eindeutig in das Schaubild ein. In welche Richtung wird sich die Flüssigkeitsoberfläche bewegen, wenn man $m = 500 \text{ g}$ Wasser in einem $V = 1 \text{ dm}^3$ Gefäß von $T = 200^\circ\text{C}$ auf $T = 290^\circ\text{C}$ erwärmt. Begründe (2 P)



Mischphasenthermodynamik

Prüfung

06. 03. 2017

Teil 2 : Aufgabenteil

Gesamte Bearbeitungszeit : **60 Minuten**

Bearbeitungszeit Teil 2 : **20 Minuten**

Umfang Teil 2 : **2** nummerierte Seiten

Für den Teil 1, sowie für den Teil 2 der Prüfung dürfen alle Unterlagen zur Vorlesung und Übung sowie Lehrbücher und Taschenrechner genutzt werden. Geben Sie diese Aufgabenstellung bitte zusammen mit Ihren Lösungsblättern ab. Füllen Sie die Angaben zu Ihrer Person aus und versehen Sie jedes Lösungsblatt mit Ihrem Namen.

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Unterschrift: _____

Aufgabe 2 (14 Punkte)

Im Folgenden soll die Gasphasenzusammensetzung der binären Mischung Ethanol (1) und Wasser (2) im Dampf-Flüssigkeitsgleichgewicht bei $T = 232.5^\circ\text{C}$ berechnet werden. Aufgrund des hohen Systemdrucks von $p = 50$ bar kann die Gasphase nicht als ideal betrachtet werden. Zur Bestimmung der Gasphasenzusammensetzung wird folgender Lösungsansatz vorgeschlagen. Der Fugazitätskoeffizient der i -ten Gaskomponente kann über eine Virialgleichung bestimmt werden. Entwickelt man bis zum 2. Virialkoeffizienten, so ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$RT \ln(\varphi_i) = p \cdot \left(-B^{mix} + 2 \cdot \sum_{j=1}^2 x_j'' B_{ij} \right)$$

- Berechne aus den angegebenen Stoffdaten das chemische Potential des Ethanols in der Flüssigphase. (2 P)
- Formuliere das chemische Potential des Ethanols in der Gasphase als Funktion und verwende dabei die angegebene Näherung des Fugazitätskoeffizienten. (2 P)
- Die Phasengleichgewichtsbedingung führt, unter der Näherung $\ln(x_i) \approx -x_i - x_i^2/2$, auf eine quadratische Gleichung der Form $ax_1''^2 + bx_1'' + c = 0$. Bestimme die Koeffizienten a , b , c und damit dann die gesuchte Gasphasenzusammensetzung. (10 P)

Angaben:

Universelle Gaskonstante : $R_m = 8.3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

	$T / ^\circ\text{C}$	p / bar	$\rho / \text{mol/dm}^3$
Gasphase	232.5	50	1.778
Flüssigphase	232.5	50	20.934

Gasphaseneigenschaften:

	$\mu_i^0 (T=232.5^\circ\text{C}, p_0=0.01 \text{ bar}) / \text{kJ/mol}$	$B_i / \text{dm}^3/\text{mol}$	$B_{12} / \text{dm}^3/\text{mol}$
Ethanol	-38.95	-0.21737	-0.18656
Wasser	-38.86	-0.16424	-0.18656

Flüssigphaseneigenschaften bei $T=232.5^\circ\text{C}$ und $p=50$ bar:

	$\mu_i^{\text{rein.liq}} / \text{kJ/mol}$	$x'_i / \text{mol/mol}$	$\gamma'_i / -$
Ethanol	-4.755	0.419	1.375
Wasser	-6.173	0.581	1.341

2: Temperature vs. Composition plot: ethanol/toluene (0.5/0.5)