

Übungen in physikalischer Chemie für B. Sc.-Studierende	
Versuch Nr.: S07	Version 2019 (060319)
Kurzbezeichnung: Siedediagramm	

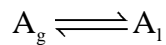
# Siedediagramm binärer Systeme

## Aufgabenstellung

Das Siedediagramm eines Zweistoffsystems ist experimentell zu bestimmen.

## Grundlagen

Flüssigkeiten stehen mit ihrem Dampf in einem Gleichgewicht,



das durch die Äquivalenz der chemischen Potentiale des Stoffes in der flüssigen und in der Gasphase gekennzeichnet ist:

$$\mu_{Ag} = \mu_{Al}$$

Die Zerlegung der chemischen Potentiale ergibt:

$$\mu_{gA}^{\ominus} + RT \ln a_{pA} = \mu_{lA}^{\ominus*} + RT \ln a_{xA}$$

Verhält sich der Dampf näherungsweise wie ein ideales Gas und handelt es sich um eine reine Flüssigkeit ( $a_{xA}=1$ ), wird daraus:

$$\mu_{gA}^{\ominus} + RT \ln \frac{p_A^*}{p_0} = \mu_{lA}^{\ominus*} \quad (1)$$

Die Temperaturabhängigkeit des Dampfdrucks bei konstantem Gesamtdruck erhält man durch Ableiten nach der Temperatur (CLAUSIUS-CLAPEYRON-Gleichung, siehe Anhang):

$$\left( \frac{\partial \ln \frac{p_A^*}{p_0}}{\partial T} \right)_{p_0} = \frac{\Delta_v H}{RT^2} \quad (2)$$

Die Substanz siedet, wenn der Dampfdruck den atmosphärischen Druck erreicht ( $\ln p_A/p_{A0}=0$ )

Die Integration mit der Siedetemperatur als oberer Grenze ergibt ( $p^*$  wird hier zur ausdrücklichen Kennzeichnung dessen verwendet, dass es sich um den Dampfdruck einer reinen Flüssigkeit handelt.

$$\ln \left( \frac{p_A^*}{p_0} \right) = \frac{\Delta_v H_A}{R} \left( \frac{1}{T_{sA}} - \frac{1}{T} \right)$$

Der Partialdampfdruck von Komponenten in einer Mischphase ist gegenüber den Dampfdruck der reinen Komponente herabgesetzt. Für das Flüssig-Dampf-Gleichgewicht einer idealen Mischung gilt nun, da  $a_{x_A} \rightarrow x_{1A}$ :

$$\mu_{gA}^{\ominus} + RT \ln \frac{p_A}{p_0} = \mu_{1A}^{\ominus*} + RT \ln x_{1A}$$

Durch Substitution von Gleichung 1 für  $\mu_{1A}^{\ominus*}$  erhält man

$$\cancel{\mu_{gA}^{\ominus}} + \cancel{RT} \ln \frac{p_A}{p_0} = \cancel{\mu_{gA}^{\ominus}} + \cancel{RT} \ln \frac{p_A^*}{p_0} + \cancel{RT} \ln x_{1A}$$

und nach Entlogarithmieren das RAOULTsche Gesetz

$$\frac{p_A}{p_0} = \frac{p_A^*}{p_0} x_{1A} \quad \text{oder} \quad p_A = p_A^* x_{1A}$$

oder – unter Benutzung des DALTONSCHEN Gesetzes für die Gasphase

$$x_{gA} = \frac{p_A}{p_0} x_{1A}$$

Bei gegebener Zusammensetzung der flüssigen Phase ist der Stoffmengenanteil in der Gasphase auch vom temperaturabhängigen Dampfdruck der reinen Komponente abhängig. Durch Einsetzen der CLAUSIUS-CLAPEYRON-Gleichung erhält man:

$$x_{gA} = x_{1A} \exp\left(\frac{\Delta_v H_A}{R} \left(\frac{1}{T_{sA}} - \frac{1}{T}\right)\right)$$

Eine binäre, aus den Flüssigkeiten A und B bestehende homogenen Mischung siedet, wenn die Summe der Partialdampfdrücke von A und B den atmosphärische Druck erreicht. In diesem Falle wird auch die Luft über der Mischphase verdrängt, und dann gilt:

$$x_{gA} + x_{gB} = 1$$

(Bei niedrigeren Temperaturen gilt das nicht, weil dann auch die Atmosphäregase in der Gasmischphase enthalten sind.)

Der Siedepunkt einer idealen binären Mischphase mit den Komponenten A und B wird mithin bei vorgegebener Zusammensetzung durch folgende Gleichungen bestimmt:

$$x_{gA} + x_{gB} = 1 \quad \langle T = T_{SAB} \rangle$$

$$x_{1A} + x_{1B} = 1$$

$$x_{gA} = x_{1A} \exp\left(\frac{\Delta_v H_A}{R} \left(\frac{1}{T_{sA}} - \frac{1}{T_{SAB}}\right)\right)$$

$$x_{gB} = x_{1B} \exp\left(\frac{\Delta_v H_B}{R} \left(\frac{1}{T_{sB}} - \frac{1}{T_{SAB}}\right)\right)$$

Trägt man die Siedetemperatur in Abhängigkeit von den Stoffmengenanteilen *einer* Komponente in der Flüssig- bzw. Gasphase auf, erhält man das Siedediagramm der Mischung.

*Wenn die Wechselwirkungen zwischen gleichartigen und ungleichartigen Molekülen in einer Mischung voneinander verschieden sind, liegt keine ideale Mischung mehr vor, und es treten mehr oder minder große Abweichungen vom RAOULT'schen Gesetz auf. Daher müssen Siedediagramme für den größten Teil technisch relevanter Gemische experimentell bestimmt werden. Man geht dabei so vor, dass aus dem mit der siedenden Mischphase im Gleichgewicht stehenden Dampf ein kleiner Teil abgezweigt, kondensiert und analysiert wird.*

### Vorbereitungsfragen

- Was versteht man unter der Siede- und der Kondensationskurve eines Siedediagramms, was unter einer Konode?
- Informieren Sie sich über die Unterschiede zwischen idealen, realen und azeotropen Mischungen.

### LITERATUR:

- C. Czeslik, H. Seemann, R. Winter, Basiswissen Physikalische Chemie, 4., aktualisierte Auflage, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2010, Kap. 2.5.3  
P.W. Atkins, J.de Paula, Kurzlehrbuch Physikalische Chemie, 4., vollständig überarbeitete Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, 2008  
G. Wedler, H.-J. Freund, Lehrbuch der Physikalischen Chemie, 6. vollst. überarb. u. aktualis. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, 2012, Abschnitt 2.5.6 Phasengleichgewichte in Zweistoffsystemen zwischen Flüssigkeit und Dampf  
L. H. Ballard, M. Van Winkle, Ind. Eng. Chem., 44(1952)2450-2453

### Durchführung

#### *Versuchsaufbau*

ABBE-Refraktometer

Natriumdampf Lampe mit Vorschaltgerät

Thermostat, Leinenlappchen,

Siedeapparat mit Heizung, 2 Büretten (50 ml), 10 Flaschen (50 ml),

Temperatursensor mit Gerät, 2 Trichter, 1 Tropfpipette, Proberöhrchen, 1 Petrischale,

Lösungen: Methanol, Isopropanol

#### *Arbeitsanleitung*

Zur Temperierung des Refraktometers wird der Thermostat (Temperatur wurde bereits auf 20 °C eingestellt!) angeschaltet (**Kühlwasser nicht vergessen! - Kühlwasservorlauf-Hahn öffnen!**) und die Temperatur im Doppelprisma des Meßgerätes kontrolliert.

Es werden mit Hilfe der Büretten jeweils 20 ml von 5 CH<sub>3</sub>OH - CH<sub>3</sub>CHOHCH<sub>3</sub>-Mischungen mit 20, 40, 50, 60, und 80 Vol.-% Methanol hergestellt. Dazu wird die Raum- und Lösungstemperatur notiert. Der Brechungsindex  $n_{20}$  der Ausgangskomponenten und von mindestens 4 Mischungen (20, 40, 60, 80 Vol.-%) und der reinen Komponenten wird mit dem

ABBE-Refraktometer bestimmt.

Während die Brechungsindizes der Ausgangsmischungen bestimmt werden, kann bereits mit den Siedeeperimenten begonnen werden. Dazu wird das Siedegefäß mit Hilfe der Injektionsspritze gefüllt. Das geschieht, indem man mit fest aufgesetzter Kanüle ca. 15 ml der zu untersuchenden Mischung aus der Flasche in die Spritze saugt, anschließend die Kanüle (von oben durch den Kühler) durch die Öffnung im Glasboden der Siedeapparatur vorsichtig bis in den Siederaum einführt, und unter gleichmäßigen Druck den Inhalt in die Siedeapparatur spritzt.

Der Wechselstromsteller ist mit dem grünen Kippschalter einzuschalten. Nach einer kurzen Einlaufphase (Zahlen im Display schwanken nur noch geringfügig!) ist mit Hilfe des Drehknopfes durch vorsichtige Rechtsdrehung im rechten Anzeigefenster für den Heizstrom ein Zahlenwert von **1,4 A** (nicht höher!) einzuregulieren und während des gesamten Versuches zu kontrollieren bzw. erforderlichenfalls zu korrigieren!

Anschließend ist der Temperatursensor mit dem Gummistopfen mittig und auf Höhe des seitlichen Ablassstutzens so in die Apparatur einzusetzen (Siehe Abb. 2 Siedeapparatur). Nun wird solange erhitzt, bis sich am Temperatursensor die Siedetemperatur konstant eingestellt hat. Die ersten Kondensattropfen (1. Füllung des Ablassrohres), die sich im seitlichen Rohransatz über dem oberen Entnahmehahn ansammeln, werden verworfen (Rückstandsflasche!), weil sie noch nicht der Gleichgewichtszusammensetzung entsprechen. Nach mindestens 5 min konstanten Siedens erfolgen die Probenahme und die Erfassung der Siedetemperatur. Sowohl Kondensat als auch Flüssigkeitsrückstand (in die Petrischale entleeren und zugedeckt abkühlen lassen!) werden der Apparatur entnommen und refraktometriert.

Der Temperatursensor wird mit den Siedetemperaturen der reinen Ausgangskomponenten (Methanol und Isopropanol) kalibriert, die ebenfalls bestimmt werden.

***Verbleibende Flüssigkeitsreste sind in einer dafür bereitgestellten Flasche zu sammeln!***

***Büretten und Siedeapparatur nicht mit Wasser auswaschen!***

**Zur Handhabung des Refraktometers (vgl. Abb. 1):**

Das Oberteil des Refraktometers wird aus der Arbeitstellung nach vorn gekippt. Durch Linksdrehen des Prismengriffes wird der Prismenkörper geöffnet und der obere Teil bis zur waagerechten Lage der Messfläche nach unten geneigt. Falls erforderlich werden beide Prismenflächen mit dem Leinenlappchen und etwas Flüssigkeit sorgfältig gereinigt und getrocknet.

Mit Hilfe der Pipette werden nun einige Tropfen der Messprobe auf die Prismenfläche gebracht, bis diese vollständig benetzt ist. Durch Rechtsdrehen des Prismengriffes ist der Prismenkörper zu schließen. Nach der Beschickung mit der Messflüssigkeit wird das Refraktometer wieder in Arbeitsstellung gebracht. Der Triebknopf wird auf den Anfang der Messteilung im Ablesemikroskop eingestellt. Zum Ausgleich der Temperatur ist vor der Messung einige Minuten zu warten. Der Spiegel ist so zu stellen, daß das Licht der Natriumdampflampe die quadratische Öffnung des Beleuchtungsprismas ausfüllt und das Sehfeld im Fernrohrkular hell erscheint. Der Triebknopf wird nun langsam nach größeren Werten auf der Messskala (linker Tubus) gedreht, bis das Sehfeld (rechter Tubus) von unten her dunkel wird. Dann wird der Farbsaum zwischen beiden Halbfeldern durch Drehen am Rändelknopf zum Verschwinden gebracht. Die jetzt scharfe Grenzlinie wird durch weiteres Drehen am Triebknopf auf den Schnittpunkt des Strichkreuzes eingestellt und das Messergebnis links auf der Messskala abgelesen. Vor dem Wechsel der Flüssigkeitsprobe sind die Innenflächen des Prismenkörpers zunächst wieder mit dem Leinenlappchen sorgfältig zu reinigen.

Abb.1 **ABBE - Refraktometer**

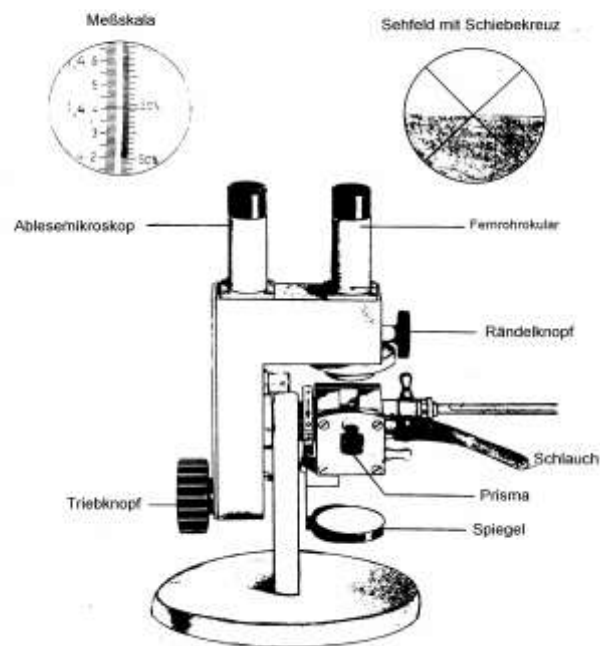
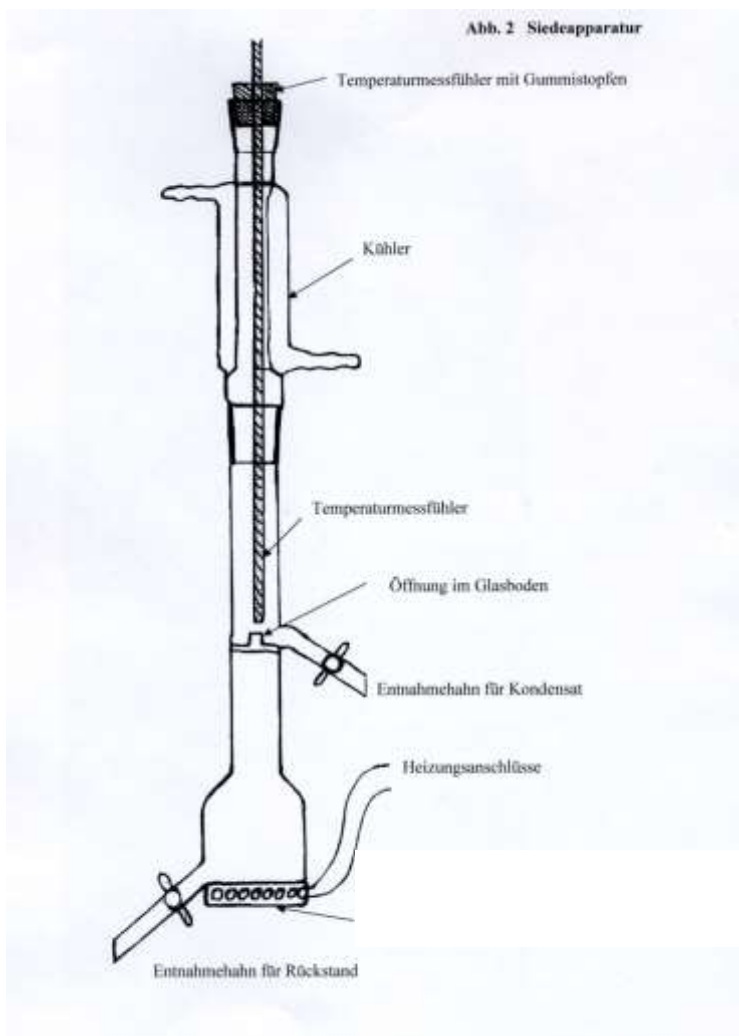


Abb. 2 **Siedesapparat**



## Hinweise zur Versuchsauswertung

Die bei der Versuchsdurchführung im Messprotokoll notierten Messergebnisse wurden in Form einer Tabelle zusammengefasst.

*Diese enthält (s. Datenblatt):*

- die Volumenbrüche und Brechungsindizes für die Kalibrierung
- die gemessenen Siedetemperaturen
- die Brechungsindizes für Kondensate und Rückstände

Zur Auswertung werden die Dichten beider Komponenten für die jeweilige Lösungstemperatur benötigt. Sie können über die Beziehung

$$\rho_T = \rho_{20^\circ\text{C}} (1 - \gamma (\vartheta - 20^\circ\text{C}))$$

( $\gamma$  : thermischer Volumenausdehnungskoeffizient)

mit  $\rho_{20^\circ\text{C}} = 792 \text{ kg/m}^3$  und  $\gamma = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$  für  $\text{CH}_3\text{OH}$

und  $\rho_{20^\circ\text{C}} = 785 \text{ kg/m}^3$  und  $\gamma = 9,94 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  für  $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$  erhalten werden.

Zur Ermittlung der Mischungszusammensetzungen nach dem Sieden werden zunächst die Brechungsindizes der reinen Komponenten und der Ausgangsmischungen über die zugehörigen Volumenbrüche einer der Mischungskomponenten aufgetragen. Da die Brechungsindizes bei konstanter Temperatur und bei konstanter Wellenlänge des Lichtes eine eindeutige Funktion der Zusammensetzung der Flüssigkeiten sind, erhält man dadurch eine Kalibrierkurve für das Refraktometer, mit deren Hilfe die unbekanntes Gleichgewichtszusammensetzungen der Flüssigkeits- und Gasphase bestimmbar sind.

Bei der Verwendung von Excel geschieht dies wie folgt:

- Erstellen der Geraden zur Kalibrierung des Refraktometers

Die Spalten "**Vol-%Isopropanol**" (oder "**Vol-%Methanol**") und "**n<sub>20</sub>**" als Datenquelle markieren und der Button **Diagramm-Assistent** oder über Anklicken von **Einfügen** und **Diagramm** in der oberen Menüleiste und dem anschließenden Auswählen eines **Punkt (XY)** unter **Diagrammtyp**, die bereits markierte nur-Punkte-Variante auswählen, 2x auf **WEITER**, dann Diagrammtitel und Achsenbeschriftung vornehmen, neues Blatt auswählen, benennen und mit **Fertig stellen** erhält man die später auszudruckende Abbildung.

Mit dem Mauszeiger auf den grauen Hintergrund gehen, doppelklicken, unter "**Fläche**" - **keine** auswählen und mit OK bestätigen. Dann mit dem Mauszeiger auf einen Messpunkt, Klick mit der rechten Maustaste, **Trendlinie hinzufügen** auswählen, (bereits markierten Typ **linear** nicht verändern) auf **Optionen**, in die Kästchen **Gleichung** und **Bestimmtheitsmaß** Häkchen setzen und OK klicken. In der Abbildung erscheinen die Geradengleichung und der Korrelationsfaktor der Ausgleichsgeraden (ein Maß für die Fehler!)

- Berechnung der Volumen-Anteile

Mit Hilfe dieser Funktionsgleichung können dann, (nach entsprechender Umstellung nach x) aus den ermittelten Messwerten die Vol-%-Anteile einer der beiden Komponenten errechnet werden.

Mit Excel geschieht das wie folgt:

1. Zelle der Spalte "**aus n<sub>20</sub> ermittelte Vol-%**" anklicken, = eingeben, dann die Parameter der Funktionsgleichung eingeben (Klammersetzung beachten!), nach ENTER erscheint der 1. errechnete Wert in dieser Zelle. Mit dem Mauszeiger auf die rechte untere Ecke der Zelle,

linke Maustaste gedrückt halten und die restlichen Werte der Spalte ausfüllen durch Ziehen des Mauszeigers bis auf die gewünschte Zelle.

In gleicher Weise erfolgen durch Verwendung der notwendigen Umrechnungsformeln und –parameter die Berechnungen der noch nicht ausgefüllten Spalten.

Zur Darstellung der Ergebnisse ist die folgende Tabelle zu verwenden.

Ausgangs- zusammensetzung Vol-% Isopropanol	n <sub>20</sub> (s. Datenblatt)		aus n <sub>20</sub> ermittelte Vol-% Isopropanol		berechneter Stoffmengenanteil Isoprop.		Siedetemp. °C (s. Datenblatt)
	Kondensat	Rückstand	Kondensat	Rückstand	Kondensat	Rückstand	
0			0	0	0	0	
20							
40							
50							
60							
80							
100			100	100	1	1	

- Erstellen der Rückstandskurve im Siedediagramm

Bei der Aufstellung des Siedediagramms wird auf der Ordinate (Y-Achse) die Siedetemperatur und auf der Abszisse (X-Achse) der Molenbruch einer Komponente beider im Gleichgewicht stehenden Phasen abgetragen. Hierzu sind die ermittelten Siedetemperaturwerte zu markieren und in die rechts neben der “Rückstand“-Spalte (errechneter Molenbruch) zu kopieren. Wenn beide Spalten mit den darzustellenden Messwerten markiert sind, dann auf den Button Diagramm-Assistent usw..... wie bereits oben beschrieben bis die Abbildung (mit Achsenbeschriftung und Diagrammtitel auf weißem Hintergrund) erscheint. Eine erforderliche Achsenskalierung lässt sich vornehmen, indem der Mauszeiger auf die entsprechende Achse gebracht und nach einem Doppelklick öffnet sich ein Dialogfeld, in dem **Skalierung** auszuwählen ist und die optimalen Zahlenwerte eingegeben werden. In gleicher Weise ist die X-Achse zu skalieren (Max-Wert = 1).

- Einfügen der Kondensatkurve

Um die Kurve für Messwerte des Kondensates in die gleiche Abbildung zu bringen sind folgende Schritte durchzuführen:

Spalte “**Kondensat**“ und “**Siedetemperatur**“ markieren (Strg-Taste verwenden, wenn Spalten nicht nebeneinander liegen!), rechte Maustaste, **kopieren**, auf zuvor erstelltes Diagrammblatt wechseln, in der oberen Menüleiste **Bearbeiten, Inhalte einfügen** auswählen.

Im neu geöffneten Dialogfenster müssen folgende Einstellungen **vor** Ok-Bestätigung eingestellt sein: **neue Datenreihe, Spalten** und **Rubriken (x-Achsenwerte) in erster Spalte** (Häkchen setzen!). Ein zweiter Konodenverlauf mit Messpunkten wird nach Bestätigung mit OK im Diagramm sichtbar.

Für das Hinzufügen des wahrscheinlichen Verlaufes der Siede- und Kondensationskurve (als Trendlinien) sind folgende Schritte an beiden Messwertkurven durchzuführen:

Mit dem Mauszeiger auf einen der dargestellten Messpunkte, klick mit der **rechten** Maustaste, **Trendlinie** hinzufügen und **Polynomisch** auswählen. Durch Erhöhen oder erforderlichenfalls wieder Erniedrigen des Grades, ist eine der Theorie optimal entsprechende Form der Siedekurve zu ermitteln, wobei die dargestellte Trendkurve immer durch die Siedetemperaturen der reinen Komponenten verlaufen sollte.

Falls die errechneten Messpunkte aufgrund von ungenau ermittelten Messwerten aus dem optimalen Kurvenverlauf deutlich als "Ausreißer" erkennbar sind, so sollten diese aus dem Kurvenverlauf der Messwertkurve eliminiert werden (Datensatz kopieren, dann den Messwert in der Datentabelle löschen und Trendlinie erneut hinzufügen), um insgesamt einen besseren Siedekurven- und Kondensatkurvenverlauf zu erreichen.

Abschließend ist das erhaltene Diagramm zu diskutieren.

### Nachbereitungsfragen

Beschreiben Sie anhand einer *Skizze* des Siedediagramms die Vorgänge bei der einfachen und der fraktionierten Destillation. (Vgl. W. Bechmann, I. Bald, Einstieg in die Physikalische Chemie für Nebenfächler, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2016, S. 67 ff (Kap. 1.10.6).)

### Symbolverzeichnis

Symbol	Bedeutung	Symbol	Bedeutung
$\mu$	chemisches Potential	$\Delta_v H$	Verdampfungsenthalpie
R	Gaskonstante	$T_s$	Siedetemperatur
T	Temperatur	x	Stoffmengenanteil
a	Aktivität	S	molare Entropie
p	Druck, Partialdruck	H	molare Enthalpie
$p_0$	Referenzdruck, atmosphärischer Druck	$n_{20}$	Brechungsindex



## Anhang: Herleitung der Clausius-Clapeyron-Gleichung für den Partialdampfdruck

$$\mu_{\text{Ag}}^{\ominus} + RT \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0} = \mu_{\text{Al}}^{\ominus*}$$

$$RT \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0} = \mu_{\text{Al}}^{\ominus*} - \mu_{\text{Ag}}^{\ominus}$$

$$\frac{\partial}{\partial T_{p_0}} \left( RT \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0} \right) = \left( \frac{\partial (\mu_{\text{Al}}^{\ominus*} - \mu_{\text{Ag}}^{\ominus})}{\partial T} \right)_{p_0}$$

Es muss nun beachtet werden, dass die chemischen Standardpotentiale im vorliegenden Standardzustand den molaren freien Enthalpien entsprechen, so dass

$$\mu^{\ominus} = H - TS$$

$$d\mu^{\ominus} = -SdT + Vdp_0$$

$$\left( \frac{\partial \mu^{\ominus}}{\partial T} \right)_{p_0} = -S$$

Damit erhält man:

$$\frac{\partial}{\partial T_{p_0}} \left( RT \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0} \right) = R \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0} + RT \left( \frac{\partial \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0}}{\partial T} \right)_{p_0} = \left( \frac{\partial (\mu_{\text{Al}}^{\ominus*} - \mu_{\text{Ag}}^{\ominus})}{\partial T} \right)_{p_0} = -S_{\text{Al}} + S_{\text{Ag}}$$

Nach Multiplikation mit T:

$$\underbrace{RT \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0}}_{\downarrow} + RT^2 \left( \frac{\partial \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0}}{\partial T} \right)_{p_0} = -TS_{\text{Al}} + TS_{\text{Ag}}$$

$$\mu_{\text{Al}}^{\ominus*} - \mu_{\text{Ag}}^{\ominus} + RT^2 \left( \frac{\partial \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0}}{\partial T} \right)_{p_0} = -TS_{\text{Al}} + TS_{\text{Ag}}$$

$$RT^2 \left( \frac{\partial \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0}}{\partial T} \right)_{p_0} = (\mu_{\text{Ag}}^{\ominus} + TS_{\text{Ag}}) - (\mu_{\text{Al}}^{\ominus*} + TS_{\text{Al}}) = H_{\text{Ag}} - H_{\text{Al}} = \Delta_{\text{V}}H$$

$$\boxed{\left( \frac{\partial \ln \frac{p_{\text{A}}}{p_0}}{\partial T} \right)_{p_0} = \frac{\Delta_{\text{V}}H}{RT^2}}$$

CLAUSIUS-CLAPEYRON-Gleichung für den Partialdampfdruck.

## Übungen in physikalischer Chemie für B. Sc.- Studierende

### Datenblatt: Siedediagramm

Gruppe:


Datum:

Versuch: **Siedediagramm binärer Systeme**

Anmeldung nicht vergessen !

Temperatur der Lösungsmittel :.....

#### Messwerte für die Kalibrierung (Ausgangszusammensetzung)

Volumenant.	Volumenant.	
Methanol	Isopropanol	n <sub>20</sub>
Vol-%	Vol-%	-
100	0	
80	20	
60	40	
40	60	
20	80	
0	100	

#### Messwerte der Gemische

Methanol	Isopropanol	Siede-	n <sub>20</sub>	n <sub>20</sub>
Vol-%	Vol-%	temp. in °C	Kondensat	Rückstand
100	0			
80	20			
60	40			
50	50			
40	60			
20	80			
0	100			

Bitten Sie die Praktikumsmitarbeiter, Ihnen eine Destillierkolonne zu zeigen.

Der Versuch wurde ordnungsgemäß durchgeführt, die Daten in das Excel-Formular eingetragen und der Arbeitsplatz übergeben.

Unterschrift:.....

Abmeldung nicht vergessen!