

Versuch DK

Praktikum zur physikalischen Chemie I

Verfasser 1: Maxim Gilsendegen

E-Mail-Adresse: 182513@stud.uni-stuttgart.de

Verfasser 2: Jonathan Käfer

E-Mail-Adresse: 184262@stud.uni-stuttgart.de

Gruppennummer: 26

Assistent: Abdulhamid Hejazi Almidani

Abgabedatum: 13.6.2023

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	1
2	Theorie	1
3	Durchführung	2
4	Messwerte	3
5	Auswertung	5
5.1	Dampfdruckkurve	5
5.2	Siedetemperatur	7
5.3	Vergleich Literatur	7
6	Fehler	7
6.1	Fehlerbetrachtung	7
6.2	Fehlerrechnung	8
7	Zusammenfassung	10
8	Literatur	10

1 Aufgabenstellung

Im Versuch soll die Dampfdruckkurve einer unbekannten Substanz ermittelt werden und auf die Substanz rückgeschlossen werden. Dazu wird der Dampfdruck bei unterschiedlichen Temperaturen gemessen. Die Messwerte sollen in einem p - T Diagramm und einem $\ln \frac{p}{p_0}$ über $\frac{1}{T}$ aufgetragen werden.

2 Theorie

Mit Hilfe der Clapeyronschen Gleichung kann man im Phasen Diagramm Grenzlinien an Phasenübergängen, bzw. Aggregatzustandsänderungen beschreiben. Der Dampfdruck wird hierbei mit p benannt, die Temperatur mit T , die molare Verdampfungsenthalpie mit $\Delta_v H_m$ und die molare Volumensänderung mit $\Delta_v V_m$. Da das molare Volumen einer Flüssigkeit V_m^l um ein Vielfaches kleiner ist, als das molare Volumen eines Gases V_m^g , kann das Volumen des flüssigen Zustandes vernachlässigt werden. Die Clapeyronsche Gleichung lautet:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_v H_m}{T \cdot \Delta_v V_m} \quad (1)$$

Es gilt näherungsweise:

$$\Delta_v V_m \approx V_m^g \quad (2)$$

Somit kann für Gleichung 1 angenommen werden:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_v H_m}{T \cdot V_m^g} \quad (3)$$

Wird von einem idealen Gas ausgegangen, so ergibt sich für das molare Gasvolumen:

$$V_m^g = \frac{R \cdot T}{p} \quad (4)$$

Werden die Näherungen in die Clapeyronschen Gleichung eingesetzt, so erhält sich die Clausius-Clapeyronschen Gleichung.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_v H_m}{R \cdot T^2} \cdot p \quad (5)$$

Werden die Variablen getrennt, so ergibt sich:

$$\frac{dp}{p} = \frac{\Delta_v H_m}{R} \cdot \frac{dT}{T^2} \quad (6)$$

Wird das unbestimmte Integral gelöst, so ergibt sich:

$$\ln\left(\frac{p}{p_0}\right) = -\frac{\Delta_v H_m}{R \cdot T} + C \quad (7)$$

3 Durchführung

Zur Vorbereitung der Messung wird das Reservoir des Isoteniskops mit der zu verdampfen-
den Flüssigkeit befüllt. Dieses wird an die Apparatur angeschlossen und in dem Tauchbad
befestigt. Es wird ein Vakuum gezogen, bis zu dem Punkt, an dem die Substanz anfängt
zu siedern. Das Ventil zur Vakuumpumpe wird geschlossen und es wird der Druck so lan-
ge angeglichen bis der Siededruck erreicht wird. Die Temperatur wird erhöht und die
Messung erneut durchgeführt. Für jede Temperatur wird jeweils drei mal gemessen.

4 Messwerte

Tab.1: Dampfdruck der Substanz in mbar und die Temperatur im System in K

Messung	p [mbar]	t [K]
1	32	297,15
	31	
	31	
2	85	316,15
	92	
	95	
3	120	321,15
	114	
	118	
4	148	326,15
	152	
	160	
5	188	331,15
	195	
	180	
6	240	336,15
	223	
	246	
7	303	341,15
	289	
	310	
8	370	346,15
	379	
	365	
9	475	351,15
	280	
	491	
10	634	354,15
	630	
	641	

Tab.1: Mittelwert des Dampfdruckes der Substanz in Pascal und die Temperatur im System in Kelvin

Messung	p [Pa]	t [K]
1	3200	297,15
2	9067	316,15
3	11733	321,15
4	15333	326,15
5	18767	331,15
6	23633	336,15
7	30067	341,15
8	37177	346,15
9	48200	351,15
10	63500	354,15

Bei 86°C fing die Substanz an bei Umgebungsdruck zu siedern.

5 Auswertung

5.1 Dampfdruckkurve

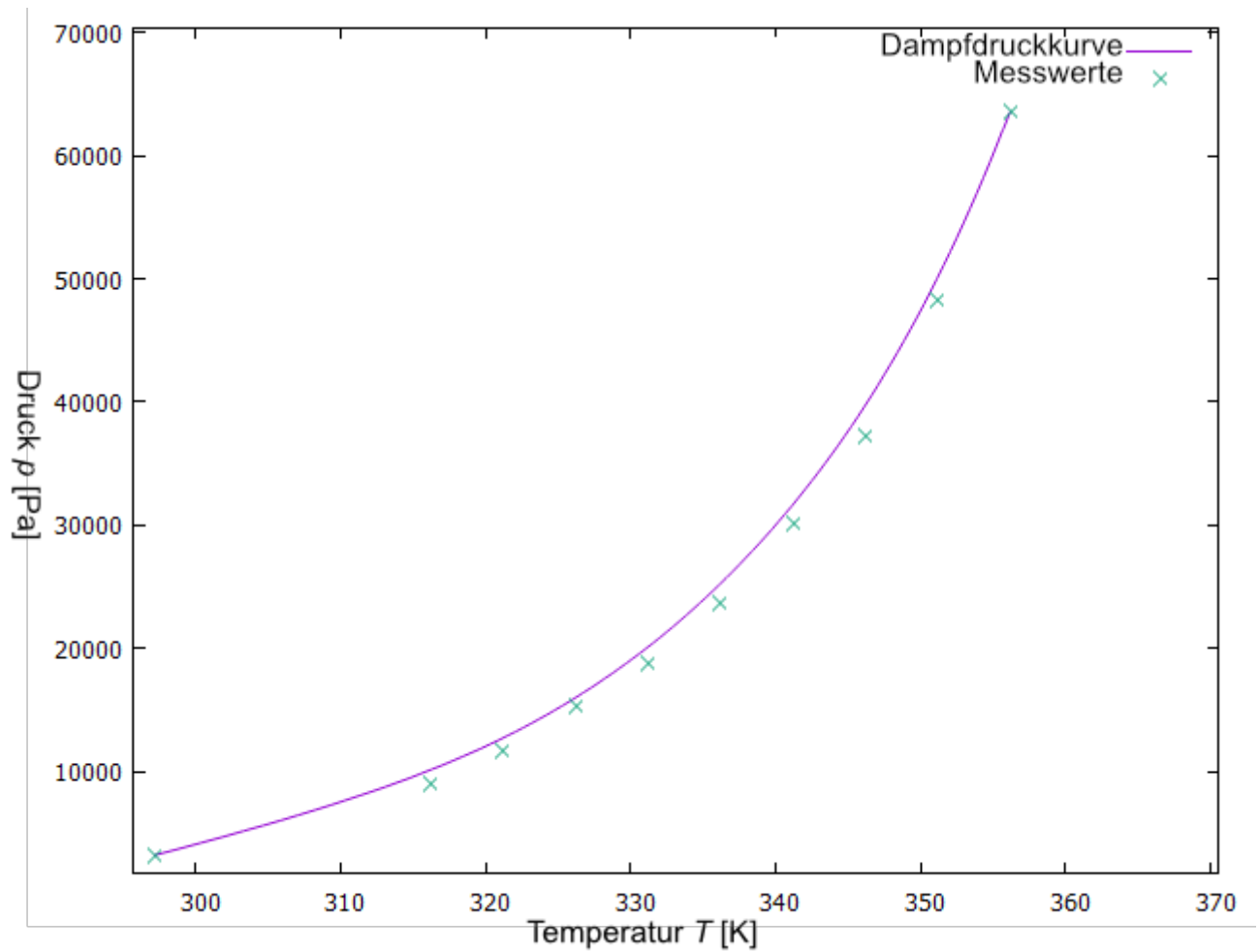


Abb.1: Dampfdruckkurve der unbekannten Substanz.

In Abb. 2 wird der $\ln\left(\frac{p}{p^0}\right)$ gegen $\frac{1}{T}$ aufgetragen.

$$\ln\left(\frac{p}{p^0}\right) = \ln\left(\frac{3200 \text{ Pa}}{1 \text{ Pa}}\right) \approx 8,0709 \quad (8)$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{297,15 \text{ K}} \approx 0,00337 \frac{1}{\text{K}} \quad (9)$$

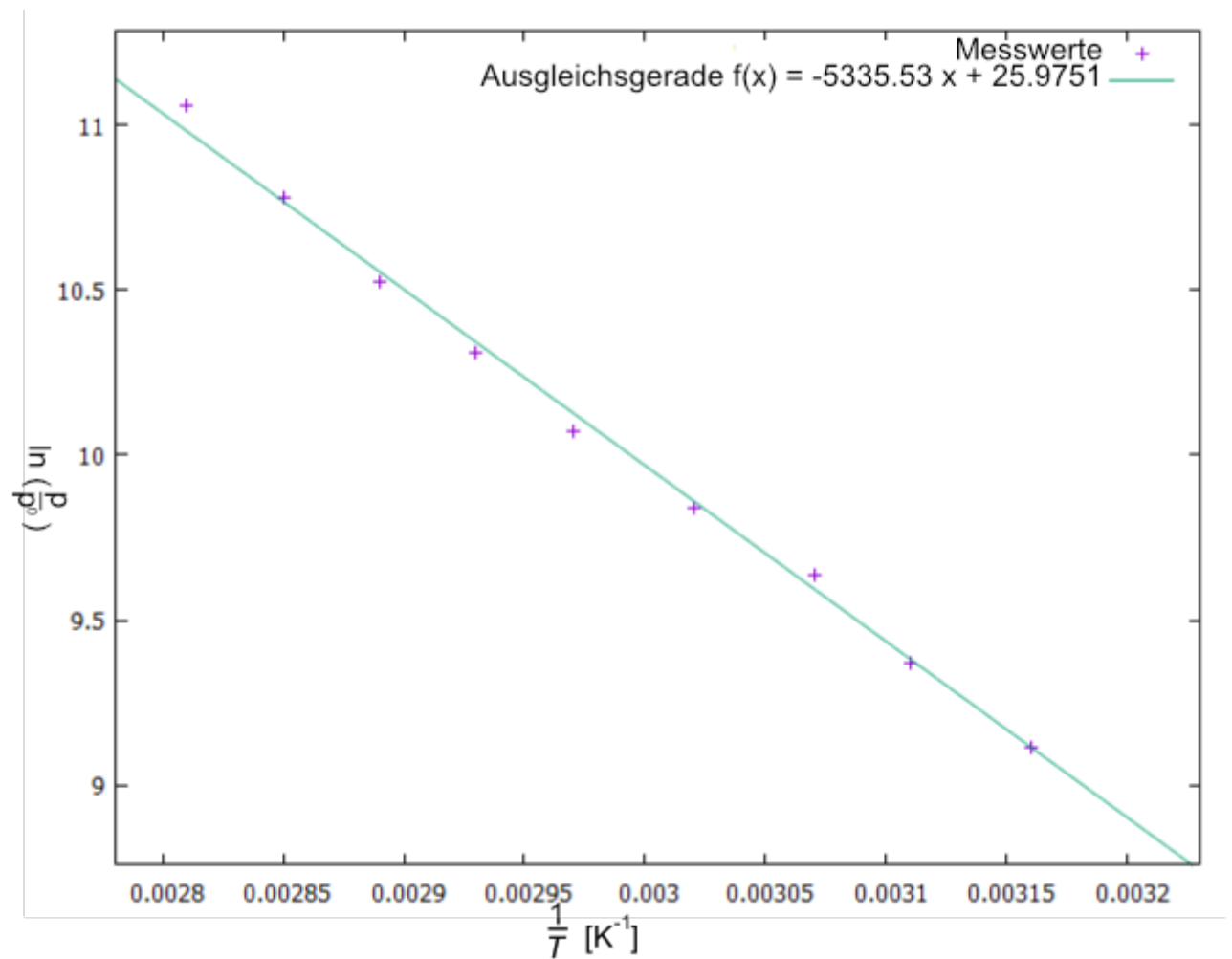


Abb.2: $\ln\left(\frac{p}{p^0}\right)$ gegen $\frac{1}{T}$ bei der unbekannten Substanz mit Ausgleichsgeradenwe.

Zwischen Gleichung (7)

$$\ln\left(\frac{p}{p^0}\right) = -\frac{\Delta_V H_m}{RT} + C \quad (10)$$

und der Ausgleichsgeraden besteht folgender Zusammenhang:

$$m = -\frac{\Delta_V H_m}{R} \quad (11)$$

$$5335,53 \text{ K} = \frac{\Delta_V H_m}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}} \quad (12)$$

$$\Delta_V H_m = 44,3623 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \quad (13)$$

5.2 Siedetemperatur

Die Siedetemperatur wird durch Umstellen von Gleichung (7) nach T und dem Einsetzen von den jeweiligen Bedingungen berechnet.

$$T = -\frac{\Delta_V H_m}{R \left(\ln \left(\frac{p}{p^0} \right) - C \right)} \quad (14)$$

Mit $C = 25,9751$ und $p = 97800 \text{ Pa}$ ergibt dies:

$$T = -\frac{44362,3 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \left(\ln \left(\frac{97800 \text{ Pa}}{1 \text{ Pa}} \right) - 25,9751 \right)} \approx 368,36 \text{ K} \quad (15)$$

Unter Standardbedingungen $p = 101325 \text{ Pa}$ ergibt sich:

$$T = -\frac{44362,3 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \left(\ln \left(\frac{101325 \text{ Pa}}{1 \text{ Pa}} \right) - 25,9751 \right)} \approx 369,27 \text{ K} \quad (16)$$

5.3 Vergleich Literatur

Vergleicht man den errechneten Wert $\Delta_V H_m = 44,3623 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ mit dem Literaturwert $\Delta_V H_m(\text{n-Propanol}) = 43,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}^{[2]}$, so fällt die Abweichung auf

$$d = \frac{\Delta_V H_m - \Delta_V H_m(\text{n-Propanol})}{\Delta_V H_m} = \frac{44,3623 - 43,6}{44,3623} \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \approx 0,0172 = 1,72\% \quad (17)$$

Somit wird davon ausgegangen, dass es sich bei der Unbekannten Substanz um n-Propanol handelt.

Vergleicht man die gemessene Siedetemperatur mit dem Literaturwert, so ergibt sich eine Abweichung von:

$$\frac{97C^{[3]} - 86C}{97C} = 0.1134 = 11.34\% \quad (18)$$

6 Fehler

6.1 Fehlerbetrachtung

Zu den Fehlerquellen lassen sich sowohl Ungenauigkeiten des Messprinzips zählen, so wie die jeweiligen Abweichungen, welche Gerätbedingt sind. Zudem ist ein menschlicher Fehler beim Ablesen der Werte so wie beim Arbeiten nicht zu vernachlässigen. Durch die Annahmen, dass es sich um ein ideales Gas handle und das Volumen der Flüssigkeit zu

vernachlässigen ist, die für die Verwendung der Gleichungen gegeben sein müssen, kann es auch zu Abweichungen gegenüber der Realität kommen. Ebenso konnte nicht sichergestellt werden, dass sowohl die Substanz als auch die Apparatur frei von Verunreinigungen ist.

6.2 Fehlerrechnung

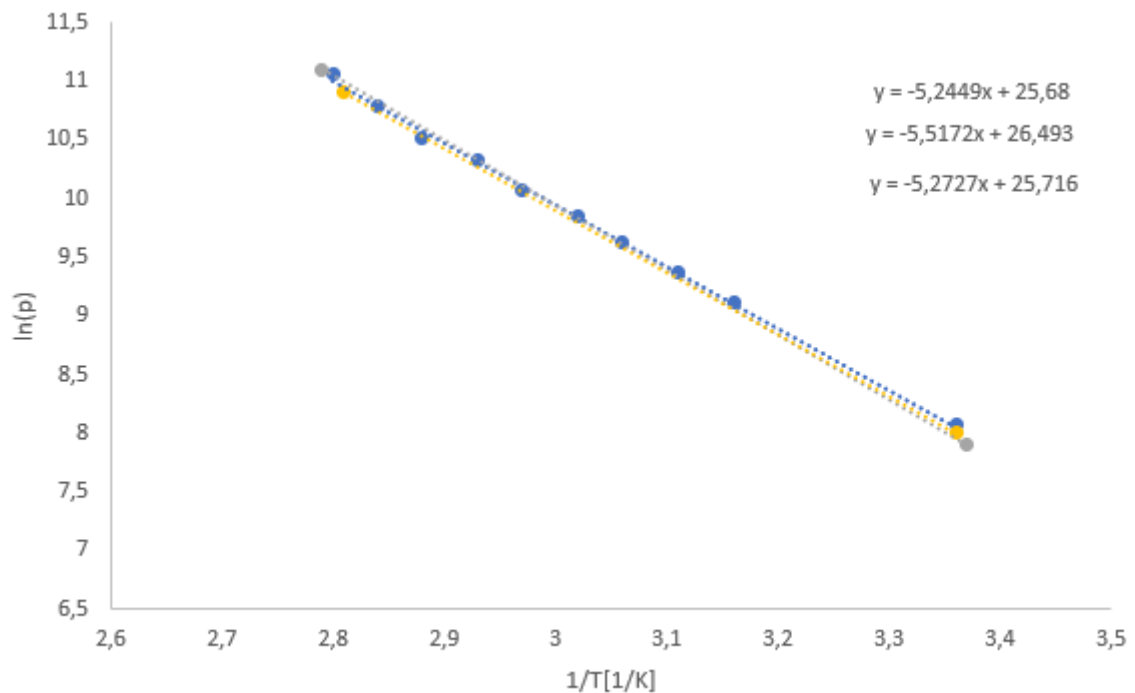


Abb.3: $\ln(p)$ über $\frac{1}{K}$ aufgetragen mit minimaler und maximaler Abweichung.

Durch die Nutzung der RGP-Funktion in Excel, können die Minima der jeweiligen zu betrachtenden Werte von den Maxima abgezogen werden um eine maximale Abweichung zu finden, dieser Wert wird vorher noch durch 2 geteilt um einen Mittelwert der Abweichung zu ermitteln.

$$\Delta m = \left| \frac{m_{\max} - m_{\min}}{2} \right| \quad (19)$$

$$= \left| \frac{(-5.5172) - (-5.2449)}{2} \right| \quad (20)$$

$$= 0.13615 \quad (21)$$

Analog wird ΔC berechnet. Für die Ungenauigkeit des Drucks Δp wird 0,5 mbar

angenommen. Für die Steigung ergibt sich ein Fehler $\Delta m = 0.13615$. Für den y-Achsenabschnitt ergibt sich ein Fehler von $\Delta C = 0,4065$.

$$\Delta T = \left(\frac{\partial T}{\partial m} \right) \Delta m + \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right) \Delta p + \left(\frac{\partial T}{\partial C} \right) \Delta C \quad (22)$$

$$= \left| \frac{1}{\ln \left(\frac{p}{p^0} \right) - C} \right| \Delta m + \left| \frac{m}{p \left(\ln \left(\frac{p}{p^0} \right) - C \right)^2} \right| \Delta p + \left| \frac{m}{\left(\ln \left(\frac{p}{p^0} \right) - C \right)^2} \right| \Delta C \quad (23)$$

Der Fehler beträgt somit bei den aufgezeichneten Bedingungen:

$$\begin{aligned} \Delta T &= \left| \frac{1}{\ln(97800) - 25,9751} \right| \cdot 0.13615 + \left| \frac{-5335,53 \text{ K}}{97800 \text{ Pa} (\ln(97800) - 25,9751)^2} \right| \cdot 0,5 \\ &+ \left| \frac{-5335,53 \text{ K}}{(\ln(97800) - 25,9751)^2} \right| \cdot 0,4065 \\ &= 10.3475 \text{ K} \end{aligned}$$

Somit wäre die Siedetemperatur bei Versuchsbedingungen

$$T_{\text{Versuchsbedingungen}} = 368,36 \pm 10.35 \text{ K.}$$

Bei Standardbedingungen beträgt der Fehler:

$$\begin{aligned} \Delta T &= \left| \frac{1}{\ln(101325) - 25,9751} \right| \cdot 0.13615 + \left| \frac{-5335,53 \text{ K}}{101325 \text{ Pa} (\ln(101325) - 25,9751)^2} \right| \cdot 0,5 \\ &+ \left| \frac{-5335,53 \text{ K}}{(\ln(101325) - 25,9751)^2} \right| \cdot 0,4065 \\ &= 10.4001 \text{ K} \end{aligned}$$

Somit wäre die Siedetemperatur bei Standardbedingungen

$$T_{\text{Standardbedingungen}} = 369,27 \pm 10.40 \text{ K.}$$

Für den Fehler der Verdampfungsenthalpie wird Gleichung (11) nach $\Delta_V H_m$ umgestellt.

$$\Delta_V H_m = -Rm \quad (24)$$

Diese abgeleitet nach m und multipliziert mit dem Fehler Δm ergibt dann den anzuneh-

menden Fehler.

$$\begin{aligned}\Delta(\Delta_V H_m) &= \left| \frac{d\Delta_V H_m}{dm} \right| \Delta m \\ &= \left| \frac{d(-Rm)}{dm} \right| \Delta m \\ &= |-R| \Delta m \\ &= 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 0.13615 \\ &= 1.1320 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\end{aligned}$$

7 Zusammenfassung

Im Versuch wurde die Dampfdruckkurve und die Siedetemperatur einer unbekannten Substanz ermittelt. Für die Verdampfungsenthalpie ergibt sich $\Delta_V H_m = 44,36 \pm 1.1320 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$. Der Wert wurde mit den Literaturwerten der möglichen Substanzen verglichen. Es stellte sich heraus, dass es sich bei der unbekannten Substanz um n-Propanol handelt. Die Abweichung zum Literaturwert der Verdampfungsenthalpie von n-Propanol beträgt 1,72%. Bei der Abweichung der Gemessenen Siedetemperatur vom Literaturwert beträgt die Abweichung 11,34%.

8 Literatur

- [1] Skript: Versuch DK Dampfdruckkurve; Zuletzt aufgerufen: 19.06.2023
- [2] Webseite: <https://www.chemie.de/lexikon/Enthalpie.html>; Stand: 19.06.2023
- [3] Webseite: <https://www.chemie.de/lexikon/1-Propanol.html>; Stand: 19.06.2023