

Versuch 1: **Clausius-Clapeyron-Gleichung** durchgeführt am 27.05.2004

Zielsetzung:

Ziel des Versuches ist es, die molare Verdampfungsenthalpie von n-Pentanol anhand der Messung seines Dampfdruckes bei verschiedenen Temperaturen zu bestimmen.

Theoretischer Hintergrund:

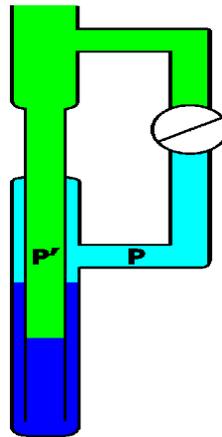
Die Gleichung von **Clausius** und **Clapeyron** setzt den Dampfdruck einer Substanz mit der Temperatur und der molaren Standardverdampfungsenthalpie in Relation zueinander. Sie lautet

$$\frac{\delta \ln p}{\delta \left(\frac{1}{T}\right)} = -\Delta \frac{H}{R}$$

mit dem Dampfdruck p , der Verdampfungsenthalpie H und der Gaskonstanten R .

In einem **Isoteniskop** soll bei definierten Außendrücken nahe dem Vollvakuum (ca. 5 – 10 mbar) eine Probe von n-Pentanol stufenweise erwärmt werden. Das Isoteniskop enthält eine Glasröhre, in welcher das Pentanol aufsteigt, falls sein Dampfdruck geringer ist als der Umgebungsdruck, umgekehrt sinkt der Flüssigkeitsspiegel, falls der Dampfdruck höher als der umgebende Druck ist. Mit Hilfe dieses Prinzips kann der Dampfdruck sehr leicht bestimmt werden. Man reguliert den Außendruck über Ab- oder Ansaugen von Atmosphäre so, dass der Stand in der Röhre genau dem Stand außerhalb der Röhre entspricht. Der Dampfdruck entspricht dann exakt dem in der Apparatur vorherrschenden Druck und kann über ein Manometer abgelesen werden. Anhand der Dampfdruck-Meßwerte soll die molare Verdampfungsenthalpie H bestimmt werden, wozu man sich der Clausius-Clapeyron-Gleichung bedient.

Schematischer Aufbau des Isoteniskops:



Es soll gelten: $P = P'$

Durchführung:

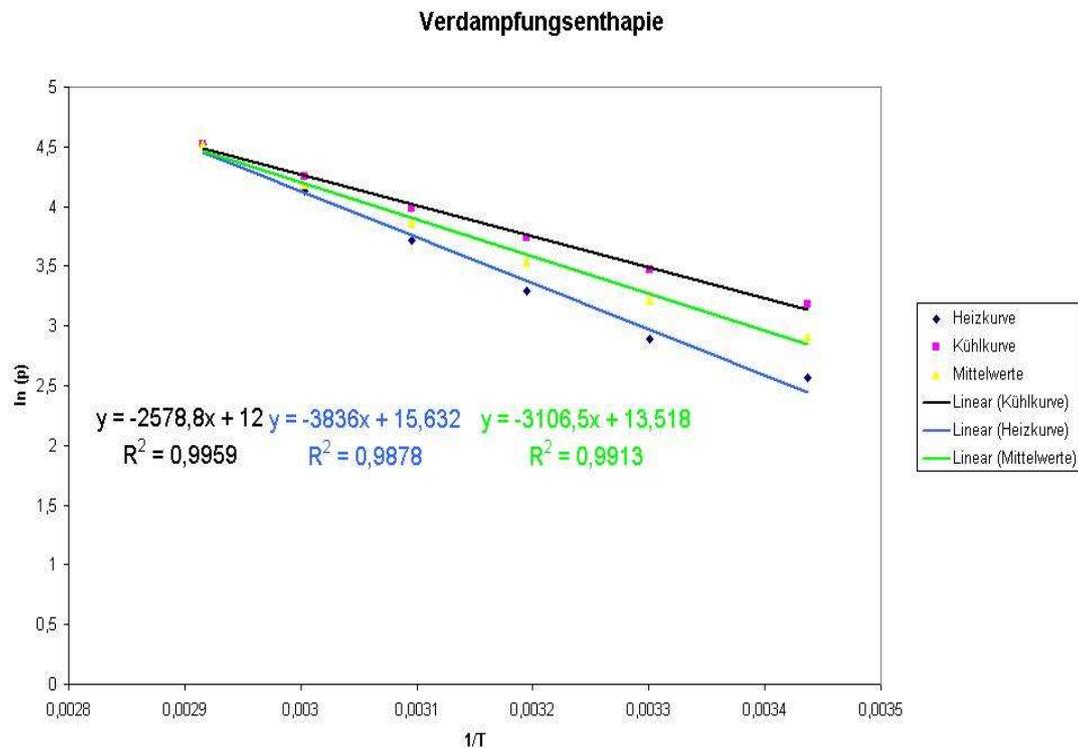
Wie im Praktikumsskript beschrieben, werden die Apparatur evakuiert und für jede Temperatur die Flüssigkeitsspiegel austariert, wobei zunächst in äquidistanten Schritten von je 10 °C ausgehend von Raumtemperatur bis auf 70 °C geheizt und anschließend analog bis auf Raumtemperatur abgekühlt wurde. Die Theorie lässt für den Aufheiz- wie auch den Abkühlvorgang identische Werte für den Dampfdruck des Pentanols erwarten.

Auswertung:

Folgende Messwerte wurden erhalten:

30	303	0,00330033	18	2,890371758
40	313	0,003194888	27	3,295836886
50	323	0,003095975	41	3,713572067
60	333	0,003003003	62	4,127134385
70	343	0,002915452	92	4,521788577
Kühlkurve				
Temperatur in °C	Temperatur in K	1/Temperatur in K	Druck p2 in mbar	ln (p)
70	343	0,002915452	92	4,521788577
60	333	0,003003003	70	4,248495242
50	323	0,003095975	54	3,988984047
40	313	0,003194888	42	3,737669618
30	303	0,00330033	32	3,465735903
18	291	0,003436426	24	3,17805383
Mittelwerte				
Temperatur in °C	Temperatur in K	1/Temperatur in K	Druck (p1+p2)/2 in mbar	ln ((p1+p2)/2)
18	291	0,003436426	18,5	2,917770732
30	303	0,00330033	25	3,218875825
40	313	0,003194888	34,5	3,540959324
50	323	0,003095975	47,5	3,860729711
60	333	0,003003003	66	4,189654742
70	343	0,002915452	92	4,521788577
Verdampfungsenthalpie				
	Steigung (m)	Gaskonstante (R)	- m*R = Hv [J]	
Heizkurve	-3836	8,31451	31894,46	
Kühlkurve	-2578,8	8,31451	21441,458	
Mittelwerte	-3106,5	8,31451	25829,025	
Siedetemperaturen				
	Geradengleichung	1/Ts	T [K]	
Heizkurve	y = -3836x + 15,632	0,002274	439,8	
Kühlkurve	y = -2578,8x + 12	0,001974	506,6	
Mittelwerte	y = -3106,5x + 13,518	0,00217	460,8	
				Lit: 411 K

Eine graphische Auftragung von $\ln(p)$ als Funktion von $1/T$ liefert folgenden Graphen:



Die graphische Darstellung zeigt noch deutlicher als die Tabelle, dass die Dampfdrücke beim Aufheizen und Abkühlen **nicht** identisch sind, was im Widerspruch zur Erwartung steht.

Die Abweichung kann dadurch begründet werden, dass im Falle des Aufheizens Pentanolmoleküle schneller in die Gasphase übertreten, als sie beim Abkühlen in die Flüssigkeitsphase rekondensieren. Durch die langsame Bildung des Gleichgewichtes ist für eine bestimmte Temperatur somit der Gasraum übersättigt mit Pentanol **und demzufolge** ist der Gasdruck **zu hoch**. Um diesen Fehler auszuräumen, müsste man eventuell sehr lange warten, um die Rekondensation vollständig (dem Gleichgewicht entsprechend) ablaufen zu lassen.

Für den Siedepunkt von n-Pentanol ergibt sich, gemittelt über die Aufheiz- und Abkühlkurve, der Wert von **T = 460,8 K**, was den Literaturwert übersteigt, er beträgt T = 411 K.

Aus der Multiplikation der negativen Geradensteigung mit der allgemeinen Gaskonstanten $R = 8,3145 \text{ J/Kmol}$ ergibt sich der Wert für die molare Verdampfungsenthalpie **H_v = 25,83 kJ/mol**. Ein Literaturwert konnte nicht gefunden werden.

v.d.Hoff
Wagner