

# Versuch P2 - 47,48,49: Ideales und reales Gas

## Auswertung

Von Jan Oertlin und Ingo Medebach

19. April 2010

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Jollysches Gasthermometer</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärme <math>\kappa</math> von Luft</b>	<b>2</b>
2.1	Nach Clement-Desormes . . . . .	2
2.2	$\kappa$ -Bestimmung nach der Methode von Rüchard . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Messung einer Dampfdruckkurve</b>	<b>4</b>

## 1 Jollysches Gasthermometer

Bei diesem Versuch haben wir zuerst die Höhe der Quecksilbersäule bei Zimmertemperatur gemessen ( $h = 140$  mm). Danach haben wir den Rezipienten in Eiswasser getaucht, damit das Gas im Rezipienten auf fast  $0^\circ\text{C}$  abgekühlt und die Höhe der Hg-Säule abgelesen ( $h = 78$  mm). Das gleiche haben wir gemacht, nachdem wir den Rezipienten über kochendem Wasser auf  $99^\circ\text{C}$  erhitzt haben ( $h = 252$  mm).

Außerdem haben wir noch den Umgebungsdruck gemessen ( $b = 999$  mBar).

Nun haben wir mit

$$\alpha = \frac{p_2 - p_1}{p_1 T_2}$$

den Spannungskoeffizienten berechnet. Dabei ist  $T_2 = 99^\circ\text{C}$  und  $p_1$  und  $p_2$  der Druck im Rezipienten, mit  $p_i = b + \Delta p_i$ . Der Spannungskoeffizient gibt an, wie der Druck eines Gases sich unter Temperaturänderung bei konstantem Volumen ändert.

Mit unseren Werten ergibt sich für  $\alpha$ :  $\alpha = 0,00255$

Die Celsius-Temperatur für den absoluten Nullpunkt bzw. für  $0$  K lässt sich mit  $T_0 = -\frac{1}{\alpha}$  berechnen. Mit unserem Wert für  $\alpha$  ergibt sich für  $T_0$ :  $T_0 = -392,16^\circ\text{C}$

Der wahre Wert<sup>1</sup> für den absoluten Nullpunkt liegt bei  $-273,15^\circ\text{C}$ . Also liegt unsere Temperatur um fast  $120$  K daneben. Wir vermuten als größte Fehlerquelle, dass wir die tatsächliche Temperatur des Gases im Rezipienten nicht messen konnten, sondern wir nur angenommen haben, dass sie gleich der des Eiswassers bzw. der des kochenden Wassers ist. Für einen bessere Wert sollte man die Temperatur innerhalb messen. Allerdings ist es auch von Nachteil, dass wir nur eine Messung vorgenommen haben. Mit mehreren Messungen könnte man die Abweichung etwas reduzieren.

## 2 Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärme $\kappa$ von Luft

### 2.1 Nach Clement-Desormes

Hier haben wir den Adiabatenkoeffizient  $\kappa$  nach der Methode von Clement-Desormes bestimmt. Dazu haben wir in ein großen Behälter einen kleinen Überdruck  $\Delta p_1$  erzeugt und gemessen. Anschließend haben wir den Behälter kurz geöffnet, um einen Druckausgleich mit dem Umgebungsdruck  $b$  zu machen. Wir haben als Öffnungszeiten  $3$  s und  $5$  s gewählt. Nach dem Druckausgleich haben wir das Gefäß wieder geschlossen. Die Temperatur im Gefäß glich sich langsam der der Umgebung wieder an und der Druck stieg dabei auf  $p = b + \Delta p_2$ . Wir haben bei verschiedenen Zeiten die Druckänderung gemessen.

Wir können mit

$$\kappa = \frac{\Delta p_1}{\Delta p_1 - \Delta p_2}$$

den Adiabatenkoeffizienten bestimmen.

---

<sup>1</sup>Quelle: 16.04.2010, 15:47 Uhr, [http://de.wikipedia.org/wiki/Absoluter\\_Nullpunkt](http://de.wikipedia.org/wiki/Absoluter_Nullpunkt)

Unsere Werte lauten:

Öffnungszeit	5 s			3 s					
$\Delta p_1$ in Pa	6912,13			5449,95					
Wartezeit in Min.	10	15	2,5	5	7,5	10	12,5	15	22,5
$\Delta p_2$ in Pa	797,55	664,63	1063,40	1063,40	930,48	930,48	797,55	664,63	664,63
$\kappa$	1,13	1,11	1,24	1,24	1,21	1,21	1,17	1,14	1,14

Aufgrund der verschiedenen Messungen und den Messwerten können wir davon ausgehen, dass die Entspannung ausreichend adiabat abgelaufen ist, und wir somit unsere Formeln benutzen dürfen. Als gemittelter Wert für unseren Adiabatenkoeffizient erhalten wir  $\kappa = 1,18$ . Theoretisch<sup>2</sup> sollte er bei  $\kappa_{theoretisch} = 1,4$  liegen. Die Abweichung könnte am Versuchsaufbau liegen. Die Dichtigkeit der verwendeten Bauteile könnten eventuell nicht optimal gewesen sein. Das Ablesen war ebenfalls nicht sehr genau, da wir nicht mit einem Spiegel den Parallaxefehler minimieren konnten. Außerdem konnten wir auf Grund der Durchführdauer, nur relativ wenige Daten messen.

## 2.2 $\kappa$ -Bestimmung nach der Methode von Rüchard

Bei diesem Versuch hatten wir so unsere Probleme: Trotz vielen Putzdem der Kugel und des Rohres ist die Kugel meist am Anfang oder mitten im Rohr stecken geblieben. Ebenfalls ist sie trotz mehrfacher Überprüfung der Stopfen durchgefallen. Wir haben es (mit Hilfe) jedoch dann hinbekommen, fünf Messwerte aufzunehmen:

Messung	1	2	3	4	5
Perioden	10	12	14	12	7
Dauer in s	10,96	12,68	15,43	11,69	8,02
Periodendauer in s	1,10	1,06	1,10	0,97	1,15

Dann haben wir über die Periodendauer gemittelt und haben  $\bar{T} = 1,07$  s erhalten. Dann haben wir  $\kappa$  mit der Formel

$$\kappa = 4\pi^2 \frac{mV_0}{\bar{T}^2 A^2 p_0}$$

ermittelt, wobei  $A$  die Kugelquerschnittsfläche ist.  $\kappa$  ist mit unseren Messwerten  $\kappa = 1,48$ .

Hier sind wir schon recht nahe am wahren Wert von 1,40. Fehlerquellen bei diesem Versuch sind wie schon oben beschrieben mangelnde Abdichtung und eine nicht genügend gereinigte Kugel und Rohr. Außerdem ist die Zeitmessung recht Fehleranfällig, aufgrund der menschlichen Reaktionszeit. Im Gegensatz zum Versuch **2.1.** ließ sich, wie man an den Werten sehen kann, hier bessere Messdaten aufnehmen. Dies liegt vermutlich daran, dass hier der Versuch gut zu messen war, vor allem da die Dauer einer Messung deutlich geringer ist.

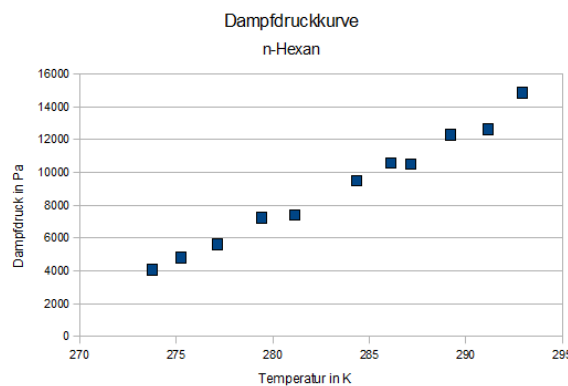
<sup>2</sup>Quelle: 16.04.2010, 16:16 Uhr, <http://de.wikipedia.org/wiki/Isentropenexponent>

### 3 Messung einer Dampfdruckkurve

Hier sollten wir die Dampfdruckkurve einer Flüssigkeit zwischen Zimmertemperatur und 0°C messen. Aus der Dampfdruckkurve berechnen wir die Verdampfungswärme.

Wir haben ein Glas Wasser mit Eis auf fast 0°C abgekühlt und die ersten Messwerte aufgenommen. Anschließend haben wir versucht in 2°C Schritten die Temperatur zu erhöhen bis wir 20°C erreicht haben. Wir haben bei dem U-Rohr, in dem Quecksilber war, auf beiden Seiten die Höhe gemessen. Über die Differenz der beiden Höhen der Quecksilbersäule haben wir die Druckänderung berechnen. Zu diesem Druck müssen wir noch den Sattedampfdruck von n-Hexan bei Zimmertemperatur addieren. Als Werte erhalten wir:

Temperatur in K	Druck in Pa
273,73	4077,19
275,23	4821,58
277,13	5619,13
279,43	7240,82
281,13	7426,92
284,33	9513,85
286,13	10563,96
287,13	10504,14
289,23	12311,93
291,13	12637,60
292,93	14864,10

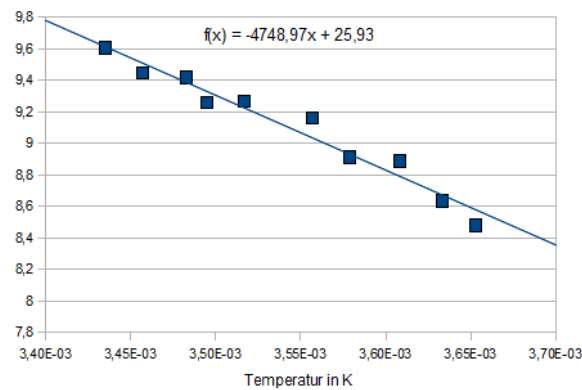


Um die Verdampfungswärme leichter zu bestimmen, tragen wir  $\ln(\frac{p}{p_0})$  über  $\frac{1}{T}$  auf. Für  $p_0$  benutzen wir 1 Pa, damit das Argument im Logarithmus einheitenlos ist. Über die Steigung  $M$  der Trendline können wir nun die Verdampfungswärme berechnen.

Es gilt:

$$\Lambda = -R \ln \frac{p}{p_0} \cdot T$$

$$\Lambda = -R \cdot M$$



Wir erhalten als Steigung den Wert  $M = -4748,97$  und für die Verdampfungswärme dann also  $\Lambda = 39,48 \frac{kJ}{mol}$ . Der Literaturwert<sup>3</sup> liegt bei  $\Lambda = 30,1 \frac{kJ}{mol}$ . Die Abweichung könnte an den Messfehlern liegen. Da sich der Gleichgewichtszustand nicht sofort einstellt, kann es gut sein, dass unsere Messungen zu früh vorgenommen wurden. Außerdem war die Temperaturverteilung im Wasser nicht unbedingt homogen. Da hätte ein elektrisches Rührgerät wohl abhilfe geschafft.

<sup>3</sup>Physikalische Chemie: Auflage 4 von Peter W. Atkins, Julio de Paul