

Praktikumsprotokoll vom 22.01.03

Versuch 1: Adiabatenkoeffizient

Gruppe A10 Sven Siebler und Martin Podszus

1) Theoretische Grundlagen:

Aufgrund ihrer geringen Wärmekapazitäten und –leitfähigkeiten ist die isochore Bestimmung der Molwärmern von Gasen sehr schwierig. Um die Messung direkt durchführen zu können, benutzt man eine sog. Durchflussapparatur in der die Messung dann isobar durchgeführt wird. Da die direkte Messung sehr aufwendig ist, verwenden wir in unserem Fall eine indirekte Methode, in der wir uns den Effekt der Druckänderung zunutze machen.

Der erste Schritt besteht aus einer adiabatischen Expansion des Gases. Hierfür ergibt sich dann aus dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik:

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{\ln p_2 - \ln p_1}{\ln v_1 - \ln v_2}$$

Wir kennen allerdings die Volumina v_1 und v_2 nicht, da das Gas in den „freien Raum“ expandiert.

Deshalb wird das Gas nach der Expansion in einem zweiten Teilschritt isochor erwärmt. Somit lassen sich diese Größen mit Hilfe des idealen Gasgesetzes auf messbare Größen reduzieren.

Somit wird aus der o.g. Gleichung:

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{\ln p_2 - \ln p_1}{\ln p_3 - \ln p_1} = k$$

Eine graphische Auftragung von $\ln p_2 - \ln p_1$ gegen $\ln p_3 - \ln p_1$ liefert als Steigung somit den Adiabatenkoeffizienten k .

Über die Beziehung

$$R = c_p - c_v$$

lässt sich durch einfaches Umformen und Gleichsetzen ein Bezug zu den Molwärmern herstellen.

2) Versuchsdurchführung:

Es werden die Adiabatenkoeffizienten von Stickstoff, Argon und Kohlenstoffdioxid durch Druckmessungen ermittelt. Hierzu wird der jeweilige Glaskolben zuerst mit dem entsprechenden Gas gewaschen und dann mit einem Überdruck (p_1) befüllt. Wenn sich ein konstanter Druck eingestellt hat, wird auf Umgebungsdruck (p_2) ausgeglichen und anschließend gewartet bis sich durch Temperatenausgleich wieder ein konstanter Druck (p_3) einstellt.

Auf diese Weise werden jeweils 10 Werte für jedes Gas gemessen.

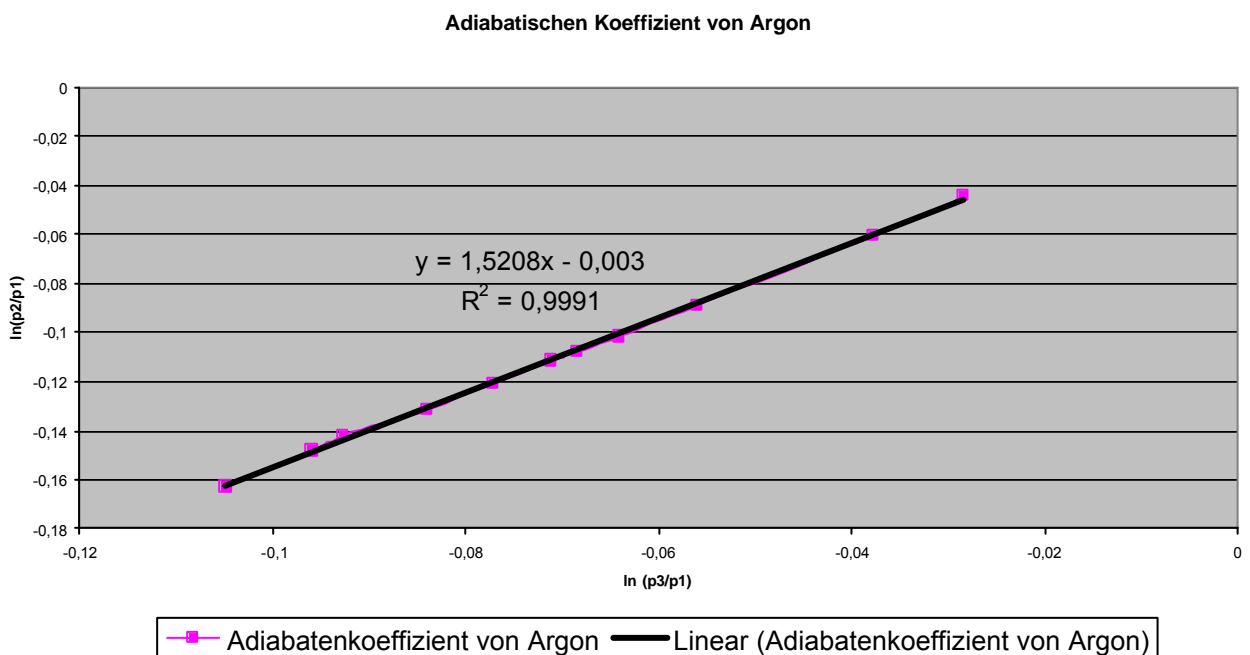
3) Messergebnisse und Auswertung:

Umgebungsdruck p2: 990mbar

Argon:

Druck p1 [mbar]	Druck p3 [mbar]	ln (p2/p1)	ln (p3/p1)
1165	1049	-0,16277142	-0,10488376
1148	1043	-0,14807163	-0,09592012
1141	1040	-0,14195541	-0,09268436
1129	1038	-0,13138262	-0,0840365
1117	1034	-0,12069686	-0,07721174
1107	1031	-0,11170399	-0,07112445
1103	1030	-0,10808408	-0,06847494
1096	1028	-0,10171752	-0,06405202
1082	1023	-0,08886152	-0,05607169
1052	1013	-0,06074345	-0,03777689
1035	1006	-0,04445176	-0,02841936

Die Graphische Auswertung $\ln p_2 - \ln p_1$ gegen $\ln p_3 - \ln p_1$ ergibt:



Aus der Steigung der Geraden ermitteln wir nun den Adiabatenkoeffizienten k :

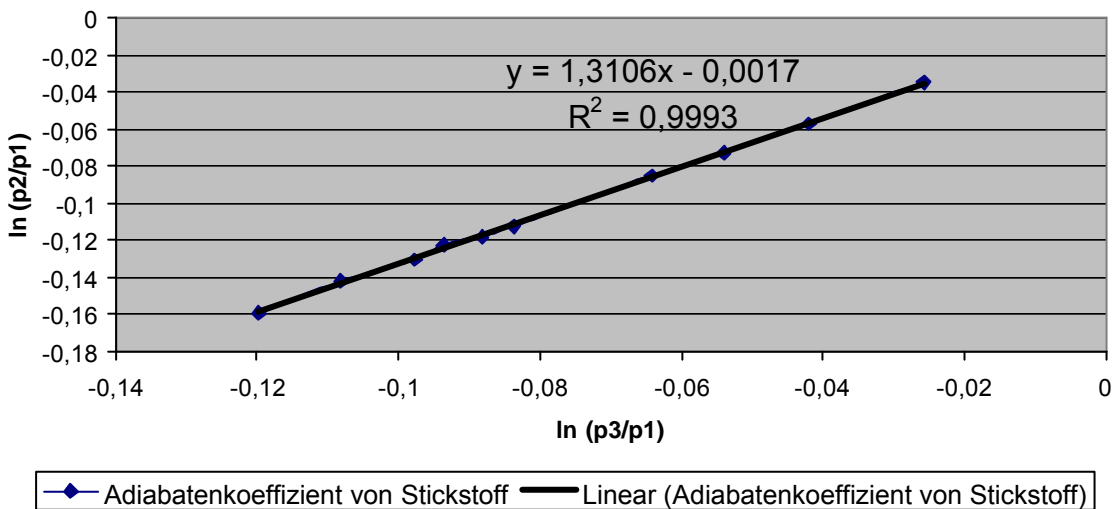
$$m = 1,5208 = k$$

Stickstoff:

Druck p1 [mbar]	Druck p3 [mbar]	ln (p2/p1)	ln (p3/p1)
1161	1030	-0,15933204	-0,1197229
1141	1024	-0,14195541	-0,10818854
1128	1023	-0,13049649	-0,09770667
1119	1019	-0,12248577	-0,09361368
1114	1020	-0,11800748	-0,08815451
1108	1019	-0,11260692	-0,08373483
1078	1011	-0,08515781	-0,06416753
1065	1009	-0,07302514	-0,05401506
1048	1005	-0,05693392	-0,04189604
1025	999	-0,03474295	-0,02569311

Graphische Auswertung:

Adiabatenkoeffizient von Stickstoff



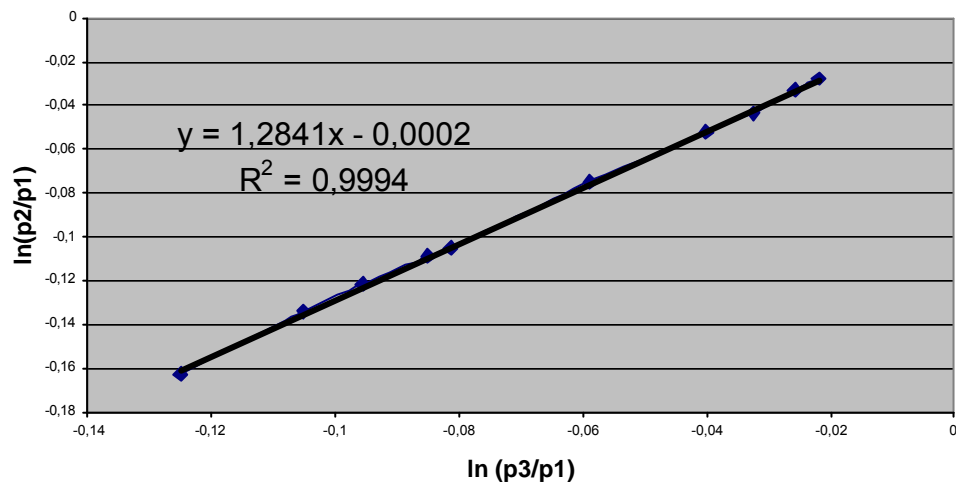
$$m = 1,3106 = k$$

Kohlenstoffdioxid:

Druck p1	Druck p3	ln (p2/p1)	ln (p3/p1)
1165	1028	-0,16277142	-0,12510592
1132	1019	-0,134036	-0,105164
1118	1016	-0,121592	-0,095668
1104	1014	-0,10899	-0,085037
1100	1014	-0,105361	-0,081407
1067	1006	-0,074901	-0,058869
1043	1002	-0,052152	-0,040103
1034	1001	-0,043485	-0,032435
1023	997	-0,03279	-0,025744
1018	996	-0,02789	-0,021848

Graphische Auswertung:

Adiabatenkoeffizient von CO2



—◆— Adiabatenkoeffizient von CO2 — Linear (Adiabatenkoeffizient von CO2)

$$m = 1,2841 = k$$

Als erstes wurden die Standardabweichungen der drei Regressionsgeraden bestimmt. Dies geschieht mit Hilfe folgender Formel:

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - b \cdot \sum y - m \cdot \sum xy}{n - 2}}$$

m = Steigung der Regressionsgeraden

b = Y-Achsenabschnitt

n = Zahl der Messwerte

Aus diesen Werten wurde dann der Fehler der Steigung und somit von k berechnet:

$$S_m = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}}}, \text{ wobei } S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

Wir erhalten folgende Fehler:

$$\text{Argon: } S_m = \pm 0,0267$$

$$\text{Stickstoff: } S_m = \pm 0,0234$$

$$\text{Kohlenstoffdioxid: } S_m = \pm 0,0038$$

Berechnung von c_p und c_v :

Es gilt:

$$R = c_p - c_v \text{ und } k = \frac{c_p}{c_v}$$

Wir erhalten durch Umstellung und einsetzen:

$$c_v = \frac{R}{k-1} \text{ und } c_p = \frac{R \cdot k}{k-1}$$

Wir erhalten also:

Gas	k	c_p [$\frac{J}{K \cdot mol}$]	c_{plit}^1 [$\frac{J}{K \cdot mol}$]	Abweichung g c_p von c_{plit}	c_v [$\frac{J}{K \cdot mol}$]	c_{vlit}^2 [$\frac{J}{K \cdot mol}$]	Abweichung g c_v von c_{vlit}
Ar	1,5208 $\pm 0,0267$	24,278	20,786	16,8%	15,964	12,472	28%
N ₂	1,3106 $\pm 0,0234$	35,082	29,125	20,45%	26,768	20,811	28,62%
CO 2	1,2841 $\pm 0,0038$	37,578	37,11	1,26%	29,264	28,796	1,63%

4) Fehlerbetrachtung:

Wie aus unserer Fehlerberechnung ersichtlich wird, sind unsere k Werte mit einem recht geringen Fehler behaftet. Da die zu vergleichenden Wärmekapazitäten dennoch ziemlich stark von den Literaturwerten abweichen, handelt es sich hierbei um einen systematischen Fehler.

Dieser lässt sich vielleicht am besten dadurch erklären, dass bei der Berechnung von c_p bzw. c_v ideales Verhalten vorausgesetzt wird. Dies ist aber natürlich nicht gegeben. Da wir nicht wissen auf welcher Grundlage die Literaturwerte berechnet worden sind, könnte dieser Fehler hiermit erklärbar sein, wenn in diesen Berechnungen reales Verhalten berücksichtigt wurde.

Es fällt allerdings besonders auf, dass gerade der Fehler von Kohlenstoffdioxid sehr klein ausfällt.

¹ Aus Atkins: Physikalische Chemie dritte Auflage Tab2.12

² berechnet aus den c_{plit} Werten nach: $R=c_p-c_v$

Uns ist leider keine wirklich passende Erklärung für dieses Phänomen eingefallen. Aufgrund des geringen Fehlers von k ist ein statistischer Messfehler nahezu auszuschließen, allerdings sind wir uns über einen systematischen Fehler nicht im klaren, da die Messung analog zu den vorherigen mit denselben Geräten durchgeführt wurden.