Boeddinghaus, Magdalena
Fischer, Dennis

Gruppe Nr.: 09
Datum: 12.11.04

Versuch Nr. 11: Transportvorgänge in Gasen

Ziel des Versuches:

- Untersuchung der Abhängigkeit von Druck und Gasart zur Wärmeleitfähigkeit.
- Untersuchung der Wärmeleitfähigkeit eines binären Gasgemisches und Bestimmung dessen Gesetzmäßigkeiten.

Aufbau und Durchführung des Versuches:
Bei der Messung wird eine Messzelle, bestehend aus einem Glasrohr von 2 cm Außendurchmesser und 15 cm Länge verwendet. in ihrem Innerenbefindet sich ein dünner Heizdraht, der durch einen konstanten Stromfluß immer die gleiche Temeratur hat. Die Messzelle taucht in ein Eisbad mit einer konstanten Temperatur von 273 K ein. So entsteht durch Wärmetransport ein lineares Temperaturgefälle zwischen Heizdraht und Wand. Dabei ist die pro Sekunde zur Wand getragene Wärmemenge Q zu dem Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten proportional.

<u>Durchführung:</u>

Am Anfang wird eine Kalibrierkurve von Stickstoff erstellt. Dazu werden verschiedene Drücke eingestellt und die dazugehörige Wärmeleitfähigkeit abgelesen. Man beginnt mit einem Druck von ca. 400 Torr, welcher dann in kleinen Schritten durch abpumpen verringert wird. Hierbei ist zu beachten das acht Werte aus dem Bereich von 20 bis 1 Torr stammen.
Im zweiten Versuchsteil wird ein Gasgemisch aus N_2 und H_2 untersucht. Hierzu wird eine bekannte Menge an Stickstoff (zwischen 100 und 150 Torr) vorgelegt und in einen seperaten Kolben Wasserstoff gegeben. Für die Messung wird dann das Ventil zwischen den beiden Vorratsbehältern kurz geöffnet, das entstandene N_2 und H_2-Gemisch ca. 5 min homogenisiert und dann die neue Wärmeleitfähigkeit gemessen. Dieser Punkt wird mehrfach gemacht.

Boeddinghaus, Magdalena
Fischer, Dennis

Gruppe Nr.: 09
Datum: 12.11.04

p[Torr]	***U [mV]***	***U^2 [mV]^2***	***ΔU^2 [mV]^2***
372	477	227529	954
357	477	227529	954
339	477	227529	954
316	477	227529	954
294	477	227529	954
278	477	227529	954
257	477	227529	954
235	477	227529	954
215	480	230400	960
184	480	230400	960
165	480	230400	960
152	480	230400	960
129	479	229441	958
105	479	229441	958
87	478	228484	956
67	477	227529	954
48	475	225625	950
36	473	223729	946
27	470	220900	940

Aus dem Graphen erkennt man deutlich die Druckabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit des Stickstoffes. Im Bereich niedrigen Druckes zwischen 1 und 10 Torr erhält man aus dem Graphen eine stark lineare Steigung, die dann im Bereich zwischen 10 und 50 Torr abflacht und sich bei hohem Druck einem konstanten Wert annähert. Der Verlauf des Graphen entspricht der Erwartung. Erklären läßt sich das Verhalten der Wärmeleitfähigkeit inBezug auf den Druck, wenn man anstelle des Drucks die Teilchendichte betrachtet (Druck = Kraft pro Fläche).

In der Messzelle findet der Transport der Wärme durch Stoß der Teilchen untereinander statt.
Ein hoher Druck entspricht einer großen Teilchenzahl und einer geringen mittleren freien Weglänge. Ab dem Augenblick an dem die Teilchenzahldichte so klein wird, dass die Teilchen auf dem Weg vom Glühdraht zur Wand keine anderen Teilchen mehr stoßen, wird die mittlere freie Weglänge nur noch von der Gefäßdimension bestimmt. Damit ist die mittlere freie Weglänge nicht mehr vom Druck abhängig und hängt nur noch von der Anzahl der Teilchen und deren Geschwindigkeit ab, welche die Wärme transportieren.
Dies bedeutet: Je weniger Teilchen sich zwischen Draht und Wand befinden; also je geringer der Druck im Gefäß ist, desto geringer ist auch die Wärmeleitfähigkeit des Gases.

<u>Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Gasart:</u>

Im zweiten Versuchsteil besteht die Aufgabe in der Messung eines N_2/H_2-Gemisches. Erwartet wird eine lineare Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Gasart nach:

$$Q = a + b \cdot \gamma$$

Dabei wird angenommen, das die gesamte elektrische Leistung von dem Glühdraht in Wärmeenergie umgewandelt wird. Somit ist die Spannung ein Maß für die transportierte Wärmemenge und somit auch für die Wärmeleitfähigkeit.

Boeddinghaus, Magdalena
Fischer, Dennis

Berechnung der Werte:

$$p_{H_2} = p_{ges} - p_{N_2}$$

$$\Delta p_{H_2} = \sqrt{\left[\Delta p_{ges}^2 + \Delta p_{N_2}^2\right]} \qquad bei \Delta p_{N_2}^2 und \Delta p_{ges}^2 = \pm 2 Torr$$

$$\Delta p_{H_2} = \pm 2{,}8284 Torr$$

p_{ges} [Torr]	p_{N2} [Torr]	p_{H2} [Torr]	U [mV]	U^2 [mV^2]	Molenbruch H_2
125	125	0	482	232324	0,00
177	125	52	640	409600	0,29 ± 0,02
225	125	100	725	525625	0,44 ± 0,02
240	125	115	744	553536	0,48 ± 0,02
265	125	140	774	599076	0,53 ± 0,01
283	125	158	792	627264	0,56 ± 0,01
308	125	183	815	664225	0,59 ± 0,01

Der absolute Fehler des Molembruchs wurde nach der untenstehenden Formel ermittelt.

$$\left(\frac{\Delta p(H_2)}{p(H_2)} + \frac{\Delta p_{ges}}{p_{ges}}\right) \cdot \gamma_{H_2}$$

Diese Rechnung beruht darauf zwei Geraden durch die Fehlerbalken zu legen und dann daran eine mittlere Gerade zu erstellen. Dann mittelt man jeweils die Steigungen und die y-Achsenabschnitte dieser Geraden, wobei die Differenz der Steigungen bzw. der y Achsenabschnitt als Fehler der Ausgleichsgeraden durch die Punkte angenommen werden.

Die Grade mit der größten Steigung lautet:
y = 1407189,53x - 30969,34

Die Grade mit der größten Steigung lautet:
y = 1133623,22x + 98436,25

Die steigende Wärmeleitfähigkeit bei diesem Teilversuch ist daher zu erklären, da es im Verhältnis immer mehr H_2-Moleküle kommen, welche kleiner als die vom Stickstoff sind und so deren mittlere freie Weglänge nicht beeinflußt werden und so nur von der Gefäßdimension abhängig sind.

λ hängt vom Stoßquerschnitt der Steilchen ab:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \sigma \cdot N}} \text{ und } \sigma = \pi \cdot (r_1 + r_2)^2$$

Für die Abhängigkeit des Wärmeleitkoeffizienten von der Temperatur gilt:

$$\lambda^* = \frac{1}{2} \cdot C_v \cdot \bar{v} \cdot \lambda \cdot \frac{N}{N_A}$$

Weiter hin gilt:

$$C_V = \left(\frac{\delta U}{\delta T}\right)_{v_i, n_i} = \left(\frac{\delta Q}{\delta T}\right)_{v_i, n_i}$$

Damit ist dei erste Temperaturabhängigkeit bewiesen. Die mittlere Geschwindigkeit ist folgendermaßen definiert:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi \cdot \mu}}$$

Hiermit ist auch diese Größe von der Temperatur abhängig. Für λ gilt:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \upsilon \cdot N}$$

Da $N = \frac{p}{RT}$ ist auch hier eine Temperaturabhängigkeit gegeben.

Es ergibt sich also für den Wärmeleitkoeffizienten eine lineare Temperaturabhängigkeit.

In diesem Versuch sind die größten Fehler die Fehler beim Ablesen des Drucks. Der Fehler der Spannung U ist dagegen relativ gering. Aus diesen größeren Fehlern des Druckes ist allerdings bereits eine große Fehlerbehaftung der Werte ersichtlich.