

Praktikumsprotokoll

vom

28.05.2002

Thema: Temperatur und Wärme

Tutor: Arne Henning

Gruppe:

**Sven Siebler
Martin Podszus**

Versuch 1: Temperaturabhängigkeit des Gasdrucks bei konst. Volumen

1.1 Geräte:

Gasthermometer für konstantes Volumen, Thermostat, Barometer

1.2 Versuchsdurchführung

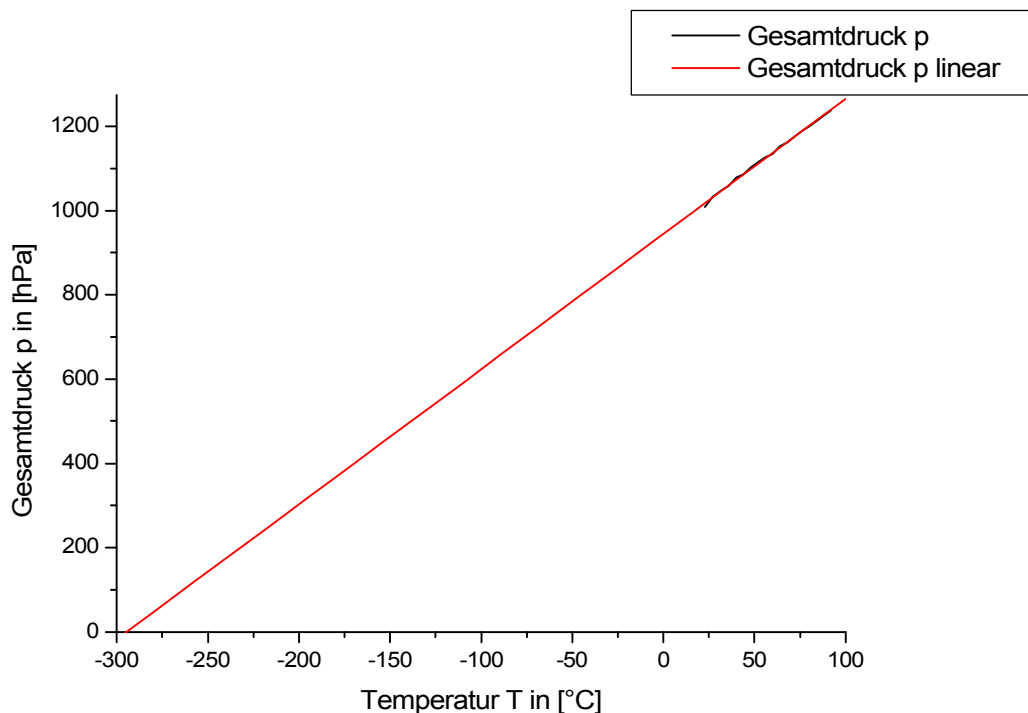
Mit Hilfe eines Gasthermometers wird die Veränderung des Druckes bei unterschiedlichen Temperaturen gemessen, indem die Temperatur durch einen Thermostaten in ca. 5°C Schritten erhöht wird und das Volumen des Gases konstant gehalten wird. (genaue Durchführung: siehe Skript 10-8)

1.3 Meßergebnisse:

T in [°C]	Hg-Säule in [mm]	Druckänderung in [Pa]	Gesamtdruck p in [hPa]
23	146,5	0,0	1007,80
27	165,0	2466,5	1032,46
32	176,5	3999,7	1047,80
36	184,5	5066,3	1058,46
40	199,0	6999,4	1077,79
44	205,5	7866,0	1086,46
48	217,5	9465,9	1102,46
52	227,0	10732,5	1115,12
56	236,0	11932,4	1127,12
60	242,0	12732,3	1135,12
64	255,0	14465,5	1152,45
68	262,0	15398,7	1161,79
72	272,0	16732,0	1175,12
76	282,0	18065,2	1188,45
80	290,0	19131,8	1199,12
84	300,0	20465,0	1212,45
88	310,0	21798,2	1225,78

Tab. 1: Gasdruck bei konst. Volumen

Graph 1:



1.4 Auswertung:

Aus den in Tab.1 erhaltenen Messwerten wird der Graph 1 konstruiert, indem der jeweilige Gesamtdruck gegen die Temperatur aufgetragen wird. Damit man auf den Schnittpunkt mit der Temperatur Achse extrapolieren kann, muß diese bis ca. -300°C verlängert werden.

Die Extrapolation erfolgt durch Umstellen der Geradengleichung:

$$y = 3,2075x + 944,52$$

$$x = \frac{-944,52}{3,2075} = -294,47, \quad \text{für } y = 0$$

Der Schnittpunkt liegt also bei $-294,47^{\circ}\text{C}$ (zur Erläuterung siehe Fehlerbetrachtung).

Weiterhin sollte aus der Steigung des Graphen der Spannungskoeffizient g berechnet werden. Er beträgt laut Geradengleichung also genau:

$$g = 3,2075$$

Der Y-Achsenabschnitt auf der p-Achse entspricht dem Druck, den das Gas bei 0°C haben würde.

$$y = 3,2075x + 944,52$$

$$y = 944,52, \quad \text{für } x = 0$$

Dieser Wert beträgt bei unserem Versuch also 944,52 hPa.

1.5 Fehlerbetrachtung:

Da der Druck des Gases von der Teilchenbewegung des Gases erzeugt wird bzw. von T abhängt, hätte man erwartet, daß der Schnittpunkt mit der X-Achse, indem der Druck des Gases genau Null wird, beim absoluten Nullpunkt liegen würde. Denn genau in diesem Punkt gibt es keine Teilchenbewegung mehr, ergo auch keinen Druck.

Der Schnittpunkt hätte also bei $-273,15^{\circ}\text{C}$ liegen müssen.

Desweiteren kann diese Behauptung durch die allgemeine Gasgleichung

$$p \cdot v = n \cdot R \cdot T$$

untermauert werden.

Man erkennt nämlich, daß der Druck des Gases nur bei 0K auf Null absinken würde, da alle anderen Faktoren der Gleichung Konstanten sind.

Unsere Messung war also ziemlich ungenau. Zum anderen kann unsere Messung auch nicht stimmen, da eine Temperatur von unter $-273,15^{\circ}\text{C}$ nicht zu erreichen ist (3. Hauptsatz der Thermodynamik).

Unsere Ergebnisse sind also mit einem ziemlich großen Fehler behaftet, der wahrscheinlich auf ungenaue Temperaturmessungen zurückzuführen ist. Vielleicht wurde auch nicht lange genug gewartet, bis das Gas sich den veränderten Temperaturbedingungen angepaßt hat.

Versuch 2: Temperaturabhängigkeit des Gasvolumens bei konstantem Druck

2.1 Geräte:

Gasthermometer für konstanten Druck, Thermostat

2.2 Versuchsdurchführung:

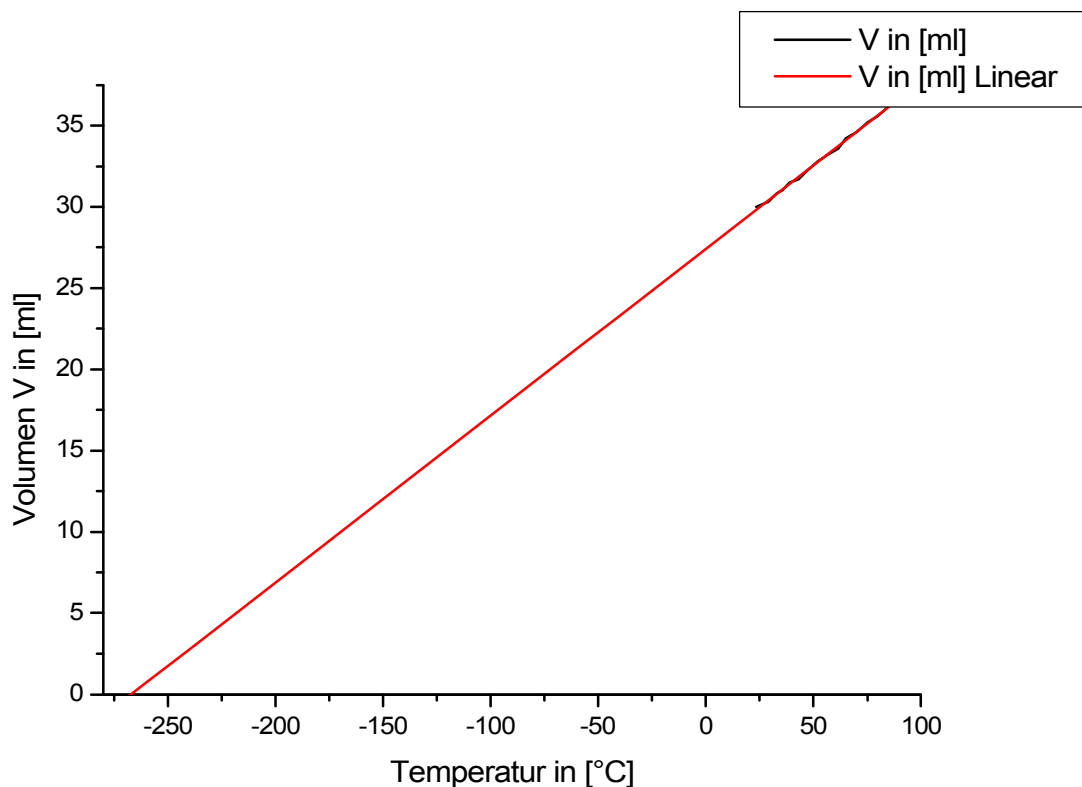
siehe Versuch 1, nur wird diesmal der Druck konstant gehalten und das jeweils veränderte Volumen gemessen.

2.3 Meßergebnisse:

T in [°C]	V in [ml]
23,5	30,0
29,0	30,3
33,0	30,8
35,5	31,0
39,0	31,5
43,0	31,7
47,0	32,2
52,0	32,8
56,5	33,2
61,5	33,6
65,0	34,2
70,0	34,6
75,0	35,2
80,0	35,6
85,0	36,2
90,0	36,6

Tab2: Gasvolumen bei konst Druck

Graph2:



2.4 Auswertung:

Aus den erhaltenen Daten wird wieder ein Graph konstruiert (Graph 2). Diesesmal wird das Volumen gegen die Temperatur aufgetragen und der Graph auf den Schnittpunkt mit der X-Achse extrapoliert. Die Extrapolation erfolgt wieder mit Hilfe der Geradengleichung:

$$y = 0,1028x + 27,403$$

$$x = \frac{-27,403}{0,1028} = -266,57, \quad \text{für } y = 0$$

Der Schnittpunkt liegt also bei $-266,56^\circ\text{C}$.

Weiterhin sollte der Ausdehnungskoeffizient g über die Steigung des Graphen bestimmt werden.

Dieser beträgt also:

$$g = 0,1028$$

Der Achsenabschnitt der Volumenachse gibt das Volumen des Gases bei 0°C an.

$$y = 0,1028x + 27,403$$

$$y = 27,403, \quad \text{für } x = 0$$

Das Volumen des Gases bei 0°C beträgt also 27,403 ml.

2.5 Fehlerbetrachtung:

Auch bei diesem Versuch hätte man erwartet, dass der Schnittpunkt des Graphen mit der Temperaturachse beim absoluten Nullpunkt liegt, da ein Volumen von Null nach der allgemeinen Gasgleichung

$$p \cdot v = n \cdot R \cdot T$$

nur bei einer Temperatur von 0K zu erreichen ist (analog zu Versuch 1). Das bedeutet natürlich auch, daß ein Gas niemals das Volumen Null einnehmen wird, da der absolute Nullpunkt nicht erreicht werden kann (vgl. Versuch 1).

Unser Ergebnis von $-266,56^\circ\text{C}$ kommt allerdings recht nah an das erwartete Ergebnis heran. Der Fehler dieses Versuches ist also nicht so groß wie im ersten Versuch.

Versuch 3: Bestimmung des Adiabatenkoeffizienten cp/cv

3.1 Geräte

Gasoszillator, Lichtschranke, Netzgerät, Frequenzmessgerät, Stoppuhr

3.2 Versuchsdurchführung:

Mit Hilfe der Rückhardt Methode soll der Adiabatenkoeffizient bestimmt werden. Hierzu verwendet man einen Versuchsaufbau wie im Skript 10-10 beschrieben.

3.3 Meßergebnisse und Auswertung:

Gerätedaten:

Masse m des Schwingers:	$4,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
Radius r :	$5,945 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
Volumen V des Kolben:	$1,1467 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Äußerer Luftdruck p_A :	1007,8 hPa
Schwingungsdauer	210,16 sec
Anzahl der Schwingungen	623

Aus der Anzahl der Schwingungen und der Schwingungsdauer errechnet man zunächst die Frequenz:

$$\frac{\text{Schwingungsdauer}}{\text{Anzahl Schwingungen}} = \frac{210,16\text{s}}{623} = 0,337\text{s}$$

Weiterhin benötigen wir zur Berechnung den inneren Gasdruck im Kolben. Dieser läßt sich durch folgende Formel berechnen:

$$p_I = p_A + \frac{m \cdot g}{p \cdot r^2}$$

wobei g die Erdbeschleunigung ist.

$$p_I = 1007,8 \text{ hPa} + \frac{4,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{\rho \cdot (5,945 \cdot 10^{-3})^2 \text{ m}^2}$$

$$p_I = 100780 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} + 406,4183 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

$$p_I = 101186,4183 \text{ Pa} \equiv 1011,86 \text{ hPa}$$

Der innere Druck beträgt also 1011,86 hPa.

Zur Bestimmung des Adiabatenkoeffizienten verwenden wir nun die Differentialgleichung des harmonischen Oszillators:

$$\ddot{x} + \frac{\rho^2 \cdot r^4 \cdot p_I \cdot k}{m \cdot V} \cdot x = 0$$

$$\ddot{x} = - \frac{\rho^2 \cdot r^4 \cdot p_I \cdot k}{m \cdot V} \cdot x$$

X ist dabei der Weg des Schwingers. Die zweite Ableitung dieses Weges entspricht einer Beschleunigung a. Nach dem Beschleunigungs-Zeit Gesetz:

$$a = -\omega^2 \cdot x, \text{ für } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

folgt für die obere Gleichung folgender Zusammenhang:

$$\omega^2 = \frac{\rho^2 \cdot r^4 \cdot p_I \cdot k}{m \cdot V}$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{\rho^2 \cdot r^4 \cdot p_I \cdot k}{m \cdot V}$$

$$k = \frac{4 \cdot m \cdot V}{T^2 \cdot r^4 \cdot p_I}$$

Durch einsetzen unserer Werte erhalten wir:

$$k = \frac{4 \cdot 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 1,1467 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,337^2 \text{ s}^2 \cdot (5,945 \cdot 10^{-3})^4 \text{ m}^4 \cdot 1011,86 \text{ hPa}} = 1,4699$$

Da sich alle Einheiten wegkürzen, ist dieser Koeffizient einheitenlos.

3.4 Fehlerbetrachtung

Laut Aufgabenstellung berechnen wir nun die Standardabweichung der Messung:

Gerätefehler:

Masse m des Schwingers:	$\pm 1 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$
Radius r:	$\pm 1 \cdot 10^{-5} \text{ m}$
Volumen V des Kolben:	$\pm 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
Äußerer Luftdruck p _A :	$\pm 20 \text{ Pa}$
Frequenz T	$\pm 0,5 \text{ sec}$

$$s_k = \sqrt{\left[\frac{dk}{dm} s_m\right]^2 + \left[\frac{dk}{dp} s_p\right]^2 + \left[\frac{dk}{dT} s_T\right]^2 + \left[\frac{dk}{dr} s_r\right]^2 + \left[\frac{dk}{dV} s_V\right]^2}$$

$$\frac{dk}{dm} = \frac{4 \cdot V}{T^2 \cdot r^4 \cdot p}; \quad \frac{dk}{dp} = -\frac{4 \cdot V \cdot m}{T^2 \cdot r^4 \cdot p^2}; \quad \frac{dk}{dT} = -\frac{8 \cdot V \cdot m}{T^3 \cdot r^4 \cdot p}$$

$$\frac{dk}{dr} = -\frac{16 \cdot V \cdot m}{T^2 \cdot r^5 \cdot p}; \quad \frac{dk}{dV} = \frac{4 \cdot m}{T^2 \cdot r^4 \cdot p}$$

$$s_k = \sqrt{\left[\frac{4 \cdot V}{T^2 \cdot r^4 \cdot p} \cdot s_m\right]^2 + \left[-\frac{4 \cdot V \cdot m}{T^2 \cdot r^4 \cdot p^2} \cdot s_p\right]^2 + \left[-\frac{8 \cdot V \cdot m}{T^3 \cdot r^4 \cdot p} \cdot s_T\right]^2 + \left[-\frac{16 \cdot V \cdot m}{T^2 \cdot r^5 \cdot p} \cdot s_r\right]^2 + \left[\frac{4 \cdot m}{T^2 \cdot r^4 \cdot p} \cdot s_V\right]^2}$$

$$s_k = \sqrt{1,02104 \cdot 10^{-7} + 8,4407 \cdot 10^{-8} + 4,85525 \cdot 10^{-15} + 9,78084 \cdot 10^{-5} + 1,64309 \cdot 10^{-6}}$$

$$s_k = 9,98188 \cdot 10^{-3}$$

Der Gesamtfehler unserer Messung beträgt also ungefähr $9,982 \cdot 10^{-3}$.

Die Größten Fehlerfaktoren sind laut Fehlerrechnung der Radius des Schwingers und das Volumen des Kolbens. Dies ist allerdings sehr überraschend, da diese nur einen relative kleinen Fehler haben. Es wäre zu erwarten gewesen, dass die Größten Fehler entweder vom Luftdruck oder von der Zeitmessung verursacht werden. Dies kann natürlich auch auf eine falsche Fehlerrechnung zurückzuführen sein. Ich konnte allerdings keinen Fehler entdecken.

Versuch 4: Spezifische Wärme eines Festkörpers

4.1 Theorie:

Da die spezifische Wärmekapazität von Feststoffen ist im Vergleich zu der von Wasser relativ klein. Im Klartext: Feststoffe nehmen, bei gleicher Menge Energiezufuhr, eine höhere Temperatur an als Wasser. In diesem Versuch soll die spezifische Wärmekapazität c eines Metallstückes bestimmt werden.

4.2 Geräteliste:

Dewargefäß (Kalorimetergefäß), Thermometer, Kochgefäß (Topf), Stoppuhr, Festkörper (Metallstück), Heizplatte

4.3 Aufbau: s. Skript

4.4 Durchführung:

Nachdem man das Leergewicht des Dewargefäßes (536,9 g) bestimmt hat, hängt man das Metallstück in das Gefäß und füllt mit Wasser auf, bis es vollkommen bedeckt ist. Nun wird das Metallstück wieder entfernt und seine Masse (m_{Metall} 65,6 g), die Masse des Wassers (m_{Wasser} 270 g) sowie dessen Temperatur (T_0 22,8 °C) gemessen. Das Metallstück wird nun auf 100 °C erhitzt und anschließend in das Dewargefäß eingebracht. Nun wird die Temperatur in gleichen Abständen gemessen, bis sie nicht mehr steigt. Gelegentliches Umrühren versteht sich von selbst.

4.5 Meßergebnisse:

t [s]	T [°C]
0	22,8
30	24,0
60	25,5
90	26,0
120	26,0
150	26,5
180	26,5
210	26,5
240	27,0
270	27,0
300	27,0

Tabelle 1 zu Versuch 10.2.4

4.6 Auswertung:

Die Energiebilanzgleichung dient dazu, die spezifische Wärmekapazität des Wassers zu berechnen:

Während sich das Wasser um 4,2 °C erwärmt, nimmt es Energie auf. Dies lässt sich über:

$$Q_{\text{Aufnahme}} = c_{\text{Wasser}} \cdot m_{\text{Wasser}} \cdot (T_1 - T_0) \text{ berechnen}$$

Das Metallstück kühlt sich währenddessen von 100°C auf die Endtemperatur ab und gibt dabei Energie ab:

$$Q_{\text{Abgabe}} = c_{\text{Festkörper}} \cdot m_{\text{Festkörper}} \cdot (T_1 - 100^\circ\text{C})$$

Aus dem Energieerhaltungssatz folgt:

$$c_{\text{Wasser}} \cdot m_{\text{Wasser}} \cdot (T_1 - T_0) = -c_{\text{Festkörper}} \cdot m_{\text{Festkörper}} \cdot (T_1 - 100^\circ\text{C}).$$

Nach Umformen ergibt sich:

$$c_{\text{Festkörper}} = -\frac{c_{\text{Wasser}} \cdot m_{\text{Wasser}} \cdot (T_1 - T_0)}{m_{\text{Festkörper}} \cdot (T_1 - 100^\circ\text{C})} = 0,96 \frac{\text{J}}{\text{gK}}$$

Die spezifische Wärmekapazität des Festkörpers beträgt also 0,96 J/gK.

4.7 Fazit:

Da wir nicht wissen um welches Metall es sich genau handelte ist ein Vergleich mit der Literatur nicht möglich und wir müssen darauf vertrauen, bei

dem Versuch keine groben Fehler gemacht zu haben. Auch wenn dem so sein sollte, ist jedoch deutlich zu erkennen, dass die spezifische Wärmekapazität von Metallen deutlich geringer ist als die von Wasser.

Es gibt mehrere große Fehlerquellen bei diesem Versuch. Neben den systematischen Fehlern der Waage und des Thermometers sind dies vor allem:

1. Das Arbeiten mit einem ungeeichten Dewargefäß. Daher können wir auch keine Aussage darüber machen, wie groß der Verlust an Wärme bzw. Energie ist, der durch die Aufnahme von Wärme durch die Gefäßwände bedingt ist.
2. Des weiteren haben wir mit dem Wärmekapazitätswert für Wasser bei 20 °C gerechnet. Unsere Anfangstemperatur lag jedoch bei 22,8 °C. Hier ergibt sich also eine Abweichung.
3. Es ist unmöglich das Metallstück in das Gefäß zu überführen, ohne dass es sich abkühlt. Die Temperatur liegt also nicht mehr genau bei 100 °C. Trotz der genannten Fehler lässt sich, wie bereits oben gesagt, der Unterschied in den Wärmekapazitäten zwischen Wasser und Feststoffen aufzeigen.

Versuch 5: Spezifische Schmelzwärme von Eis

5.1 Theorie:

In diesem Versuch soll die spezifische Schmelzwärme von Eis bestimmt werden.

5.2 Geräteliste:

Dewargefäß (Kalorimetergefäß), Thermometer, Becherglas, Eiswürfel, Wasser

5.3 Aufbau: s. Skript

5.4 Durchführung:

Durchführung analog Versuch 10.2.4.

Einziger Unterschied ist, dass hier Eiswürfel in das wassergefüllte Dewargefäß gegeben wird und abgewartet wird bis es komplett geschmolzen ist. Dann wird durch erneute Wägung die Menge des zugegebenen Eises bestimmt.

5.5 Meßergebnisse:

Kalorimeters leer: $m_0 = 576,8 \text{ g}$

Masse des eingefüllten Wassers: $m_{\text{wasser}} = 276,5 \text{ g}$

Anfangstemperatur im Kalorimeter: $T_0 = 20,3 \text{ }^\circ\text{C}$

Endtemperatur nach Schmelzen des Eises: $T_1 = 9,4 \text{ }^\circ\text{C}$

Masse des zugeführten Eises: $m_{\text{Eis}} = 41,9 \text{ g}$

5.6 Auswertung:

Für die Auswertung werden die Wärmeenergieübertragungen betrachtet, die zum Temperaturnausgleich zwischen Wasser und Eis führen. Dabei kann man sich folgende Teilschritte überlegen:

1. Zunächst wird das 0°C kalte Eis geschmolzen, d.h. aus $41,9 \text{ g}$ Eis werden $41,9 \text{ g}$ 0°C kaltes Wasser. Die hierzu aufgewendete Energie ist die Schmelzwärme von Eis l_f .

$$Q_{\text{schmelz}} = l_f \cdot m_E$$

2. Das geschmolzene Wasser erwärmt sich auf die Endtemperatur T_1 . Dazu ist nach der Formel für die Wärmeenergie folgender Energiebetrag nötig:

$$Q_{\text{erwärm}} = c_W \cdot m_E \cdot (T_1 - 0^\circ\text{C}),$$

wobei c_W die spezifische Wärmekapazität des Wassers ist (also diejenige Energie, die benötigt wird, um 1 g Wasser um $1 \text{ }^\circ\text{C}$ zu erwärmen).

3. Das zugegebene Eis nimmt folgenden Energiebetrag auf:

$$Q_{\text{auf}} = Q_{\text{schmelz}} + Q_{\text{erwärm}} = l_f \cdot m_E + c_W \cdot m_E \cdot (T_1 - 0^\circ\text{C})$$

4. Die aufgenommene Wärmeenergie muss nach dem Energieerhaltungssatz aus dem Wasser, das sich vorher im Dewar-Gefäß befand, stammen. Dabei wird die Energie, die das Dewargefäß aufnimmt vernachlässigt. Das Wasser liefert nach bekannter Formel folgende Wärmeenergie:

$$Q_{\text{ab}} = c_W \cdot m_w \cdot (T_1 - T_0)$$

5. Wegen des Energieerhaltungssatzes gilt:

$$Q_{\text{auf}} = -Q_{\text{ab}}$$

$$l_f \cdot m_E + c_W \cdot m_E \cdot (T_1 - 0^\circ\text{C}) = -(c_W \cdot m_w \cdot (T_1 - T_0))$$

$$\leftrightarrow l_f = [-(c_W \cdot m_w \cdot (T_1 - T_0)) - c_W \cdot m_E \cdot (T_1 - 0^\circ\text{C})] : m_E$$

$$l_f = 261,2 \text{ J/g} \rightarrow \text{Die spezifische Schmelzwärme von Eis beträgt } 261,2 \text{ J/g.}$$

Auf welche Temperatur könnte man mit der gleichen Wärmeenergie das erhaltene Schmelzwasser erwärmen?

Lösung: Es liegen 318,4 g Schmelzwasser bei 9,4°C vor. Würde man dem Wasser nun die spezifische Schmelzwärme von 261,2 J zuführen, so würde sich das Schmelzwasser auf folgende Temperatur erwärmen:

$$T_1 = T_{\text{schmelz}} + \frac{Q}{mC} = 9,6^\circ\text{C} \rightarrow \text{Das Schmelzwasser würde sich nur um etwa } 0,2^\circ\text{C} \text{ erwärmen.}$$

5.7 Fazit und Fehlerbetrachtung:

Verglichen mit dem Literaturwert für die Schmelzwärme von Eis ($l_{f, \text{lit.}} = 333,5 \text{ J/g}^1$) liegt der von uns ermittelte Wert ca 22% „daneben“. Diese doch relativ große Abweichung lässt sich neben den üblichen systematischen Fehlern (Ungenauigkeiten der Waage und des Thermometers) durch folgende Fehler erklären:

Wir haben mit nicht geeichten Dewargefäßen gearbeitet, und sind in der Auswertung davon ausgegangen, dass das Dewargefäß keine Wärmeenergie aufnimmt oder abgibt. Dies ist eine starke Vereinfachung, die zum großen Teil die Abweichung erklärt. Der Literaturwert bezieht sich auf Standarddruck. Unser Versuch fand jedoch bei 1008 hPa statt. Auch Substanzverluste während des Versuches, durch Verdampfen etc. führen zu einem abweichenden Ergebnis.

Versuch 6: Spezifische Verdampfungswärme von Wasser

6.1 Theorie:

In diesem Versuch soll die spezielle Verdampfungswärme von Wasser bestimmt werden. Da die direkte Bestimmung nur mit erheblichem technischen Aufwand möglich ist, messen wir stattdessen die betrags- und dimensionsgleiche spezifische Kondensationswärme von Wasser.

6.2 Geräteliste:

Kochgefäß, Dampfrohr mit Vorlage, Dewargefäß, Heizplatte oder Gasbrenner, Thermometer

6.3 Aufbau:

s. Skript

6.4 Durchführung:

Wasserdampf wird in ein mit Wasser gefülltes Dewargefäß, eingeleitet. Hier kondensiert er unter Abgabe seiner Kondensationswärme.

6.5 Meßergebnisse:

Gewicht des Kalorimeters: 730,2 g

Vor Dampfeinleitung:

Masse des Wassers M_w : 116,1 g

Temperatur des Wassers ϑ_0 : 26,4 °C

¹ Tipler, Paul A.: Physik. Spektrum Verlag: Heidelberg 1998, S. 512

Nach Dampfeinleitung:

Masse des Wassers M_D : 130,2 g

Temperatur des Wassers ϑ_1 : 85,4 °C

1. Der Dampf kühlt sich ab und kondensiert. D.h. aus „14,1 g“ Wasserdampf werden 14,1 g warmes Wasser. Dazu muss die Kondensationswärme von Wasserdampf l_d den Energiebetrag

$$Q_{\text{Kondensieren}} = l_d * m_w$$

aufwenden.

2. Das Kondenswasser kühlt auf die Endtemperatur von 85,4 °C ab. Dazu ist nach der Formel für die Wärmeenergie folgender Energiebetrag nötig:

$$Q_{\text{Abkühlung}} = c_w * m_w * (T_1 - 100^\circ\text{C}),$$

wobei c_w die spezifische Wärmekapazität des Wassers ist.

3. Insgesamt gibt das zugeführte Kondenswasser also folgenden Energiebetrag ab:

$$Q_{\text{ab}} = Q_{\text{Kondensieren}} + Q_{\text{Abkühlung}} = l_d * m_w + c_w * m_w * (T_1 - 100^\circ\text{C})$$

4. Diese abgegebene Wärmeenergie kann nach dem Energieerhaltungssatz nur dem Wasser, das sich vorher im Dewargefäß befand, zugeführt worden sein, wobei die Wärmeenergie, die dem Kalorimeter zugeführt wird, vernachlässigt wird. Das Wasser liefert nach bekannter Formel folgende Wärmeenergie:

$$Q_{\text{auf}} = c_w * m_w * (T_1 - T_0)$$

5. Wegen des Energieerhaltungssatzes gilt:

$$Q_{\text{ab}} = -Q_{\text{auf}}$$

$$l_d * m_w + c_w * m_w * (T_1 - 100^\circ\text{C}) = -(c_w * m_w * (T_1 - T_0))$$

$$\leftrightarrow l_d = [-(c_w * m_w * (T_1 - T_0)) - c_w * m_w * (T_1 - 100^\circ\text{C})] : m_w$$

$$l_d = 323 \text{ J/g}$$

Die spezifische Kondensationswärme von Wasser beträgt 314,1 J/g.

Damit beträgt auch die Verdampfungswärme 314,1 J/g.

6.6 Fazit:

Da auch hier die systematischen Fehler eine Rolle spielen, sind sie für die Fehlerbetrachtung nicht zu vernachlässigen. Des Weiteren haben wir für unsere Rechnung die spezifische Wärmekapazität von Wasser bei 80 °C benutzt. Dies ist jedoch keine allzu große Abweichung, da unsere Endtemperatur bei 85,4 °C lag. Ansonsten gelten auch hier wieder die Fehler, des ungeeichten Kalorimeters und des Druckunterschiedes. Es gibt jedoch keinen Vergleich zum Literaturwert, da wir hierzu keinen gefunden haben.