

Dulian Bergmann

Matr.Nr: 1012877 Gruppe 5

Gruppenprüfer: P. Scholz

Versuch 5A

Es soll der Wasserwert eines verwendeten Kalorimeters und die spezifische Wärmekapazität von den drei Metallen Cu, Pb und Al. bestimmt werden.

Versuchsaufbau:

Zuerst wird Wasser auch ca. 75°C erhitzt und davon in etwa $150\text{g} - 200\text{g}$ in ein Kalorimeter gegeben. Vorher befindet sich das Kalorimeter und die 3 Metalle auf Zimmertemperatur. Die Massen des Kalorimeters und der Metalle werden auch im Vorfeld bestimmt. Nun wird alle 30 Sekunden die

Temperatur gemessen, nach 3 Minuten ein Metallstück eingeführt, dieses nach weiteren Minuten durch ein

anderes ersetzt bis alle Metallstücke einmal erfasst wurden und dabei jeweils beim Wechsel das Gewicht des Kalorimeters + Wasser ermittelt.

Mit den so ermittelten Werten kann mit der Formel

$$(m_{\text{W}} + W)(t_1 - t_m) = m_2 c (t_m - t_2) \Rightarrow W = m_2 c \frac{t_m - t_2}{t_1 - t_m} - m_1 c$$

mit: m_1 : Masse des anfangs vorhandenen Wassers (0kg)

m_2 : Masse des eingeführten, erhitzten Wassers (250g)

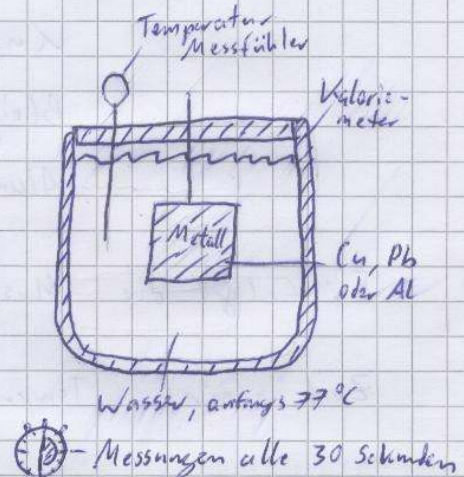
t_1 : Temperatur d. Kalorimeters ($296,45\text{K}$)

t_2 : Temperatur d. eingeführten Wassers ($350,15\text{K}$)

t_m : Mischtemperatur v. Kalorimeters & Wasser (ca. $343,45\text{K}$)

W : Wasserwert ; (Fehler je $\pm 1\text{g}$ bzw $\pm 0,1\text{K}$)

der Wasserwert des Kalorimeters bestimmt werden.



Anschließend wird mit der leicht veränderten Formel

$$(m_1 c + W)(t_m - t_1) = m_2 c_x (t_2 - t_m) \Rightarrow c_x = \frac{m_1 c + W}{m_2} \cdot \frac{(t_m - t_1)}{(t_2 - t_m)}$$

mit c_x : spezifische Wärmekapazität

die jeweilige spezifische Wärmekapazität für 3 Metalle bestimmt werden.

Durchführung

Unser gemessenen Werte betragen folgendes:

Raumtemperatur: $23,3^\circ\text{C} \pm 296,45\text{ K}$ (Fehler: $\pm 0,1\text{ K}$)

Wassertemperatur: $350,15\text{ K}$ ($\pm 0,1\text{ K}$)

Gewichte: Kalorimeter: $1,087\text{ kg}$ ($\pm 0,001\text{ kg}$)

Kupfergewicht: $0,207\text{ kg}$ ($\pm 0,001\text{ kg}$)

Bleigewicht: $0,259\text{ kg}$ ($\pm 0,001\text{ kg}$)

Aluminiumgewicht: $1,065\text{ kg}$ ($\pm 0,001\text{ kg}$)

Es folgt die Messung im Intervall von 30 Sekunden

Zeit in min.	Temperatur in $^\circ\text{C}$	Masse Kalorimeter + Wasser in g	Gegenstand
0	74,5	1338	/
0,5	74,5		/
1	73,9		/
1,5	73,5		/
2	73,2		/
2,5	73,0		/
3	72,8	1336	/
3,5	72,6		/
4	70,4		Cu
4,5	68,1		Cu
5	68,0		Cu
5,5	67,9		Cu
6	67,7		Cu
6,5	67,6		Cu
7	67,5	1331	/
7,5	66,4		Al
8	65,0		Al
8,5	64,9		Al
9	64,7		Al
9,5	64,7		Al
10	64,6		Al
10,5	64,5	1330	/
11	63,0		Pb

11,5
12
12,5
13
13,5
14

62,7
62,8
62,7
62,7
62,6
62,5

1327

Pb
Pb
Pb
Pb
Pb
Pb

Dabei gilt je: Fehler: Zeit: $\pm 1s$; Temperatur: $\pm 0,1^\circ C$

Gewicht: $\pm 1g$

Messwerte + Zusammenfassung:

$$m_{1,w} = 0g; m_{2,w} = 251g \triangleq 0,251kg; c_w = 4185 \frac{J}{kgK}$$

$$t_{1,w} = 23,3^\circ C \triangleq 296,45K; t_{2,w} = 77^\circ C \triangleq 350,15K$$

$$t_{m,w} = 74,3^\circ C \triangleq 347,45K$$

$$m_{1,cu} = 251g \triangleq 0,251kg; m_{2,cu} = 0,207kg$$

$$t_{1,cu} = 345,25K; t_{2,cu} = 296,45K; t_{m,cu} = 341,35K$$

$$m_{1,Al} = 0,246kg; m_{2,Al} = 0,065kg$$

$$t_{1,Al} = 340,45K; t_{2,Al} = 296,45K; t_{m,Al} = 338,25K$$

$$m_{1,Pb} = 0,245kg; m_{2,Pb} = 0,259kg$$

$$t_{1,Pb} = 337,25K; t_{2,Pb} = 296,45K; t_{m,Pb} = 336,25K$$

Einsetzen in Formeln:

$$W = m_{2,w} \cdot c_w \cdot \frac{t_{2,w} - t_{m,w}}{t_{m,w} - t_{1,w}} - m_{1,w} \cdot c_w = 0,251kg \cdot 4185 \frac{J}{kgK} \cdot \frac{350,15K - 347,45K}{347,45K - 296,45K}$$

$$= 55,61 \frac{J}{K}$$

$$c_{cu} = \frac{m_{1,cu} \cdot c_w + W}{m_{2,cu}} \cdot \frac{t_{m,cu} - t_{1,cu}}{t_{2,cu} - t_{m,cu}} = \frac{0,251kg \cdot 4185 \frac{J}{kgK} + 55,61 \frac{J}{K}}{0,207kg} \cdot \frac{341,35K - 345,25K}{296,45K - 341,35K}$$

$$= 464,1 \frac{J}{kgK}$$

$$c_{Al} = \frac{m_{1,Al} \cdot c_w + W}{m_{2,Al}} \cdot \frac{t_{m,Al} - t_{1,Al}}{t_{2,Al} - t_{m,Al}} = \frac{0,246kg \cdot 4185 \frac{J}{kgK} + 55,61 \frac{J}{K}}{0,065kg} \cdot \frac{338,25K - 340,45K}{296,45K - 338,25K}$$

$$= 878,6 \frac{J}{kgK}$$

$$c_{Pb} = \frac{m_{1,Pb} \cdot c_w + W}{m_{2,Pb}} \cdot \frac{t_{m,Pb} - t_{1,Pb}}{t_{2,Pb} - t_{m,Pb}} = \frac{0,245kg \cdot 4185 \frac{J}{kgK} + 55,61 \frac{J}{K}}{0,259kg} \cdot \frac{336,25K - 337,25K}{296,45K - 336,25K}$$

$$= 136,3 \frac{J}{kgK}$$

$$c_{mol,cu} = c_{cu} \cdot m_{mol,cu} = 464,1 \frac{J}{kgK} \cdot 63,55 \frac{g}{mol} = 29,49 \frac{J}{molK}$$

$$c_{mol,Al} = c_{Al} \cdot m_{mol,Al} = 878,6 \frac{J}{kgK} \cdot 27 \frac{g}{mol} = 23,72 \frac{J}{molK}$$

$$c_{\text{mol, Pb}} = c_{\text{Pb}} \cdot m_{\text{mol, Pb}} = 136,3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 207,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 28,24 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$$

Fehlerberechnung:

Da $t_{1,w}, t_{2,w}, t_{2,en}, t_{2,al}, t_{2,Pb}$ per Thermometer gemessen ergibt sich hier für $\Delta t_x = 0,1^\circ\text{C} \hat{=} 0,1\text{K}$.

Da $t_{m,w}, t_{a,en}, t_{m,en}, t_{a,al}, t_{m,al}, t_{a,Pb}, t_{m,Pb}$ an Graphischer Darstellung gefttet, ergibt sich als Ablesefehler hier

$$\Delta t_x = 0,2^\circ\text{C} \hat{=} 0,2\text{K}.$$

$$\frac{\Delta c_{\text{en}}}{c_{\text{en}}} = \frac{\Delta t_{m,en} + \Delta t_{a,en}}{t_{m,en} - t_{a,en}} + \frac{\Delta t_{2,en} + \Delta t_{m,en}}{t_{2,en} - t_{m,en}} = \frac{\pm 0,4\text{K}}{-3,9\text{K}} + \frac{\pm 0,3\text{K}}{-44,9\text{K}}$$

$$= \pm 0,11 \Rightarrow \Delta c_{\text{en}} = \pm 50,7 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \Rightarrow \Delta c_{\text{en, mol}} = \pm 3,22 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$$

$$\frac{\Delta c_{\text{al}}}{c_{\text{al}}} = \frac{\Delta t_{m,al} + \Delta t_{a,al}}{t_{m,al} - t_{a,al}} + \frac{\Delta t_{2,al} + \Delta t_{m,al}}{t_{2,al} - t_{m,al}} = \frac{\pm 0,4\text{K}}{-2,2\text{K}} + \frac{\pm 0,3\text{K}}{-47,8\text{K}}$$

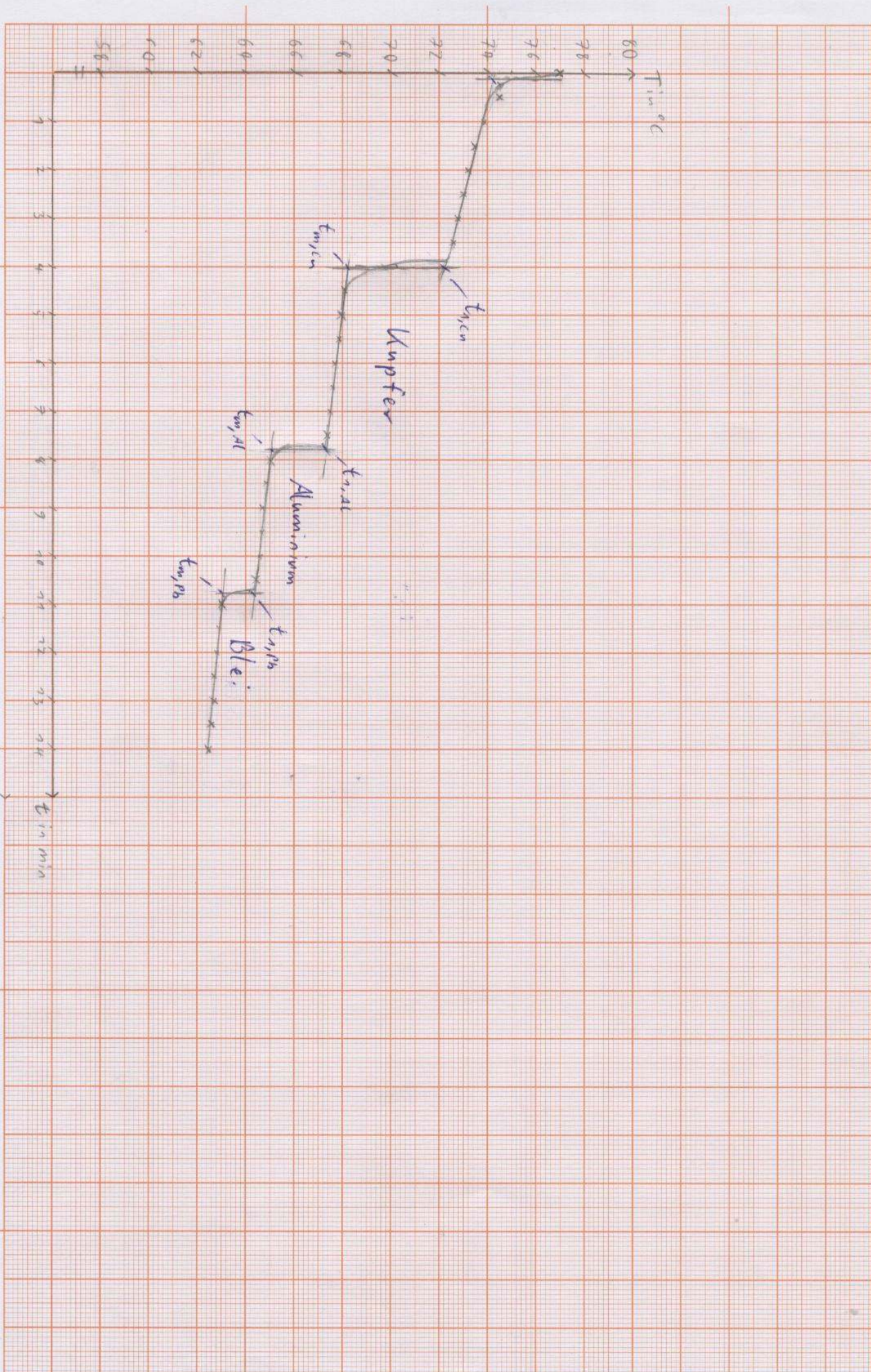
$$= \pm 0,19 \Rightarrow \Delta c_{\text{al}} = \pm 166,1 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \Rightarrow \Delta c_{\text{al, mol}} = \pm 4,48 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$$

$$\frac{\Delta c_{\text{Pb}}}{c_{\text{Pb}}} = \frac{\Delta t_{m,Pb} + \Delta t_{a,Pb}}{t_{m,Pb} - t_{a,Pb}} + \frac{\Delta t_{2,Pb} + \Delta t_{m,Pb}}{t_{2,Pb} - t_{m,Pb}} = \frac{\pm 0,4\text{K}}{-7\text{K}} + \frac{\pm 0,3\text{K}}{-39,8\text{K}}$$

$$= \pm 0,41 \Rightarrow \Delta c_{\text{Pb}} = 55,5 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \Rightarrow \Delta c_{\text{Pb, mol}} = \pm 11,5 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$$

Auswertung

	Werte	Fehler	Literaturwerte
c_{en}	$464,1 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$	$\pm 50,7 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$	$385 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$
c_{al}	$878,1 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$	$\pm 166,1 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$	$897 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$
c_{Pb}	$136,3 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$	$\pm 55,5 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$	$129 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$
$c_{\text{en, mol}}$	$29,44 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$	$\pm 3,22 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$	$24,47 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$
$c_{\text{al, mol}}$	$23,73 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$	$\pm 4,48 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$	$24,21 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$
$c_{\text{Pb, mol}}$	$28,24 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$	$\pm 11,5 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$	$26,73 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$
w	$55,61 \frac{\text{J}}{\text{K}}$		



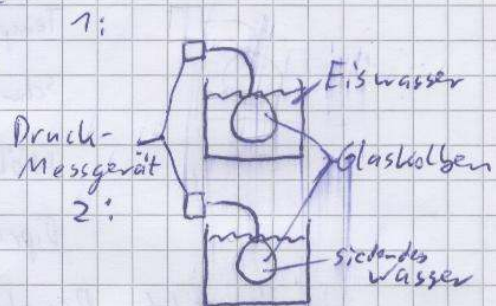
Versuch 5B

Es soll ein Gasthermometer geeicht werden, indem der Ausdehnungskoeffizient ermittelt werden muss.

Versuchsaufbau:

Zunächst wird der aktuelle Druck ermittelt, um mit diesem und einer Umrechnungstabelle den aktuellen Siedepunkt (Temperatur) des Wassers abzulesen.

Dann wird das Volumen eines Glaskolbens und der bis zu einem Messgerät des Druckes gemessen



bzw. geschätzt. Außerdem wird die Raumtemperatur gemessen. Nun wird der luftdicht-abgeschlossene Kolben mit dem Druckmessgerät in Eiswasser getaucht und gewartet, bis der Druck relativ konstant bleibt. Der Druck wird notiert. Nun wird das Wasser bis zum Sieden erhitzt und wieder ein möglichst konstanter Druck notiert.

Damit lässt sich dann mittels Formel der α -Wert bestimmen:

$$\alpha = \frac{p_2 - p_1}{p_1 \cdot t} + \frac{p_2}{p_1} \left(\gamma + \frac{v}{V} \frac{1}{T_2} \right)$$

mit p_2 : Druck bei siedendem Wasser

p_1 : Druck bei Eiswasser

t : Siedetemperatur Wasser

γ : therm. Ausdehnungskoeff. d. Glases

v : Volumen schäd. Raum d. Kapillare

V : Volumen Glaskolben

T_2 : Raumtemperatur.

Durchführung:

Druckmessung:

Säulenhöhe: 729,8 mmHg (± 1 mmHg)

Kuppenhöhe: 730,9 mmHg (± 1 mmHg)

Temperatur Zimmer: 22,5°C (± 1 °C)

Breitengrad: 50° 35' ($\pm 0'$)

ergibt Korrekturwerte:

Temperaturkorrektur: -3,02 mmHg

Schwerk-Korrektur: +0,3 mmHg

Höhenkorrektur: -0,1 mmHg

Dipress. Kuppelh. Korrektur: +0,6 mmHg

ergibt Druck:

$$p_n = 730,9 \text{ mmHg} - 3,02 \text{ mmHg} + 0,3 \text{ mmHg} - 0,1 \text{ mmHg} + 0,6 \text{ mmHg} \\ = 728,7 \text{ mmHg}$$

Dies ergibt nach Tabelle einen Wassersiedepunkt von 98,87°C (Der Fehler beträgt hier $\pm 0,07$ °C).

Die Druckmessung bei Eiswasser ergibt $p_n = 911 \text{ mbar}$ ($\pm 1 \text{ mbar}$),
bei siedendem Wasser $p_z = 1221 \text{ mbar}$ ($\pm 1 \text{ mbar}$)

Dadurch ergibt sich:

$$\alpha = \frac{p_z - p_n}{p_n \cdot t} + \frac{p_z}{p_n} \left(\gamma + \frac{v}{V T_z} \right) \\ = \frac{1221 \text{ mbar} - 911 \text{ mbar}}{911 \text{ mbar} \cdot 99,79 \text{ K}} + \frac{1221 \text{ mbar}}{911 \text{ mbar}} \left(2,45 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} + \frac{1692,5 \pi \text{ mm}^3}{250000 \text{ mm}^3 \cdot 295,65 \text{ K}} \right) \\ = 3,420 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}} + 0,129 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}} = 3,5496 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$$

mit $v = 1692,5 \pi \text{ mm}^3$ und $V = 250000 \text{ mm}^3$,

$$t = 98,87^\circ\text{C} \pm 0,07^\circ\text{C}, \quad T_z = 22,5^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$$

$$\text{und } \gamma = 2,45 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}}$$

Fehlerberechnung:

$$\Delta \alpha = \sqrt{\left(\frac{\partial \alpha}{\partial p_n} \Delta p \right)^2 + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial p_z} \Delta p \right)^2 + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial t} \Delta t \right)^2}$$

$$\frac{d\alpha}{dp_1} = -\frac{p_2}{p_1^2 t} - \frac{p_2 \gamma}{p_1^2} = -\frac{1221 \text{ mbar}}{(911 \text{ mbar})^2 \cdot 372,02 \text{ K}} - \frac{1221 \text{ mbar} \cdot 2,45 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}}}{(911 \text{ mbar})^2}$$

$$= -3,99 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K mbar}}$$

$$\frac{d\alpha}{dp_2} = \frac{1}{p_1 t} + \frac{\gamma}{p_1} = \frac{1}{911 \text{ mbar} \cdot 372,02 \text{ K}} + \frac{2,45 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}}}{911 \text{ mbar}}$$

$$= 10,20 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K mbar}}$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = -\frac{p_2 - p_1}{p_1 t^2} = -\frac{1221 \text{ mbar} - 911 \text{ mbar}}{911 \text{ mbar} \cdot (372,02 \text{ K})^2} = -34,54 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}^2}$$

$$\Delta\alpha = \sqrt{\left(\frac{d\alpha}{dp_1} \Delta p_1\right)^2 + \left(\frac{d\alpha}{dp_2} \Delta p_2\right)^2 + \left(\frac{d\alpha}{dt} \Delta t\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(-3,99 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K mbar}} \cdot 1 \text{ mbar}\right)^2 + \left(10,20 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K mbar}} \cdot 1 \text{ mbar}\right)^2 + \left(-34,54 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}^2} \cdot 0,01 \text{ K}\right)^2}$$

$$= 10,98 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$

Auswertung

Errechnete Werte $\pm$ Fehler:

$$\alpha = 3,5496 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}} \pm 10,98 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$

Literaturwert

$$3,66 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$$