

Versuch 1: Molare Wärmekapazität von Festkörpern

Durchführende: Isaac Maksso, Julia Stachowiak
Assistent: Christoph
Versuchsdatum: 3.11.2016
Datum der ersten Abgabe: 10.11.2017

TestGithub

Messwerte:

Literaturwerte:

$$M_{\text{Campher}} = 152,23 \text{ g mol}^{-11}$$

$$M_{\text{KCl}} = 74,55 \text{ g mol}^{-12}$$

²Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Campher>, aufgerufen am 31.12.16

²Quelle: <http://www.chemie.de/lexikon/Kaliumchlorid.html>, aufgerufen am 31.12.16

Inhaltsverzeichnis

1	Experimenteller Aufbau	3
2	Auswertung	4
2.1	Bestimmung von ΔT	4
2.2	Bestimmung von f	4
2.3	Berechnung $c_p(T)$	5
2.4	Berechnung von $c_V(T)$ nach Debye	9
2.5	Berechnung der zugehörigen $\langle \Theta_D \rangle$ -Werte	9
2.6	Auftragung $\frac{T}{\Theta_D}$	10
3	Diskussion	10
3.1	Literaturverzeichnis	11

1 Experimenteller Aufbau

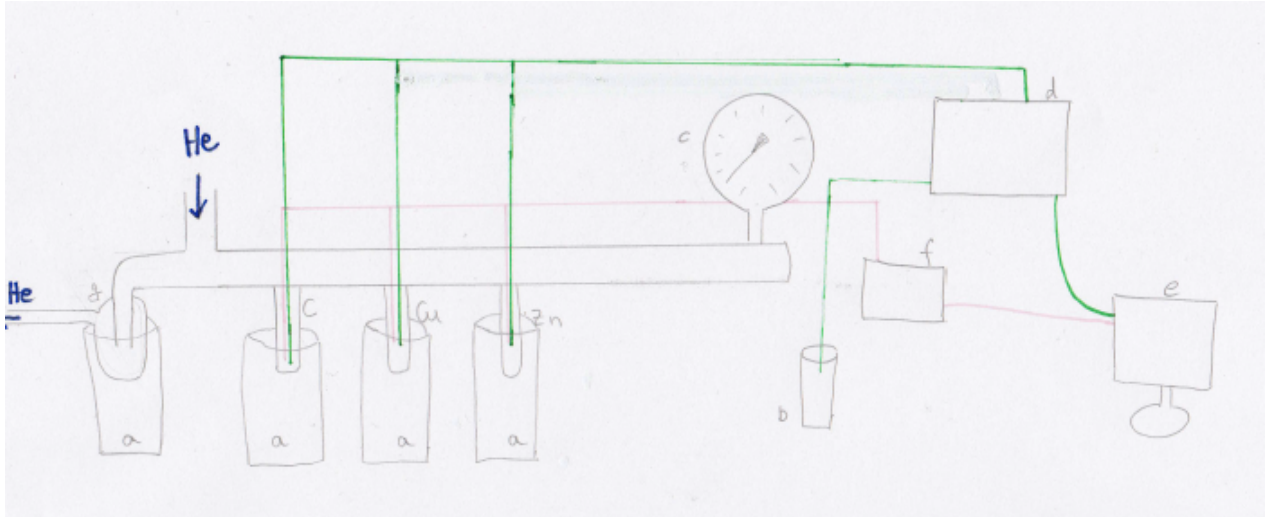


Abbildung 1: Versuchsaufbau.

- a) Dewergefäß
- b) Vergleichstemperaturbad ($T_{Soll} = 273,15 \text{ K}$)
- c) Druckanzeige
- d) Thermoelement
- e) PC mit Labview
- f) Heizsteuerung
- g) Gas auffang

Die Messung erfolgte für jeden Stoff bei drei verschiedenen Temperaturen; begonnen wurde mit der Messung bei Raumtemperatur. Damit überall die gleiche Temperatur herrscht, wurde zunächst Helium durch die Apparatur geleitet und anschließend mittels Vakuum wieder abgezogen. Die Messung war in Vorlaufphase (60s), Heizphase (20s) und Endphase (200s) unterteilt. Während der Heizphase wurde die auftretende Thermospannung inklusive Änderung(Fehler) notiert. Die Temperatur im Bezug zum Referenzbad wurde die Messung über von dem Programm "Labview" aufgezeichnet.

2 Auswertung

2.1 Bestimmung von ΔT

T	Zimmertemperatur U[V]	Zimmertemperatur ΔT [K]	N_2 /EtOH U[V]	N_2 /EtOH ΔT [K]	N_2 U[V]	N_2 ΔT [K]
Graphit	4	$3,22 \pm 0,01$	4,1	$3,20 \pm 0,03$	4,6	$3,16 \pm 0,05$
Kupfer	1,2	$3,72 \pm 0,02$	1	$3,68 \pm 0,01$	0,8	$3,61 \pm 0,03$
Zink	1,4	$3,61 \pm 0,02$		$3,53 \pm 0,04$	0,8	$3,53 \pm 0,09$

2.2 Bestimmung von f

Die experimentell ermittelte molare Wärmekapazität bei konstantem Druck errechnet sich folgendermaßen:

$$c_{m,p} = \frac{UI\Delta t}{n\Delta T} \quad (1)$$

Mit

$\Delta t = 20$ s

$I = 750$ mA

Tabelle 1: Ergebnisse für $c_P^{\text{Exp.}}$.

Probe	Spannungsabfall [V]	ΔT [K]	Stoffmenge [mol]	$c_P^{\text{Exp.}}$ [$\frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$]
Graphit	3,22	4	2,67	4,52
Zink	3,72	1,2	0,900	51,7
Kupfer	3,61	1,4	0,692	55,9

Der Korrekturfaktor f ergibt sich aus dem Verhältnis von $c_P^{\text{Lit.}}$ und $c_P^{\text{Exp.}}$

$$f = \frac{c_P^{\text{Lit.}}}{c_P^{\text{Exp.}}} \quad (2)$$

Da die Messung des Spannungsabfalls fehlerbehaftet ist, wurde eine Gaussische Fehler-

Tabelle 2: Ergebnisse für f .

Probe	$c_P^{\text{Lit.}}$ [$\frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$]	f
Graphit	8,517	1,88
Zink	24,47	0,474
Kupfer	25,330	0,453

fortpflanzung aufgestellt um $\Delta c_P^{\text{Exp.}}$ und Δf zu bestimmen:

$$\Delta c_P^{\text{Exp.}} = \sqrt{\left(\frac{I \Delta t}{n \Delta T} \cdot \Delta U\right)^2} \quad (3)$$

$$\Delta c_P^{\text{Exp.}}(\text{Graphit bei ZT}) = \sqrt{\left(\frac{750 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 20 \text{ s}}{2,67 \text{ mol} \cdot 4 \text{ K}} \cdot 0,01 \text{ V}\right)^2} \quad (4)$$

$$= 0,014 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \quad (5)$$

Tabelle 3: Ergebnisse für $\Delta c_P^{\text{Exp.}}$.

Probe	Temperaturbad	ΔU [V]	$\Delta c_P^{\text{Exp.}} \left[\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right]$
Graphit	Zimmertemperatur	0,01	0,014
	Stickstoff	0,01	0,012
	Stickstoff/Ethanol	0,01	0,014
Zink	Zimmertemperatur	0,02	0,309
	Stickstoff	0,01	0,271
	Stickstoff/Ethanol	0,01	0,217
Kupfer	Zimmertemperatur	0,02	0,278
	Stickstoff	0,01	0,208
	Stickstoff/Ethanol	0,01	0,167

Die Ungenauigkeit des Korrekturfaktors Δf ergibt sich ebenfalls aus der Fehlerfortpflanzung:

$$\Delta f = \sqrt{\left(-\frac{c_P^{\text{Lit.}}}{(c_P^{\text{Exp.}})^2} \cdot \Delta c_P^{\text{Exp.}}\right)^2} \quad (6)$$

$$\Delta f(\text{Graphit}) = \sqrt{\left(-\frac{8,517 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{(4,52 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}})^2} \cdot 0,014 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)^2} \quad (7)$$

$$= 0,006 \quad (8)$$

$$\Delta f(\text{Zink}) = 0,003 \quad (9)$$

$$\Delta f(\text{Kupfer}) = 0,003 \quad (10)$$

$$(11)$$

2.3 Berechnung $c_p(T)$

Hierzu Text/Werte von Isaac noch!!

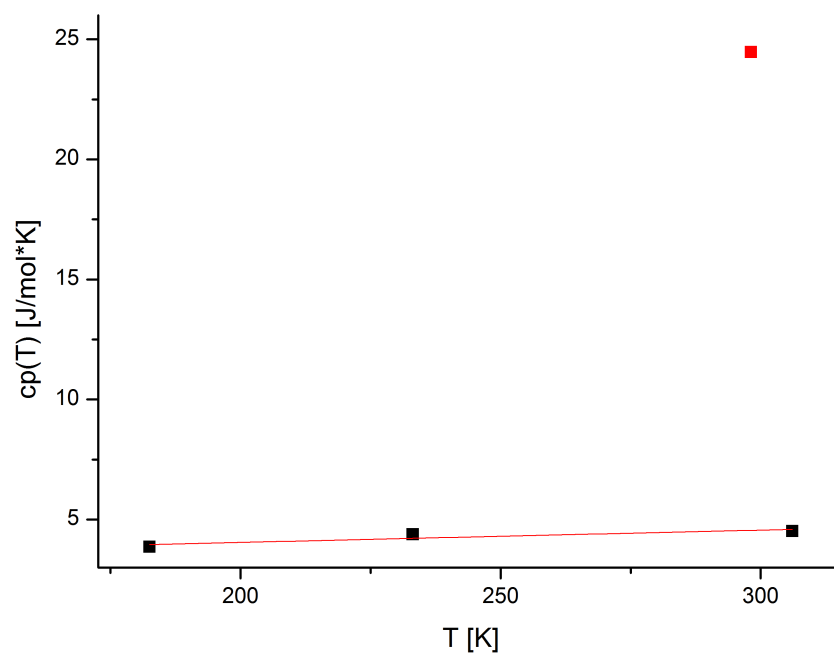


Abbildung 2: $c_p(T)$ Graphit, Literaturwert rot

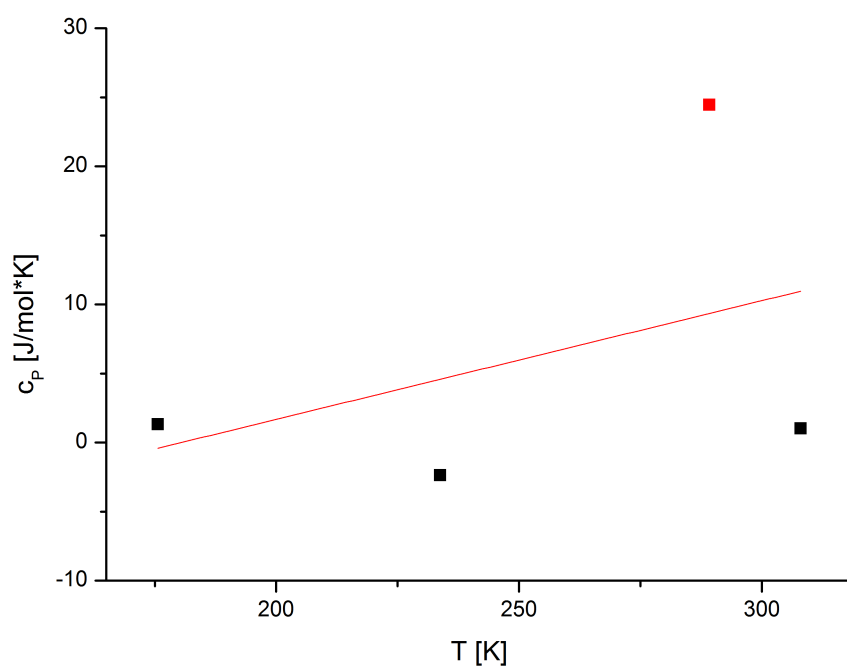


Abbildung 3: $c_p(T)$ Kupfer, Literaturwert rot

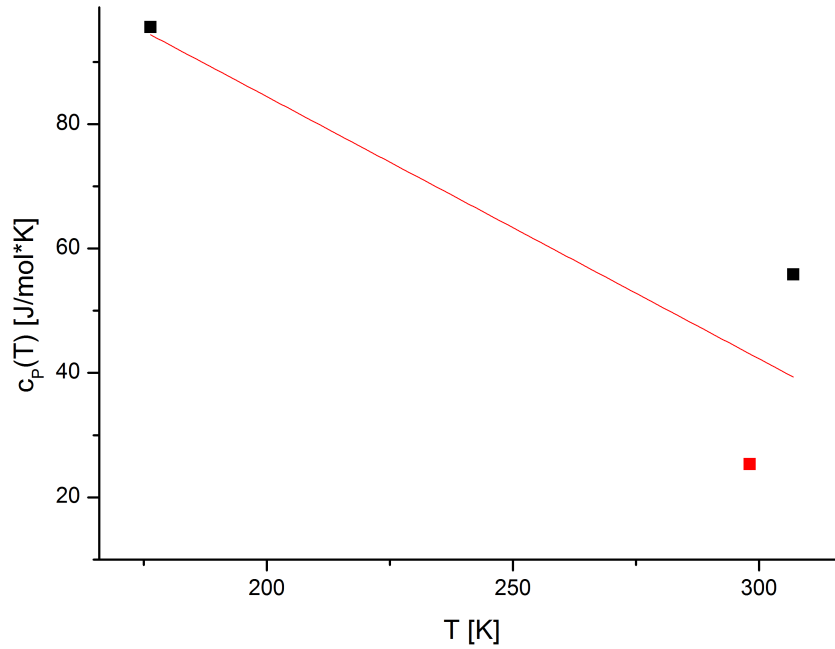


Abbildung 4: $c_p(T)$ Zink, Literaturwert rot

Bei Zink und Kupfer wurde der Literaturwert in die lineare Interpolation mit einbezogen; die Abweichung vom Literaturwert bei Graphit war deutlich stärker als die Abweichung der Werte untereinander, sodass hier nur durch die Messwerte interpoliert wurde. Die Steigung und Ordinaten Schnittpunkte finden sich in der nachfolgenden Tabelle.

$$c_p(T) = (m \cdot T + n \cdot K) \cdot \frac{\text{J}}{\text{mol}} \quad (12)$$

Tabelle 4: Werte zur linearen Interpolation

	Steigung m	Schnittpunkt mit Ordinate n
Graphit	0,00512	3,0229
Cu	0,0860	-15,5
Zn	-0,422	169

2.4 Berechnung von $c_V(T)$ nach Debye

Die für verschiedene $\frac{T}{\Theta_D}$ -Verhältnisse theoretischen Wärmekapazitäten der Stoffe können mittels Debye folgendermaßen berechnet werden:

$$c_V(T) = 3R \cdot \left(4D(x) - \frac{3x}{e^x - 1} \right) \quad (13)$$

mit

$$D(x) = \frac{3}{x^3} \cdot \int_0^x \frac{t^3}{e^t - 1} dt \quad (14)$$

und $x = \frac{\Theta_D}{T}$.

Tabelle 5: theoretische c_V -Werte nach Debye

	$\frac{T}{\Theta_D} = \frac{1}{x}$	D(x)	$c_V(T)[J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}]$
Graphit	0,15	0,0596	5,31
	0,2	0,118	9,20
	0,25	0,182	12,5
	0,3	0,244	15,2
Cu/Zn	0,4	0,354	18,6
	0,5	0,441	20,6
	0,6	0,510	21,8
	0,7	0,564	22,6

2.5 Berechnung der zugehörigen $\langle \Theta_D \rangle$ -Werte

Für Festkörper gilt: $c_V = c_p - R$, so kann die Gleichung auch auf die oben aus den Debye-Temperaturen ermittelten theoretischen $c_V(T)$ -Werte angewendet werden. Somit können die zu den c_V -Werten zugehörigen Temperaturwerte ermittelt werden:

$$T = \frac{c_V(T) - n + R}{m} \quad (15)$$

Zu den so errechneten Temperaturen werden die zugehörigen Debye-Temperaturen ermittelt nach:

$$T \cdot x = \Theta_D \quad (16)$$

Letztendlich ergeben sich daraus folgende Θ_D -Mittelwerte:

Tabelle 6: $\langle \Theta_D \rangle$ für jeweiliges Material

	c_V [J/mol K]	T [K]	Θ_D [$10^2 \cdot K$]	$\langle \Theta_D \rangle$ [K]
Graphit	5,31	2071	138	$138 \cdot 10^2$
	9,20	28,3	141	
	12,5	34,8	139	
	15,1	40,0	133	
Cu	18,6	494	$123 \cdot 10^1$	981
	20,6	517	$103 \cdot 10^1$	
	21,8	531	885	
	22,6	540	771	
Zn	18,6	336	841	630
	20,6	332	663	
	21,8	329	548	
	22,6	327	467	

2.6 Auftragung $\frac{T}{\Theta_D}$

Tabelle 7: Werte zur Auftragung von c_V nach 2.3 gegen $\frac{T}{\Theta_D}$

	Θ_D Literaturwert [K]	c_V [J/mol K] aus 3.3	zugehöriges $\frac{T}{\Theta_D}$
Graphit	2500950^3	37,6	0,000122
		32,1	0,0000730
		36,4	0,0000932
Cu	345^4	430	0,892
		625	0,510
		510	0,677
Zn	308^5	464	0,997
		795	0,572

JULE AUFTRAGUNG MACHEN nd einfügen

3 Diskussion

Temperatur des Vergleichsbades nicht konstant komische Werte für T (10K zu viel) bei letzter Messung iwas schief gelaufen- konnte nicht ausgewertet werden

3.1 Literaturverzeichnis

- 1 Eckhold, Götz: *Praktikum I zur Physikalischen Chemie*, Institut für Physikalische Chemie, Uni Göttingen, **2014**.
- 2 Eckhold, Götz: *Statistische Thermodynamik*, Institut für Physikalische Chemie, Uni Göttingen, **2012**.
- 3 Eckhold, Götz: *Chemisches Gleichgewicht*, Institut für Physikalische Chemie, Uni Göttingen, **2015**.