

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

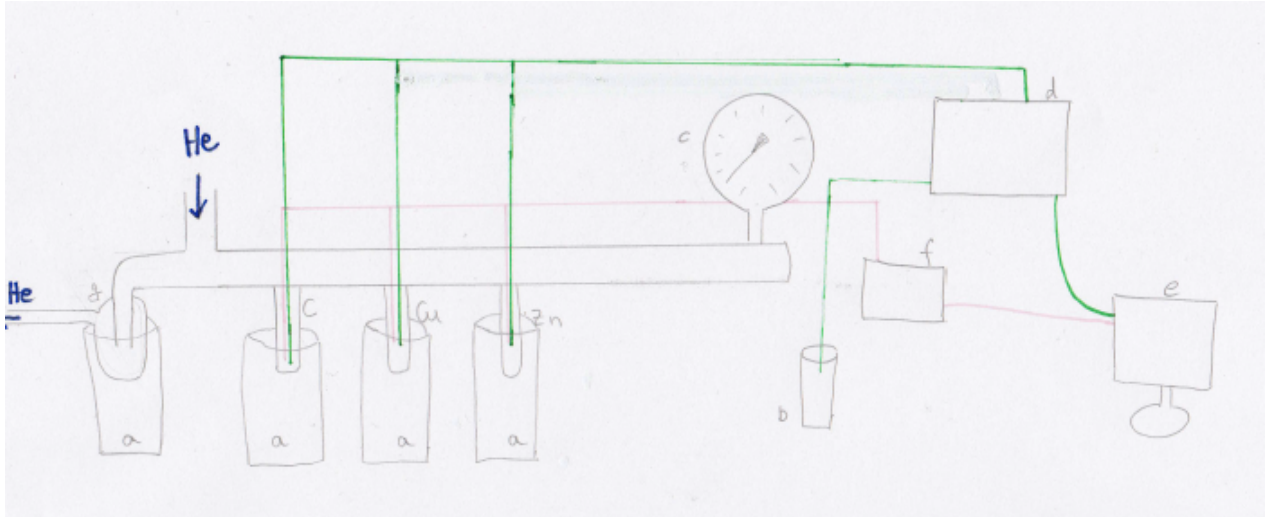


Abbildung 1: Versuchsaufbau.

- 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!!

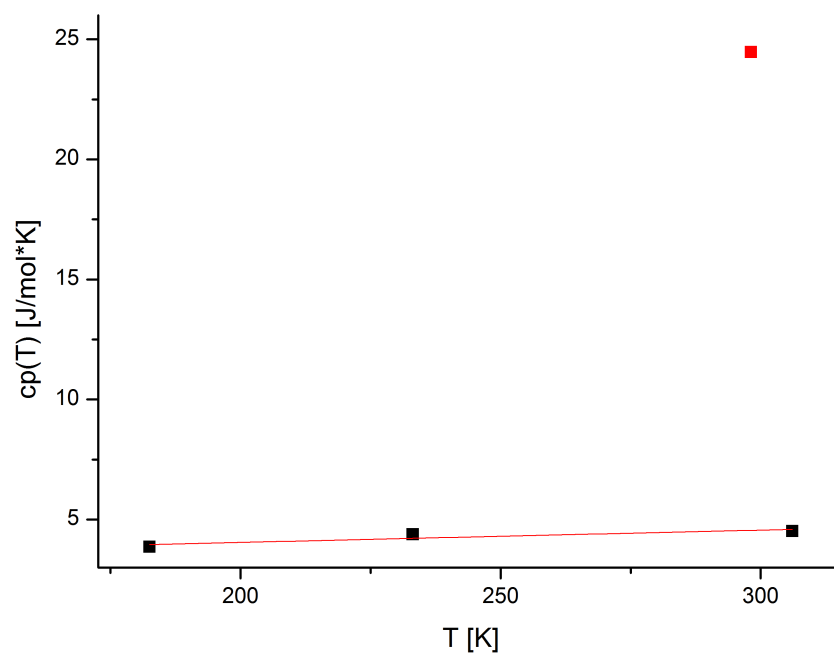


Abbildung 2: $c_p(T)$ Graphit, Literaturwert rot

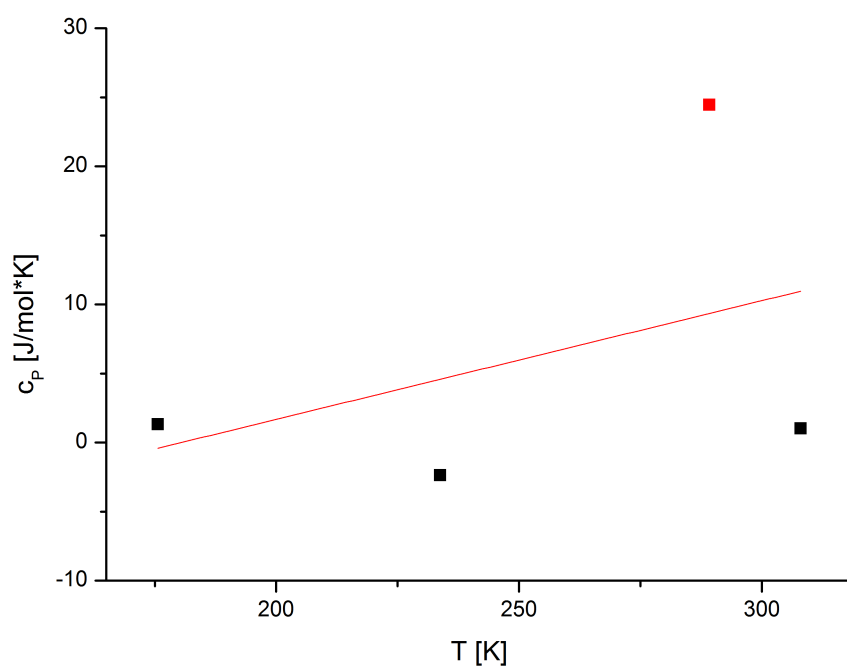


Abbildung 3: $c_p(T)$ Kupfer, Literaturwert rot

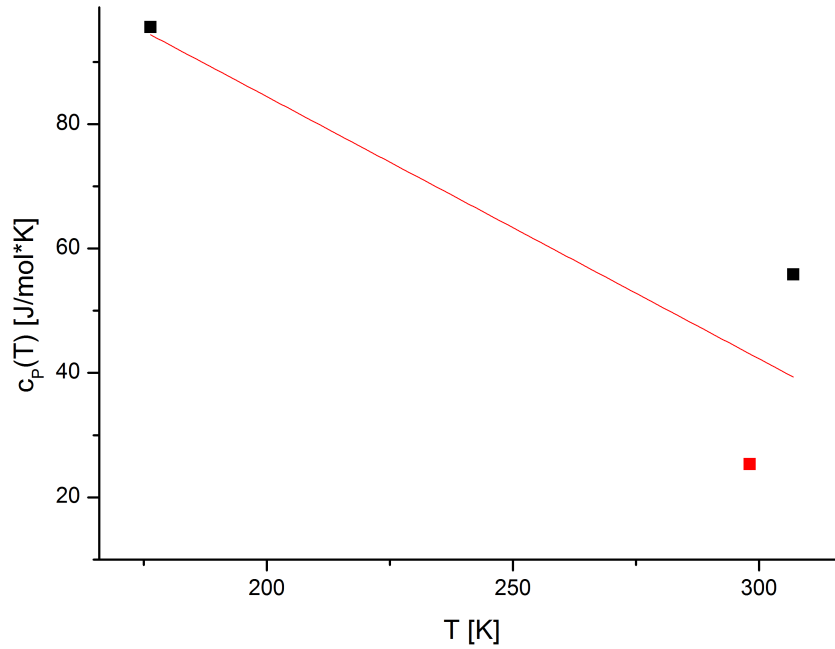


Abbildung 4: $c_p(T)$ Zink, Literaturwert rot

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 [$10^2 \cdot K$] | $< \Theta_D >$ [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 | 494 | $123 \cdot 10^1$ | | |
| | 517 | $103 \cdot 10^1$ | | |
| | 531 | 885 | | |
| | 540 | 771 | | |
| Zn | 336 | 841 | | 630 |
| | 332 | 663 | | |
| | 329 | 548 | | |
| | 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 und 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**.