



fachschaft physik
tu dortmund

**Gedächtnisprotokoll
Fortgeschrittenenpraktikum**

Prüfende: Hr. Prof. Westphal und Fr. Dr. Siegmann

GEPRÜFT IM MAI 2025

NOTE: 1.0

1 Prüfungsfragen

1.1 Molwärme von Kupfer

Ich hatte mich auf V47 vorbereitet und konnte deswegen 10 bis 15 min darüber reden. Die Zwischenfragen hielten sich in Grenzen, es waren nicht wesentlich mehr als die, die ich hier nenne. Der Versuch ist recht theoriastisch, ich habe mich bemüht, die Theorie trotzdem überschaubar zu halten. Hab die Definition von Wärmekapazität angeschrieben, den Unterschied zwischen C_V und C_p erklärt, die klassische Erwartung (Dulong-Petit) genannt und dann kurz die Debye-Näherung angerissen. Hab außerdem die Debye-Kurve skizziert.

Als Zwischenfrage zur Theorie kam nur, ob Dulong-Petit für alle Materialien gelte. Hab ich verneint, da die Wärmekapazität bei Metallen wegen der delokalisierten Elektronen weiter ansteigt.

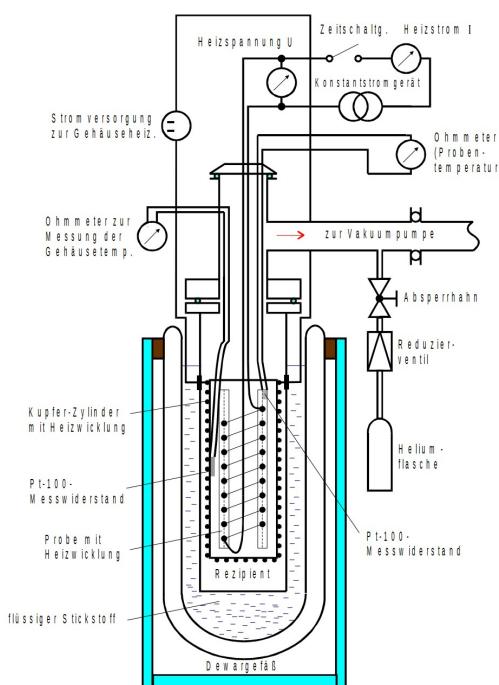


Abbildung 1: Der Versuchsaufbau, geklaut aus der Anleitung.

Messwerten die Wärmekapazität berechnen und unsere ungefähre Kurve gezeichnet. Fr. Siegmann wollte wissen, ob man da zwischen der Debye- und der Einstein-Näherung unterscheiden könnte. Die Einstein-Näherung hatte ich gar nicht erwähnt, weil die hier ja nicht relevant ist, mit einer Frage dazu aber fast schon gerechnet. Ich hab geantwortet, dass man das in dem Temperaturbereich schlecht unterscheiden könnte, man Einstein hier aber ausschließen könnte, weil Kupfer eine einatomige Basis hat und es deswegen

Dann hab ich den Aufbau erklärt. Ich habe im Prinzip die Skizze aus der Anleitung (s. Abbildung 1) von innen nach außen angezeichnet. Zu jedem Bauteil hab ich gesagt, wozu genau es nötig ist und dafür meist zustimmendes Nicken kassiert: entscheidend ist die Kupferprobe mit dem Heizdrat innen; der Rest der Apparatur dient nur dazu, sicherzustellen, dass die gesamte Energie der Heizspule in Wärme umgewandelt wird und die Probe sonst weder Wärme aufnimmt oder abgibt. Hab außerdem Masse der Probe und I und U für den Heizstrom genannt, einfach weil ich sie mir gemerkt hatte.

Hr. Westphal interessierte sich ein wenig für die verwendeten Widerstände - wollte wissen, wie groß die so waren. Der Pt100-Widerstand hat bei 0 °C einen Widerstand von 100Ω , das hatte ich mir gemerkt, bei kälteren Temperaturen ($\sim 80 \text{ K}$) hab ich auf 20Ω getippt, was auch tatsächlich ziemlich nah dran war.

Ich hab dann erklärt, wie wir aus unseren Messwerten die Wärmekapazität berechnen und unsere ungefähre Kurve gezeichnet. Fr. Siegmann wollte wissen, ob man da zwischen der Debye- und der Einstein-Näherung unterscheiden könnte. Die Einstein-Näherung hatte ich gar nicht erwähnt, weil die hier ja nicht relevant ist, mit einer Frage dazu aber fast schon gerechnet. Ich hab geantwortet, dass man das in dem Temperaturbereich schlecht unterscheiden könnte, man Einstein hier aber ausschließen könnte, weil Kupfer eine einatomige Basis hat und es deswegen

gar keine optischen Phononen gibt.

Daraufhin wollte sie wissen, wie man denn zu tieferen Temperaturen käme. Ich hab vorgeschlagen, die Apparatur mit Helium zu kühlen, aber eingewandt, dass man dann Probleme mit dem Helium im Rezipienten bekommen könnte - das wollen wir ja nicht verflüssigen. Hab dann spekuliert, dass man da mit den Drücken ein bisschen rumspielen müsste, hab von Kühlung aber wirklich nicht viel Ahnung. Das hat Hr. Westphal glaub ich gemerkt und wollte mich ollen Theoretiker mal ein bisschen ärgern. Er wollte wissen, bei welcher Temperatur Helium flüssig wird. Ich hatte ca. 3 K im Kopf, was auch gar nicht so falsch ist, aber irgendwie hat Hr. Westphal mich verunsichert und ich hätte mich beinahe um Kopf und Kragen geredet - Fr. Siegmann hat dann aber um Gnade für den Theoretiker angehalten und mich so gerettet.

Zur Bestimmung der Debye-Temperatur oder Fehlerquellen wollten die Beiden dann gar nichts wissen, sondern lieber zum nächsten Versuch kommen.

1.2 Rastertunnelmikroskopie

Meinen zweiten Versuch durfte ich mir auch aussuchen, ich hab den Beiden also etwas über V42 erzählt. Das war weniger ein Vortrag und mehr ein Gespräch, dementsprechend kamen auch mehr Fragen. Ich hab das Prinzip mit Spitze und Tunnelstrom und so erklärt. In meiner Skizze sah es so aus, als wäre die Spitze viel schmäler als die Atome, die ich an der Probenoberfläche angedeutet hatte. Auf Nachfrage habe ich das richtiggestellt und auch erwähnt, dass dadurch die Auflösung begrenzt ist.

Außerdem haben wir darüber gesprochen, wie die Spitze tatsächlich aussieht - ob die wirklich einatomig ist. Ich habe also erklärt, wie die Spitzen gerissen werden; dass die dadurch sehr scharf sind. Trotzdem braucht man da ggf. einige Anläufe. Daraufhin haben wir dann plötzlich ein bisschen darüber gesprochen, wie teuer der Draht ist und ob wir denn brav die Drahtreste aufgesammelt hätten (nicht alle...).

Fr. Siegmann wollte wissen, wie denn die Struktur von Graphit aussieht. Die hab ich dann angezeichnet und die Nichtäquivalenz benachbarter Gitterplätze aufgrund der zueinander verschobenen Schichten hervorgehoben (vgl. Abbildung 2). Dabei hab ich direkt Bezug auf die Messung genommen und erklärt, wie wir damit den Übernächste-Nachbarn-Abstand messen.

Dadurch bin ich dann auf Fehler in unserer Messung gekommen. Unser Bild war leicht verzerrt und unser Gitterabstand generell zu klein. Für die Fehlerquellen wollte ich erstmal alle aus der Anleitung runterrattern, Hr. Westphal verwies aber auf Softwarekorrekturen und wollte nur die wirklich relevanten hören. Ich hab also genannt, was wir uns als Gründe für die falsche Skalierung überlegt hatten: eine eventuelle Schieflage der Probe und unterschiedliche Hysteresen oder Alterung der Piezos, das schien ihm beides zu

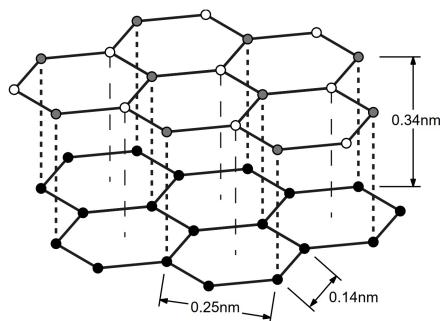


Abbildung 2: Die Struktur von HOPG, nicht aus der Anleitung geklaut.

gefallen.

Hr. Westphal fragte darauf noch, wie man das RTM denn justieren könnte, um das zu beheben. Ich meinte, das könnte man ja mit genau der Messung machen: wenn man andere Fehlerquellen wie eine Schieflage ausgeschlossen hat, kann man anhand des HOPG-Scans durch Vergleich mit Literaturwerten die Fehler der Piezos erkennen und beheben.

Ich habe dann noch ganz kurz über Gold gesprochen, da war die Prüfung aber auch schon vorbei.

2 Note und Fazit

Nach der Prüfung durfte mich über eine 1.0 freuen. Die Prüfungsatmosphäre habe ich als sehr angenehm empfunden, man konnte mit den Beiden zwischendurch auch gut scherzen. Meine Prüfung unterschied sich im Prinzip nicht von der im AP, es kommen nur andere Versuche dran. Die Prüfungsvorbereitung habe ich als leichter und angenehmer empfunden, da viel weniger Versuche drankommen können. Viel Erfolg!