

# Festkörperphysik bei Prof. Klaus Ensslin

Herbst 2003, 2.ter Tag der Session

Man darf beginnen mit einem kleinen Vortrag (5 bis 8 Minuten). Ich wählte „Dosimetrie mit Halbleitern“. Dafür erzählte ich, dass ionisierende Strahlung Gas ionisiert (Nebelkammer, Geiger- Müller- Zählrohr), aber auch Festkörper: Es entstehen Elektron- Loch- Paare. Entweder misst man einen Strom, der auf die Dosis schliessen lässt, oder aber die Elektronen/ Löcher werden gefangen in Traps (metastabile Zustände). Mit Wärme werden die Elektronen/ Löcher befreit und können gemessen werden (Lichtemission).

E: Bleiben wir gleich bei den HL. Wie sieht die Widerstands – Temperaturabhängigkeit aus?

I:  $\exp(E/kT)$   $E = \text{Bandlückenenergie}$

E: Zeichnen Sie bitte!

Ich zeichne dummerweise die I- U- Abhängigkeit. E sagt es mit und lässt mich diese erklären, was dich mache.

E: Zurück zur R- T- Abh.keit.

Ich zeichne den exp Zerfall, wobei ich zuerst die Achsen falsch anschreibe (E: In der Vorlesung waren die Achsen anders angeschrieben!): Ich verwechselte die Leitfähigkeit mit dem Widerstand und t mit  $1/T$  (kann man schon so anschreiben, aber dann muss der Graph dazu passend sein).

Im neuen Versuch sieht E, dass mein exp Zerfall gegen Null geht, und fragt nach dem genauen Verlauf dort.

I: Kurve geht gegen konst Wert  $> 0$  wegen dem Restwiderstand wegen Störstellen und Phononen.

E: Und danach?

Jetzt merke ich, dass *er* wohl vom *dotierten* HL redet und zeichne nun den Graph aus dem Skript (Graph mit den drei Stufen: Zuerst Abnahme des Widerstandes durch Anheben der Elektronen von den Donatoren ins LB, dann konstant weil alle Donatoren ionisiert sind, dann weitere Abnahme, weil nun die intrinsischen Elektronen (vom Valenzband) langsam angeregt werden). Auch hier schrieb ich den Graphen zuerst falsch an.

E: Wie sieht das „horizontale“ Stück genau aus? Wie ist dessen Verlauf?

I: Steigt leicht an wegen dem thermischen Widerstand des HL als nicht perfekter HL. (Bem: Wohl mit  $T$  hoch  $+3/2$ . Der Graph im Skript ist auch falsch angeschrieben; es gibt also auch andere, die es nicht können)

Es folgte noch eine Diskussion über Supraleitung: Meissner- Ochsensfeld- Effekt.

E: Sagen Sie was zum Ferromagnetismus!

Ich erkläre ausführlich (wie in seinem Skript steht) dass es für Elektronen günstiger sein kann, wenn sie sich parallel ausrichten sowie die alternative Erklärung: Um gleichnamige Ladung sich anzunähern braucht es Energie. Wenn sie sich entfernen, wird Energie frei. Das Pauli-Prinzip sorgt dafür, dass sie sich entfernen (je mehr die Spins gleich sind). Also wird Energie frei für parallele Spins. Die nun angehobenen Elektronen haben eine erhöhte kinetische Energie. Wenn diese grösser sein müsste als der Energiegewinn, dass ist die Situation antiparalleler Spins günstiger und es ist kein Ferromagnetismus zu sehen (was die Regel ist). Involviert sind Elektronen der d- und f- Schale.

E: Jetzt haben Sie das ganze mikroskopisch erklärt. Wie sieht es makroskopisch aus?

I: (Ich hätte die Weiss' schen Bezirke erwähnen sollen, was ich leider nicht tat)

??

Erklärbar durch lokales Minimum als Funktion der Temperatur (ich wusste nicht, wie ich die Ordinate (=vertikale Achse) anschreiben musste und erwähnte es deshalb nicht. Doch es kommt was kommen muss...)

E: Wie würden Sie die Ordinate anschreiben?

I: ?? Energie??

E: Nein!

I: ??Entropie

E: (Schmunzelnd schaut er zum Beisitzer) Das ist etwas vom besten, das ich dazu heute schon gehört habe.

I: Meinen Sie das im Ernst? (Wusste nicht, ob er es ironisch meinte)

E: (Überhört die Frage) Hysterese- Kurve?

Ich zeichne und erkläre.

E: Wo ist das Minimum?

I: ? Tippe vorsichtig auf die Mitte. E macht in der Mitte einen dicken Bleistiftpunkt und sagt: Hier ist das Minimum. Immer! (Privatunterricht beim Prof! Genial!)

E: Pauli- Magnetismus?

Ich erkläre ausführlich wie im Skript und zeichne.

E: Bitte Abszisse anschreiben!

I: ?? Belanglos.

E: Nein! Energiedichte. Wie ist die Energiedichte als Funktion der Temperatur?

I: Wurzel von der Energie.

E: Ja.

I: Dann habe ich es falsch gezeichnet...

E: Nein, nur anders aufgetragen. Alles OK. In 2 Dim?

I: konst

E: 1 Dim?

I: 1 über Wurzel E

E: 0 Dim?

I: Delta- Funktion.

E: Können Sie das chi (=magn. Suszeptibilität) abschätzen?

I: ? Ich schreibe die Formel hin: Einsetzen und ausrechnen, ergibt etwa ein Zehntausendstel.

E: Nicht einsetzen! Wie abschätzen!

I: ??

E: Wie heisst dieser Effekt? (der Effekt der Spin- Aufspaltung)

I: ? Spin- Bahn- Kopplung

E: Nein. Beginnt mit Z.

I: ??

E: Hört mit ‚man‘ auf.

I: Zeeman.

E: Genau.

E: Letzte Frage: R- T- Abhängigkeit im Metall?

Ich zeichne und erkläre: T gross: R prop T wegen Phononenstörungen. T klein: R = konst > Null wegen geladenen Störstellen.

E: Warum geladene Störstellen? Müssen sie geladen sein?

I: Ja, auch ungeladene.

E: T- Abhängigkeit für kleine T?

I: T hoch 5

E: Ja. Danke, Herr M, und auf Wiedersehen. Schönen Tag noch.

E war sehr lieb und hilft. Gute Atmosphäre. Wollte Details genau wissen. Fragt nichts schwieriges. E hat den ganzen Morgen dasselbe gefragt, bei allen! Es reicht wohl HL, SL und Magnetismus (sowie etwas Bindungen) zu lernen für die Prüfung.  
Ob er am Schluss der Session immer noch so freundlich und aufgestellt ist?  
Geschätzte Note: 4.5 – 5, erhaltene Note: 5