

Protokoll zum Abschlußkolloque in Physikalischer Chemie

Prüfer: Prof. Dr. N. Hampp

Beisitzer: Dr. Frank Noll

Prüfling: Sven Siebler (Dipl. Chemie) und Alexander Zulauf (Dipl. Chemie)

Dauer: ca. 60 min.

Note: beide 1,3

Wir wurden abwechselnd zu jeweils zwei Themen befragt, wobei sich der Partner strikt zurückhalten musste. Ich wurde über Wärmekapazität und Rasterkraftmikroskopie befragt und Alexander über den Laser Versuch und Homogene Kondensation.

Nachfolgend sind kurz die Themengebiete dargestellt:

Als erstes wurde der Laser Versuch abgefragt. Alex sollte kurz auf den allgemeinen Aufbau und die wichtigsten Bauelemente eines Lasers eingehen. (Resonator, Medium, Michelson Interferometer, etc.). Durch Einstrahlung von Licht wird in dem Lasermedium eine Besetzungsinversion erzeugt (Pumpvorgang), durch die dann bei weiterer Lichteinwirkung eine induzierte Emission unter Lichtverstärkung stattfindet. Eigenschaften des verstärkten Lichtes sind Kohärenz und gleiche Ausbreitungsrichtung.

Welche Bedingungen müssen für den Resonator gelten ?

Seine Länge muss ein ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge betragen, damit stehende Wellen erzeugt werden können. Das Beispiel wurde anhand eines Vier-Niveaulasers veranschaulicht. (Vorteil: der Laserübergang findet von einem Metastabilen Zustand in einen kurzlebigen Zwischenzustand statt, dadurch ist es einfach eine Besetzungsinversion aufrecht zu erhalten).

Was sind die Eigenschaften von Laserlicht ?

Es ist nahezu monochromatisch, wenig divergent und kohärent. Die Kohärenzlänge eines Lasers beschreibt die Strecke, nach der das Laserlicht sich nicht mehr in Phase befindet. Es findet also keine Interferenz statt. Gemessen haben wir dies im Versuch durch eine Michelson Interferometer, wo wir durch Verschieben eines Spiegels eine Weglängendifferenz herbeigeführt und den resultierenden Kontrast der Interferenzmuster gemessen haben.

Warum ist das Licht jenseits der Kohärenzlänge nicht mehr kohärent ?

Dies kommt durch die Stoßverbreiterung zustande. Während sich das Licht durch die Luft (ein Medium) bewegt erfährt es Stöße durch die Moleküle, wodurch sich die Wellenfunktionen verschieben. Außerhalb der Kohärenzlänge stehen sie dann in keinerlei Phasenbeziehung mehr zueinander.

Diese Stoßverbreiterung erklärt auch, warum man mit sehr großen Gaslasern nur geringe Kohärenzlängen (10cm) erzeugt, man hingegen mit schon sehr kleinen Festkörperlasern deutlich größere Kohärenzlängen erhält.

Nun wurde ich nach dem Versuch Wärmekapazität (WK) befragt. Zuerst erklärte ich was wir im Versuch gemacht hatten (Messung der Wärmekapazität eines Aluminiumblockes) und die anschließende Auswertung. Dabei erklärte ich, dass wir die Temperaturabhängigkeit der WK zeigen konnten, die jedoch nach der klassischen Theorie nicht erklärt werden könne. Diese geht davon aus, dass jedes Moleküle eine bestimmte Anzahl quadratischer Freiheitsgrade (FG) besitzt denen eine Energie von $\frac{1}{2} RT$ zugeordnet wird. Sie berücksichtigt allerdings nicht, dass alle FG erst bei sehr hohen Temperaturen angeregt sind.

Diese Temperaturabhängigkeit können wir aber mit dem Modell der Zustandssummen (statistische Thermodynamik) erklären. Diese beschreiben nämlich genau die Anzahl an

Zuständen, die bei einer bestimmten Temperatur erreicht werden können. Er ging dann nicht weiter auf die Zustandssummen ein, da dies laut Hampp über den Stoff für das Praktikum hinausgehen würde.

Nun fragt er mich, wie ich beurteilen würde welcher Stoff eine höhere WK habe, ein Aluminiumeinkristall oder ein PVC Block und welche Dinge ich dabei zu Rate ziehen würde. Natürlich gab es hierbei zu beachten, dass in einem Festkörper sämtliche Energie lediglich in Form von Schwingung gespeichert werden kann. Da die Bindung in einem PVC Block deutlich stärker ist und die Schwingung somit eine größere Federkonstante aufweist, können hier größere Energien gespeichert werden. Hinzu kommt noch, dass in einem Alu-Einkristall die Energie natürlich sehr viel besser verteilt werden kann. Dementsprechend besitzt der PVC eine höhere WK.

Zum Schluss kam er auf Anwendungen zu sprechen. Warum interessiert uns als Chemiker eigentlich die WK. Damit war ich ein wenig überfragt, und antwortete schließlich damit man weiß wie viel Energie man benötigt um eine bestimmte Temperatur zu erreichen.

Das war zwar richtig, aber er meinte es sei eine ziemlich einfache Anwendung. Natürlich spielt es auch z.B. bei einem Kachelofen eine wichtige Rolle. Je höher die WK, desto länger bleibt der Ofen warm bzw. je höher die WK des verbrannten Stoffes desto größer wird der Energiegewinn sein.

Als nächstes kam die Homogene Kondensation dran.

Hierbei war die erste Frage relativ simpel: Warum regnet es überhaupt in der Kammer ?

Daraufhin wurde dann kurz auf den Aufbau der Nebelkammer eingegangen und erklärt, dass die Übersättigung des Nonandampfes mit der relativen Kammerhöhe ansteigt, so dass ab einem bestimmten Punkt die homogene Kondensation einsetzt. Wichtig zum Verständnis ist hierbei der kritische Radius der von den Komponenten Oberflächenarbeit und Volumenarbeit abhängt. Ist dieser Radius überschritten wächst der Tropfen weiter an und bildet einen Kondensationskeim. Unterhalb verdampft er sofort wieder. Mit steigender Übersättigung nimmt der Anteil der Volumenarbeit zu und die Freie Enthalpie wird zunehmend negativ (Gleichung von Volmer). Am Graphen der Gleichung wurde das ganze veranschaulicht.

Welcher Stoff würde zuerst bzw. am einfachsten abregnen ? Benzol, Wasser oder Schwefel ?

Wovon hängt das ab ? Antwort waren natürlich die zwischenmolekularen Kräften, z.B.

Dipolwechselwirkungen. Dementsprechend würde sich das Wasser natürlich am ehesten zu Kondensationskeimen zusammenlagern (polares Molekül).

Was ist der Unterschied zwischen homogener und heterogener Kondensation ? Natürlich das Vorhandensein von fremden Kondensationskeimen. Die heterogene K. ist deshalb natürlich auch um einiges wahrscheinlicher.

Der letzte Themenbereich bezog sich auf den Versuch Rasterkraftmikroskopie. Hierbei sollte ich zuerst die Funktionsweise und den Aufbau beschreiben. Dies kürze ich jetzt ein wenig in Stichworten ab. Der interessierte Leser sei auf das eigentliche Protokoll zum Versuch bzw. auf das Vertiefungsprotokoll „Rasterkraftmikroskopische Analysen biologischer Proben“ verwiesen. Vor allem auf die Beschreibung der einzelnen Messmodi sollte hier nicht detaillierter eingegangen werden. Ich ging also zunächst auf die Detektion durch einen vom Cantilever reflektierten Laserstrahl ein, beschrieb die verschiedenen Messmodi und erklärte dann die abstoßenden und anziehenden Wechselwirkungen zwischen Spitze und Oberfläche (van-der-Waals-WW, Hartekugel Potential). Dies ganze wird dann in einem Lennard-Jones-Potential zusammengefasst, welches ich aufgezeichnet habe. Dann sollte ich die Arbeitspunkte des AFM in der Kurve zeigen. Diese befinden sich bildlich gesprochen links bzw. rechts vom Minimum des LJ-Potentials, da genau dort die Steigung der Kraftkurve (1. Ableitung der Fkt.) eine sehr große Steigung besitzt. Dies ermöglicht eine sehr empfindliche

Messung. Links vom Minimum befinden wir uns im Bereich der abstoßenden Kräfte, dies wird im Contact Mode ausgenutzt. Rechts vom Minimum wirken die anziehenden Kräfte, die wir uns im Non-Contact Mode (bzw. Tapping, Near-Contact) zur Dämpfung der Schwingung zu nutze machen.

Nun wurde ich gefragt welche anderen Rastersondenmikroskope es gibt und wie diese funktionieren. Ich ging kurz auf das Rastertunnelmikroskop (STM), das Optische Nahfeldmikroskop und das Magnetkraftmikroskop ein. Und erklärte jeweils die Funktionsweise und evtl. Nachteile. Besonders beim STM ist der Nachteil die benötigte Leitfähigkeit der Proben. Somit müssen evtl. nicht leitende Proben erst z.B. mit Gold bedampft werden. Dann ging ich auf die Vorteile des AFM ein: keine aufwendige Probenpräparation nötig, Messung in Lösung möglich bei Normaldruck, Messung aller Materialien. Danach folgte der Vergleich AFM und Elektronenmikroskop. Dies sind keine Konkurrenz- sondern eher ergänzende Methoden. Der Vorteil beim Elektronenmikroskop ist einfach bei elektrisch leitenden Proben, wo keine Auflösungen bis in den Nanometerbereich gewünscht werden. Bis in den 10-20nm Bereich liefert es ziemlich gute Ergebnisse. Dann kam die Frage, warum das denn alles Rastermikroskope sind und warum man die Oberfläche „abrastern“ würde. Dies ist natürlich zum einen dadurch zu erklären, dass nur eine sehr kleine Spitze vorhanden ist, die die Oberfläche punktuell untersuchen kann und zum anderen würde eine kontinuierliche Linienbewegung die nur sehr geringen Wechselwirkungen zwischen Probe und Spitze um ein Vielfaches überlagern.

Im letzten Teil ging es um die Spitzen des AFM selbst. Wie scharf können die denn gemacht werden ? Also prinzipiell bis max. einem einzigen Spitzenatom. Jedoch musste ich zugeben, dass ich nicht wusste, ob dies wirklich praktisch durchführbar ist. Ich erfuhr dann, dass die Spitzen z.T. wirklich mit einem Elektronenmikroskop „zusammengebaut“ werden würden, aber man wirklich nicht bis zu einem einzigen Atom kommen würde. Die nächste Frage, war dann, ob die „Mehratome“ an der Spitze stören würden. Natürlich lautete die Antwort ja. Dann eine breitere Spitze führt natürlich zu deutlich breiteren Ergebnissen. So haben wir bei unserer Vertiefung sehr schön sehen können, wie ein DNA Faden nur durch eine stumpfe Spitze um fast 10nm breiter erscheint als er wirklich ist.

Prof. Hampp ist es sehr ruhiger Prüfer, dem es in erster Linie um das Verständnis geht. Wir musste keinen Formeln herleiten, etc. Es war ein angenehmes, „normales“ Gespräch in dem es in erster Linie um Zusammenhänge ging. Er stellte nicht viele Fragen, sondern ließ uns hauptsächlich erzählen. Danach fragte er dann nach, wenn ihm einige Sachverhalte noch nicht ganz klar waren. Wenn man seine Fragen nicht sofort beantworten konnte, stellte er sie anders bzw. versuchte einem klar zumachen, was er wissen wollte ☺.

Insgesamt muss ich sagen, dass die Prüfungsatmosphäre sehr angenehm und entspannt war. Prof. Hampp ist ein Prüfer der auch mal einen Scherz macht und die Prüfung nicht so verbissen durchzieht.

Falls Ihr bei Ihm Prüfung machen wollt, wünsche ich Euch viel Erfolg und stehe für evtl. Rückfragen unter: Siebler@students.uni-marburg.de voraussichtlich bis 2005/2006 zur Verfügung.