

Prüfungsbericht zur Diplomprüfung im Fach Experimentalphysik

Prüfer: Platt

Note: 1,0

Datum: 19.9.2008

Dauer: 45-60 Min (Ich weiß nicht mehr genau wann wir angefangen haben)

Da ich irgendwie die Uhrzeit der Prüfung nicht genau wusste und mir nur Vormittag gemerkt hatte kam ich einfach mal um 9. Platt wusste auch nicht so genau Bescheid, sah nach und meinte die Prüfung sei eigentlich um 10 angesetzt aber er würde mal schauen ob der Beisitzer schon da sei, dann könnten wir das gleich hinter uns bringen. Außerdem bot er mir einen Kaffee an und als ich ablehnte Wasser oder Tee. Er schien auch gut gelaunt zu sein.

Da ich Festkörperphysik nicht wirklich mag, hatte ich mir vorgenommen falls er denn nach einem Anfangsthema fragen sollte Teilchenphysik zu wählen. Ich dachte damit und mit Atom/Kernphysik ist die Zeit dann hoffentlich schon um.

- P: Also die Prüfung muss ja jetzt den Stoff der letzten 3 Semester abdecken. Da stellt sich zumeist erst einmal die Frage woher die ersten Hinweise auf die Quantenmechanik kamen? *(Etwas dumm dass das jetzt mit der Teilchenphysik nicht so klappt, Alternativplan ist also immer mal wieder Stichwörter einzustreuen, da geht er ja gerne drauf ein)*
- I: Also erste Hinweise gab es zum Beispiel durch den Photoeffekt oder...
- P: Bleiben wir doch mal beim Photoeffekt. Was wissen Sie denn darüber?
- I: Naja es geht um das Auslösen von Elektronen durch Licht. Klassisch würde man ja vermuten, dass wenn die Welle nur lange genug draufstrahlt, dass dann irgendwann genug Energie angekommen sei um das Photon auszulösen. Das ist aber nicht der Fall da eben schon ein einziges Photon das Elektron auslösen muss und dazu genug Energie braucht.
- P: Wenn Sie jetzt den Photostrom als Funktion von Frequenz und Intensität auftragen wie sieht das dann aus? Das ist dann jetzt zwar ein 3 dimensionaler Plot.....
- I: *(Habe eben mehrere Stufenfunktionen etwas versetzt gemalt aber noch extra darauf hingewiesen, dass die Stufen jeweils an der gleichen Stelle sind)*
- P: Und wie sieht das jetzt aus wenn man zu höheren Energien geht?
- I: *(Ich hatte nach der Stufe auch nicht wirklich weit weiter gezeichnet)*
Für sehr hohe Energien fällt die Kurve dann wieder etwas ab weil der Wirkungsquerschnitt mit der Energie sinkt.
- P: Warum ist das so?
- I: Weis ich ehrlich gesagt nicht so genau, Querschnitt für Photoeffekt geht gegen $\frac{Z^5}{E_{kin}}$, könnte ich jetzt aber nicht herleiten.
- P: OK, irgendwann im Röntgenbereich wird es dann abfallen.
- I: Könnte natürlich sein das es später noch weitere Stufen gibt...
- P: Warum dass ?
- I: Falls die Energie hoch genug wird auch aus niedrigeren Schalen Elektronen auszulösen, dann müssten sich die Querschnitte addieren.
- P: Ja das könnte sein.... Was passiert denn, wenn aus einer tieferen Schale ein Elektron ausgelöst wird?
- I: Aus einer äußeren Schale würde eines nachrücken und dabei die Energiedifferenz abgeben. Wenn es diese auf ein äußeres Elektron überträgt, könnte dadurch auch ein 2. Elektron ausgelöst werden.
- P: Das passiert tatsächlich, wissen Sie wie man das nennt?
- I: Leider nicht, ist sowas ähnliches wie Autoionisation, wobei 2 Elektronen angeregt werden und dann die Energie auf eines übertragen wird, welches emittiert wird, das zweite fällt zurück.
- P: Das ist aber schon etwas anderes. Sie haben es aber schon richtig beschrieben. Man nennt den Vorgang Auger-Effekt.....Offenbar haben Sie schon davon gehört.
(Konnte man mir wohl ansehen, kA)

- P: Was für einen Photostrom misst man dann?
- I: Naja mehr, evtl sogar größer als bei der 1. Stufe.
- P: Das stimmt. Wie würden Sie die Intensität denn überhaupt definieren?
- I: Z.B. Photonen pro Sekunde, d.h. Moment, am Anfang weiß man ja noch gar nichts von Photonen...
- P: Also wir sind jetzt in der Gegenwart angekommen, das ist schon in Ordnung. Wie sieht die Kurve dann aus?
- I: (???) Eben so.... (*Deutete auf die Zeichnung*)
(*Nachdem irgendwie nichts von Platt kam*)
- I: Im Grunde müssten wir allerdings erst einmal den Versuchsaufbau genau angeben. Also ich Stelle mir das so vor: Wir haben hier eine Katode als Target und dann einen Anodenring der die Elektronen aufnimmt und zurückführt. Zwischendrin messen wir den Strom?
- P: Ja das stimmt schon so. (*Dachte ich doch*), aus was für einem Material macht man die Katode denn?
- I: Das kommt darauf an was man machen will. Man kann ja hiermit z.B. die Austrittsarbeit messen, dann nimmt man klarerweise das entsprechende Material. Bei Photomultipliern z.B. verwendet man gerne Alkali-Metalle wegen der geringen Bindungsenergie.
- P: Ja aber am Anfang wusste man ja von alldem noch nichts...
- I: Naja dann sollte man am besten irgend ein Metal nehmen damit es leitet
(*Damit gab er sich dann irgendwie zufrieden*)
- P: Da wir das jetzt schon so sophisticated abhandeln... Naja eigentlich nicht wirklich sophisticated..., was ist denn wenn ich die Intensität jetzt anders definiere, z.B. über die eingestrahlte Leistung, wie sieht das Diagram dann aus?
- I: Gibt wieder eine Stufenfunktion.
- P: Stimmt nicht ganz. Eigentlich dachte ich Sie hätten es verstanden, jetzt bin ich mir allerdings nicht mehr sicher...
- I: (*Nach kurzer Denkpause*) Oh, klar, natürlich fällt die Funktion dann gleich nach der Stufe wieder ab da für höhere Frequenzen bei gleicher Leistung weniger Photonen einfallen.
- P: Genau. Jetzt haben Sie vorhin was von Austrittsarbeit gesagt. Was ist das und wie messe ich die?
- I: Naja zum Auslösen muss die Energie zugeführt werden. Wenn ich jetzt die kinetische Energie gegen die Frequenz auftrage...
- P: Kinetische Energie?
- I: Man legt eine Gegenspannung an und schaut wann der Photostrom verschwindet.
- P: Ja, und das funktioniert weil man genau an der Stelle auch die Elektronen mit der höchsten Impulskomponente entgegen der Spannung abbremst. Formel?
- I: $h \cdot \nu = E \cdot U$
- P: Schauen Sie nicht so überrascht, man muss ja auch mal Formeln fragen. Wie bekomme ich jetzt die Austrittsarbeit?
- I: Wenn man jetzt also die Energie gegen die Frequenz aufträgt dann bekommt man eine Gerade. Steigung ist die Planck'sche Konstante, Schnittpunkt mit der y-Achse ist Austrittsarbeit.
- P: Und wenn ich nur eine Messung machen will?
- I: Wenn sie die Konstante bereits kennen reicht ja eine Messung für die Gerade.
- P: Machen wir mal etwas anderes. Wissen Sie denn was ein schwarzer Strahler ist?
- I: Ein Körper der auf allen Wellenlängen alles absorbiert. Kann man durch einen Hohlraumstrahler realisieren. Wichtig ist das das Öffnung klein gegen die Ausmaße des Hohlraums sind.
- P: Wie sieht spektrale Energiedichte aus?
- I: (*Planck Kurve gezeichnet*)
- P: Und wie verhält die sich jetzt?
- I: Also das ist jetzt die Wellenlänge. Wenn man die Frequenz aufträgt steigt sie erst mit ν^3 an und fällt dann exponentiell ab.
- P: Und wie kommt man hier hin, da gibt es ja erst einmal Näherungen.

- I: Also zuerst: In den Hohlraum passen ja nur stehende Wellen. Da Wellenlänge klein gegen Hohlraum kann man immer integrieren statt summieren. Jetzt kann man ausrechnen wie viele Moden in ein Frequenzintervall $d\nu$ passen: $v(\nu)d\nu = \frac{8\Pi\nu^2}{c^3}$. Im Rayleigh-Jeans Gesetz nimmt man jetzt an, dass jede Mode die Energie $k \cdot T$ hat. Das führt dann sofort zur Ultraviolett-Katastrophe: Wenn man das jetzt ausintegriert divergiert natürlich die abgestrahlte Energiemenge.
- P: Da müssen Sie nicht integrieren, das kann ja nicht sein dass die Energie für immer höhere Frequenzen immer größer wird. Wie behebt man das jetzt?
- I: Planck hat dann die Energien quantisiert, jede Mode kann nur eine Energie $n \cdot h \cdot \nu$ mit $n \in \mathbb{N}$ haben. Diese sind Boltzmannverteilt, also gilt für die Besetzungswahrscheinlichkeit $P(n) = \exp(-nh\nu/k_B T)$. Wenn man jetzt den Mittelwert bildet kommt man zur Planckschen Strahlungsformel (*Musste ich nicht einmal hinschreiben*).
- P: Jetzt haben Sie da ja schon eine Kurve eingezeichnet. Wie würde z.B. die Kurve für die Doppelte Temperatur aussehen?
- I: Also wesentlich höher, abgestrahlte Energie geht mit T^4 .
- P: Also das Maximum geht mit T^3 . (*Er rechnete mir dann vor, dass dies nicht mehr auf ein Din A4 Blatt passen würde*). Wo läge das Maximum?
- I: Halbe Wellenlänge wie bei der Kurve davor. Dies besagt das Wiensche Verschiebungsgesetz: $T \cdot \lambda_{max} = const$
(*Habe dann eben eine hohe Kurve qualitativ eingezeichnet*)
- I: Das interessante an den Kurven ist dann im übrigen auch, dass Sie sich nie schneiden
- P: Wo kann man das z.B. benutzen?
- I: Aus Entfernung Temperatur messen. Da sie sich nie schneiden muss man nur bei einer Frequenz eine Messung durchführen und das ist schon eindeutig
- P: Da gibt es aber eine Annahme die man immer machen muss?
- I: Das es sich um einen schwarzen Strahler handelt.
- P: Und stimmt das?
- I: Natürlich nicht.
- P: Ja klar, kann ein Physiker immer sagen, aber wie gut ist denn die Näherung?
- I: Schon ganz brauchbar, kommt allerdings auf die Farbe an, im visuellen Bereich hat man dann ja auch noch viel Reflektion....
- P: (*Er erklärte dann, dass es natürlich zu großen Abweichungen käme, (z.B. sei ja wohl weiß kein schwarzer Strahler, irgendwie logisch) allerdings im Infraroten es dann doch ziemlich genau stimmen würde. Außerdem erklärte er, dass der Laser bei den Thermometern nur dazu da sei, zu zeigen wo man misst, er hätte sich auch so ein Infrarotthermometer gekauft, es funktioniere erstaunlich gut*)
Aus welchem weiteren Grund misst man den noch im Infraroten?
- I: (*Nach irgend einem Hinweis von ihm, weis nicht mehr genau*) Intensität bei unseren Temperaturen hier ist in dem Bereich natürlich viel höher
- P: Genau also wenn man im visuellen Messen würde, da ist die Kurve hier ja schon fast Null.
(*Er erzählte dann noch viel, dass man diese Art der Temperaturbestimmung schon sehr lange nutzen würde, z.B. Schmiede könnten dadurch sehr gut abschätzen wie weich das Metal sei etc. Man könne natürlich auch einfach drauf hauen, dann würde man das wohl auch merken...*)
Da wir es von Intensitäten hatten. Wie viel wird denn insgesamt abgestrahlt?
- I: Da gibt es das Stephan Boltzman Gesetz: $P = \sigma \cdot T^4$
- P: Da fehlt jetzt noch etwas
- I:Hm man muss jetzt noch entweder die Fläche oder den Raumwinkel berücksichtigen, also z.B. $P = \sigma \cdot T^4 \cdot A$.
- P: Was ist denn so die abgestrahlte Leistung pro Quadratmeter bei Zimmertemperatur.

- I: *(Da ich weder den Wert kannte noch die Konstante auswendig wusste ersann ich folgende Methode die Konstante zu bestimmen. Solarkonstante auf der Erde ist bekannt. (Nicht ganz, ich dachte $1,3 \cdot 10^4$, ist aber $1,3 \cdot 10^3$ wie Platt mich verbesserte). Wenn man jetzt mit $(\frac{\text{Erdbahnradius}}{\text{Sonnenradius}})^2$ multipliziert bekommt man die von der Sonne abgestrahlte Energie. Über die Oberflächentemperatur von ca 5000K kann man dann σ bestimmen. Dies und die Zimmertemperatur einsetzen würde das gesuchte Ergebnis liefern. Nach einer Weile hatte Platt dann auch verstanden was ich meinte, war aber der Meinung das sei doch viel zu umständlich wenn ich die Solarkonstante schon hätte und die würde sich später eh rausheben)*
- I: *(???)*
- P: Was strahlt denn die Erde so ab?
- I: Naja, da Temperatur ca im Gleichgewicht müsste die Erde ja so viel abstrahlen wie sie aufnimmt. Allerdings herrscht in der Atmosphäre ja eine andere Temperatur als hier und es geht ja mit T^4 . Aber Größenordnung wäre dann eben auch 10^3W/m^2
- P: Also es kommt gut hin, sind 300Watt/m^2 *(Gut hin? oder sagte er 1300?)*. Ist zwar kälter aber man muss noch die Erdalbedo usw. berücksichtigen aber lassen wir das.
(Er erzählte dann noch eine Weile, dass das Planck Gesetz ja ein Einstieg in die Quantenmechanik von hinten sei, da die spektrale Energiedichte ja doch sehr kontinuierlich sei, die richtige Erklärung dann aber erst durch die Quantenmechanik käme, das würde man nicht erwarten. Beim Photoeffekt könne man die Photonen ja direkt erkennen. Er finde das sehr beeindruckend.)
- P: Jetzt haben Sie vorhin den Raumwinkel erwähnt. Man strahlt ja nur in den Halbraum. Wie viel ist das?
- I: 2π
- P: Wie ist die Verteilung?
- I: Isotrop.
- P: Das ist ein häufiger Irrtum!
- I: Es muss doch aber Isotrop sein, wegen des Zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik.
- P: Nein stimmt nicht, da gibt es ein einfaches Strahlungsgesetz von einem Deutschen *(Stimmt nicht, habe es nachgeschlagen, er war Schweizer)*
- I: Hm, dann gibt es wohl eine θ -Abhängigkeit. Tut mir Leid, keine Ahnung welche.
- P: Also das es unabhängig vom Azimutwinkel ist, ist klar. Schon mal was vom Lambertschen Gesetz gehört. Abstrahlung geht mit Cosinus des Winkels.
- I: Zumindest den Namen habe ich schon gehört. *(Aber vom Lambert-Beer'schen Gesetz, keine Ahnung ob das der gleiche ist.)*
- P: Das vergessen im übrigen sehr viele. Wenn sie zwei Strahlungsrechnungen haben und Sie unterscheiden sich um einen Cosinus oder einen Faktor 2π wissen Sie sofort wo der Fehler liegt.
(Im Nachhinein ist mir auch klar wo mein Denkfehler ist. Wenn man unter einem Winkel abstrahlt, dann geht die Querschnittsfläche der abgehenden Strahlung natürlich mit dem Cosinus der abstrahlenden Fläche, daher dann klarerweise auch der Cosinug Faktor. Das meinte ich auch irgendwie mit Isotrop. Man sollte mal besser nachdenken...)
- P: Wir müssen dann noch etwas Atomphysik machen. Über Elektronen haben wir schon gesprochen. Wie sieht es denn im Kern aus. Aus was besteht der.
- I: Kern besteht aus Protonen und Neutronen. Die bestehen ihrerseits wieder aus Quarks. In diesem Fall den zwei leichtesten: Up und Down Quark. Die Nukleonen wechselwirken stark....
(Und schon sind wir in der Teilchenphysik)
- P: Moment kurz, was gibt es denn noch?
- I: Naja eben Gluonen die von den Quarks ausgetauscht werden. Dann waren das bisher nur die Valenz Quarks, es gibt noch See Quarks. Und dann wirken die Nukleonen untereinander durch Pionen Austausch.
- P: Das ist zwar richtig aber ich meinte eigentlich welche Quarks gibt es noch?

- I: Stichwortartig: Strange, Charm, Bottom, Top. 3 Familien, Bottom Top am schwersten. Strange heist seltsam weil langlebig. Aus historischen Gründen Strangeness -1. Starke WW erhält Flavor. Deshalb Zerfall nur über schwache Wechselwirkung möglich. Quarks keine Masseneigenzustände der schwachen WW. Deshalb unitäre Matrix mit schwer zu merkendem Namen: Cabibbo-Kobayashi- und irgendwas mit M. Muss natürlich unitär sein wegen Baryonenzahlerhaltung. Den Namen kann ich mir irgendwie doch ganz gut merken. In Star Trek gibts nan Kobayashi Maru Test...., klingt irgendwie ähnlich. Zurück zu den Quarks. Zerfallsmöglichkeiten eingezeichnet. Top nach Down auch möglich aber noch stärker unterdrückt als strange nach up. Strange nach Up aber einzige Möglichkeit wegen der Massen. Schwache WW eh nicht so stark. Deshalb Lebenszeiten lang, etwa 10^{-6} (Bin mir da nicht ganz sicher, er hat mich aber nicht unterbrochen). Das ist für Teilchen ja schon recht lange Zeit. Meisten haben 10^{-10} und weniger (falls Sie denn Zerfallen).
- (*Er hat mich hier übrigens lange vortragen lassen, ohne zu unterbrechen*)
- P: Jetzt reden Sie die ganze Zeit von Quarks, kann man die denn sehen?
- I: Einzeln nicht. Man sieht aber bei tief inelastischer Elektronstreuung WW mit einzelnen Quarks. Das Phänomen nennt man Confinement. Es gibt 3 mögliche Farbladungsn. Jedes Quark trägt eine. Zusammen müssen Sie sich zu weiß ergänzen. (Deshalb die Analogie zu den Grundfarben, hat ja mit Farbe eigentlich nichts zu tun).
- P: Gibt es noch andere Möglichkeiten weiß herzustellen?
- I: Proton und Neutron sind Baryonen bestehend aus 3 Quarks oder 3 Antiquarks. Es gibt noch Mesonen aus je einem Quark Antiquark Paar die je Farbe und passende Antifarbe tragen.
- P: Wie ist denn das Potential zwischen zwei Quarks?
- I: Wird von Gluonen vermittelt die selbst Ladung tragen. Hat den gewohnten $1/r$ Term, steigt dann aber für große r linear an. ($c_1 \cdot \frac{1}{r} + c_2 \cdot r$)
- P: Wie ist also die Kraft für große Abstände?
- I: Konstant. Wenn man jetzt 2 Quarks immer weiter auseinanderzieht hat man irgendwann genug Energie zum Erzeugen eines neuen Quark - Antiquark Paares. Deshalb kann man sie nie einzeln beobachten.
- P: Das ist also so ähnlich wie bei einem Gummiband. Zeichnen sie doch mal dessen Potential ein!
- I: Hm, ist doch einfach ein harmonischer Oszillator (*Also Parabel gemalt*). Hier rechts wird es irgendwann abflachen. Ist auch kein wirkliches Potential mehr da das Gummi nach der Überdehnung nicht mehr in den Ausgangszustand zurückkehrt. Und dann reisst es eben noch später.
- P: Mit dem Teil auf der negativen x-Achse bin ich allerdings nicht einverstanden...
- I: (*Durchgestrichen*) Macht auch wenig Sinn, man kann ja nur ziehen...
- P: Gehen wir mal zurück zum Kern. Warum hält der zusammen?
- I: Es gibt wie gesagt die starke WW als Rest der Quarkwechselwirkung. Hat allerdings nur eine Reichweite von ca $10^{-15}m$. In einer Regelmäßigen Anordnung spürt das Atom also nur seine jeweils nächsten Nachbarn. Die Energie durch starke WW also begrenzt. Das Coulomb-Potential reicht weiter und die Abstoßung wird dadurch immer Größer. Deshalb gibt es ab einer gewissen Größe keine Kerne mehr.
- P: Also starke WW reicht ja auch weiter, sie fällt nur eben exponentiell ab. Wie sieht das Coulomb Potential denn aus?
- I: Bei homogener Ladungsdichte proportional zu Z^2/r . Deshalb gibt es ja Neutronen im Kern wodurch der Radius erhöht wird was die Energie reduziert. Sonst müsste das Neutron aufgrund der größeren Masse ja zerfallen.
- P: Ja und der Faktor $1/r$ ändert sich schon ziemlich drastisch. Was für Kernmodelle gibt es denn?
- I: Schalenmodell z.B.. Ziemlich analog zu den Elektronenschalen beim Atom. In die unterste Schale passen nur 2 Protonen mit antiparallelem Spin weil Protonen eben Fermionen sind. Weitere Protonen müssen in höhere Schalen was energetisch ungünstiger ist.

- P: Was sind Fermionen?
- I: Halbzahligem Spin oder unter Teilchenaustausch Antisymmetrische Wellenfunktion.
- P: Was heisst das für die Wellenfunktion im Ursprung?
- I: Muss Null sein.
- P: *(Er frage dann etwas rum wobei ich nicht genau verstand was er denn noch wollte. Es lief dann darauf hinaus, dass eben wenn 2 Fermionen im gleichen Zustand seien, die Funktion verschwinden würde, und eben deshalb keine 2 ununterscheidbaren Fermionen im gleichen Zustand sein dürfen. Irgendwie hatte er wohl recht, hatte wohl verpasst das zu erwähnen)*
Wie beschreibt man denn die Wellenfunktion mit Spin ?
- I: *(Hm ärgerliche Frage, kenn ich mich nicht so gut aus, also erstmal:)* Man multipliziert den Spin Teil, meistens χ genannt an die Ortswellenfunktion.
- P: Und wie sieht der Spin Teil aus?
- I: *(Nach etwas hin und her)* Kann man durch Matrizen beschreiben
- P: Wie heißen die?
- I: Pauli Matrizen.
- P: *(Lachte irgendwie kurz und wartete gewisse Zeit)*
Wie groß sind die?
- I: 2 kreuz 2
- P: *(Lachte erneut, Beisitzer auch fiel mir auf)*
- I: Was ist denn so lustig?
- P: Keine Ahnung, er hat gelacht *(Deutete auf Beisitzer, muss man wohl nicht wirklich verstehen)*
- P: Wer hat denn eigentlich das Schalenmodell erfunden?
- I: *(Hatte keine Ahnung)*
- P: *(Der Kerl heisst Jensen. Heidelberger Physiker und Nobelpreisträger. Ich solle mich schämen....)*
Wir sollten vielleicht noch die Masseformel behandeln, die meisten Terme haben wir eh schon besprochen.
- I: Die Formel kann man teilweise recht gut am Tröpfchenmodell erklären in analogie zum Wassertropfen, welcher versucht seine Oberfläche zu minimieren. Die Bindungsenergie pro Volumen ist eben konstant (Volumenterm proportional zu A), an der Oberfläche aber geringer, deshalb muss man Oberflächenterm abziehen.
- P: Was für Terme gibt es sonst noch. Haben alle negatives Vorzeichen? Also außer dem Volumenterm. Wir rechnen die Bindungsenergie jetzt mal positiv.
- I: Nein, der letzte Term nicht.
- P: Wie heisst der?
- I: Name Keine Ahnung. Beschreibt aber Energiedifferenz die durch gerade / ungerade Protonen / Neutronen Zahl entsteht, für gg positiv, für uu negativ.
- P: Welche gibt es noch?
- I: Naja Coulomb Term. Geht wie gesagt mit $1/r$ also mit $1/A^{1/3}$. Und dann noch der Asymmetrieterm. Betrachte Fermigasmodell. Wenn schon viele Protonen im Topf sind ist es günstiger den Neutronentopf weiter aufzufüllen, da hier noch tiefere Energieniveaus unbesetzt sind. Wegen der Coulombabstoßung ist der Neutronentopf etwas tiefer, daher gibt es in der Regel mehr Neutronen im Kern.
- P: Haben Sie eine Ahnung wie groß die räumliche Unschärfe für die Nukleonen ist?
- I: Spontan keine Ahnung. Dafür müsste man ja den Impuls kennen. Man könnte anders herum die räumliche Unschärfe als den Kerndurchmesser annehmen und dann die Impulsunschärfe ausrechnen.
- P: Wie könnte man denn direkt an die Impulsunschärfe gelangen?
- I: Am ehesten über die Energie und $E = \frac{p^2}{2m}$. Allerdings müsste man dann die kinetische Energie kennen, da fällt mir jetzt direkt auch nichts ein.
- P: *(Nach einer Weile)* Virialsatz?

- I: Also beim harmonischen Oszillator gilt im Mittel $T = V$ aber das wissen wir ja hier nicht.
- P: Aber die Größenordnung könnte stimmen. Wenn man das jetzt mal für die Hüllenelektronen und die Nukleonen vergleicht. Wie groß sind denn Atom und Atomkern?
- I: Kern ca 10^{-15} , *Atom* ca 10^{-10} Sind also 5 Größenordnungen. Also 10 für die Energie
- P: Warum das?
- I: $p^2 \dots$ (*Der Beisitzer meinte, dies würde evtl durch Masse kompensiert*). Massenunterschied ca Faktor 1000. Also 7 Größenordnungen.
- P: Und wie groß sind Bindungsenergien in der Hülle und im Kern?
- I: Hülle eV - Bereich, im Kern einige MeV.
- P: Und zwar eher 10 als 1.
- I: Bis zu 8. Dann kommt das ja ganz gut hin.
- P: Ja, jedes mal wenn ich das ausrechne.... Sind denn alle Kerne stabil?
- I: Nein, zu asymmetrische Kerne zerfallen über β Zerfall, zu schwere Kerne über α Zerfall. Schwere Kerne können sich auch spontan in zwei leichtere Spalten.
- P: Dann erzählen Sie doch mal was dazu!
- I: Nehmen wir einmal den α Zerfall. Er hat kein kontinuierliches Spektrum. Es kann allerdings mehrere Linien geben. Dann zerfällt entweder ein angeregter Mutterkern oder der Tochterkern ist angeregt...
- P: Wie wird der seine Anregungsenergie los?
- I: γ Zerfall. In der Tat beobachtet man im Zerfallsprodukt γ Aktivität mit genau der Energiedifferenz verschiedener α Linien. α Energie ist im MeV Bereich. Reichweite von Alpha-Strahlung in Luft einige cm...
- P: Warum so kurz?
- I: Wirkungsquerschnitt für Energieübertrag ist sehr groß. Aufgrund von Energie und Impulserhaltung kann Energie hauptsächlich an Objekte vergleichbarer Masse also andere Kerne, am besten Leichte, übertragen werden, während z.B. β Strahlung Energie mehr an Hüllenelektronen abgibt.
- P: Genau, und wenn da bei jeder Kollision nur 5% abgegeben werden, ist sehr schnell nichts mehr übrig. Reichweite von γ Strahlung?
- I: Lambert-Beer'sches Gesetz. Intensität nimmt exponentiell ab.
- P: Sehen Sie, da haben Sie den Lambert wieder. Warum exponentiell.
- I: Energie quantisiert in Photonen. Gibt einfach auf einer gewissen Strecke z.B. 50% Chance absorbiert zu werden. Fall es nicht absorbiert wurde auf der gleichen Strecke wieder 50% Chance.
- P: Wobei das mit der Halbwertszeit physikalischer Unsinn ist. Man sollte die $1/e$ Zeit angeben. Nur müsste man dann in jedem Zeitungsartikel erst erklären was das ist.
- I: So schlimm ist der Faktor $\ln(2)$ doch auch wieder nicht?
- P: Sie haben keine Ahnung wie oft es da zu Fehlern kommt. Egal.. wie kommt es zum Zerfall?
- I: Im Kern bildet sich ein Helium Kern aus. Der ist energetisch sehr günstig da gg und 2 volle Schalen also doppelt magisch.
- P: Wenn der dann also genug Energie hat kann er sich einfach vom Kern lösen. Warum zerfällt der Kern dann nicht sofort?
- I: Wenn die Energie über der Potentialbarriere liegen würde, würde das passieren. Sonst hat er nicht genug Energie um durch die Potentialbarriere der starken WW durchzukommen. Hier muss er durchtunneln. Die Coulomb Abstoßung macht dann den Rest.
- P: Können Sie etwas zum Tunneln sagen?
- I: Die Tunnelwahrscheinlichkeit beim α Zerfall nennt man Gamow Faktor, keine Ahnung wie man es ausspricht. Am einfachsten kann man die Tunnelwahrscheinlichkeit an 2 Potentialkästen mit endlichem Wall erklären. (*Kurze Skizze*). Wellenfunktion fällt im Wall exponentiell ab. Erreicht sie den zweiten Potentialtopf, wird sie wieder sinusförmig. Die Tunnelwahrscheinlichkeit errechnet sich dann zu $T_0 \cdot \exp(-\frac{1}{\hbar} \sqrt{2 \cdot m \cdot (E_0 - E)} \cdot x)$ wobei E_0 Höhe des Walls, E Energie des Teilchens, x die Breite. Für nicht Kastenförmige Barriere gibt es dann eben Näherungen, z.B. WKB

- P: Was sind typische Zerfallszeiten?
- I: Bruchteile von Sekunden bis ca 10^9 Jahre bei Uran 238.
- P: Was gibt es noch für Uranisotope?
- I: 235, zerfällt schneller als 238, deshalb ist nicht mehr so viel vorhanden und man muss anreichern, 239 lebt auch noch gewisse Zeit. 236 zerfällt glaube ich recht schnell.
- P: 234 gibt es glaube ich noch, (*Schaut Besitzer an, der schüttelt den Kopf*) eigentlich müssten wir das besser wissen.... Wie können sich denn die Zeiten so unterscheiden?
- I: Liegt an der exponentiellen Abhängigkeit
- P: Genau, wenn Sie die Energie nur etwas größer machen und die Breite mit einem Faktor versehen haben Sie sehr schnell viele Größenordnungen. Jetzt hatten wir α und γ Zerfall. Was ist denn β Zerfall.
- I: (*Ich war ehrlich gesagt froh, dass er noch nach β gefragt hat. Hier kann man gut Neutrinos und wieder etwas Teilchenphysik unterbringen. Hatte mich schon wirklich geärgert vorher mit α Zerfall angefangen zu haben....*)
 Es gibt β^+ und β^- Zerfall. Entweder ein Proton zerfällt erst einmal in Neutron und Positron oder ein Neutron in Proton und Elektron. Zerfall der schwachen WW weil Quarks umgewandelt werden. Energiespektrum ist kontinuierlich, weshalb eigentlich 3 Teilchen involviert sein müssten. Außerdem kann es passieren, dass Proton und Elektron im Ruhesystem des Neutrons in den gleichen Halbraum fliegen, das passt von der Impulserhaltung nicht. Außerdem muss ja die Leptonenzahl erhalten bleiben. Deshalb postulierte man ein weiteres Teilchen, das Neutrino. Für jede Elektronenfamilie gibt es je ein Neutrino, da jeweils die Leptonenzahl für die Familie auch erhalten bleibt. Wobei das jetzt wieder auch nicht ganz stimmt wegen der Neutrinooszillation. Man beobachtet z.B. zu wenige Elektronenneutrinos von der Sonne. Da gab es z.B. das Homestake Experiment. Oder neuerdings Super Kamiokande
- P: Das ist ja wieder mal typisch für Sie...
- I: (*Schaute ihn fragend an*)
- P: Das Heidelberger Experiment kennen Sie natürlich nicht. (*Habe den Namen jetzt auch schon wieder vergessen. Zumindest hat man dabei Neutrinos einer anderen Energie gemessen, deren Entstehung in der Sonne gesicherter sei als die hochenergetischen in Homestake. Es folgte eine kurze Diskussion über den CNO und den $4p$ Zyklus in der Sonne, Platt meinte man bräuchte immer Kohlenstoff als Katalysator, kann aber nicht stimmen, denn zumindest die ersten Sterne müssen ja Wasserstoff zu Helium gebrannt haben. Zumindest setzen die Zyklen erst ab bestimmten Kerntemperaturen und damit bestimmten Sternmassen ein. Wir waren uns nicht sicher was jetzt für die Sonne zutrifft.*)
 Machen wir abschließend noch kurz Umweltphysik. Wie kann man den Zerfall denn zur Datierung nutzen?
- I: Da gibt es die C 14 Methode, oder man benutzt z.B. Tritium für die Datierung von Wein.
- P: Wie zerfällt C 14?
- I: Zu leicht für α Zerfall. Muss also β Zerfall sein.
- P: Halbwertszeit?
- I: Einige 1000 Jahre
- P: Ja, in etwa 6000, wie kann man jetzt damit messen?
- I: Man kennt ja die durchschnittlichen Verhältnisse von C 14 zu anderen Kohlenstoffisotopen. Wenn nun alles irgendwo eingeschlossen ist zerfällt C 14 langsam, während der Rest erhalten bleibt. Misst man nun das Verhältnis kann man das Alter bestimmen.
- P: Und was misst man dann, z.B. bei einem Knochen?
- I: Naja Todeszeitpunkt, dh, macht nicht wirklich Sinn, Geburt aber auch nicht, irgendwas zwischendrin. Ist ja bei der Zeitspanne auch nicht so wichtig.
- P: Also Wachstumszeitpunkt. Die Interpretation der Ergebnisse ist dann in der Regel sogar schwerer als die eigentliche Physik dahinter. Die Epoche zu bestimmen ist natürlich einfach, aber wenn man jetzt z.B. wissen will wer zu der Zeit gerade Kaiser war... Was würde man z.B. bei Holz statt Knochen messen?
- I: Wohl auch Wachstumszeitpunkt

P: *(Hat denn noch etwas über Baumringe erzählt: Wenn man mir jetzt jemand nen Stuhl gibt dann kann ich da evtl Ringe zählen, aber ich weis ja nicht was jetzt der erste Ring ist... obwohl es da auch Methoden gibt...)*

Ich denke wir können dann Schluss machen. Lassen Sie und bitte kurz allein.

Das war jetzt definitiv zu viel Text..., Gratulation jedem der durchgehalten hat, bei der Theo Prüfung wirts nur Stichwörter geben....

Andererseits kann man so die Prüfungsatmosphäre evtl. etwas einschätzen. Das Gute an Platt ist, dass man sehr genau steuern kann was man macht. Wenn man einfach nur direkt Stoff runterbetet unterbricht er einen Schnell. Besser ist es zu Erwähnen was man interessant findet und wie man es z.B. nutzen kann. Dann kann man auch mal einen längeren Vortrag halten. Zu Teilchenphysik kommen keine wirklich Tiefgehenden Fragen. Vordiplomsstoff muss man allerdings schon auch beherrschen. Auch sollte man keine Angst haben, nochmal nachzufragen was er denn will wenn man gerade auf dem Schlauch steht. Ist manchmal nicht sofort ganz klar. Gelernt habe ich aus allen Demtröder Bänden. Band 3 ist wohl das wichtigste für die Platt Prüfung. Dann eben noch der Anfang von Band 4. Aus Band 2 dann noch Speziell Hohlraumstrahlung. Wenn man ihn nicht speziell darauf anspricht kann sich das meiste aus Teilchenphysik schenken. Das ich um die Festkörperphysik rum kam war wohl aber nur Glück. Außerdem sollte man sich mit Molekülspektren auskennen. Kam bei mir jetzt zwar auch nicht dran. In der Nachbesprechung hat er aber gleich von Rotationsbanden erzählt. Ich würde zumindest wieder zu Platt gehen. Die Benotung finde ich in jedem Fall fair. Vielleicht ist es aber ganz gut, wenn man ihr vorher schon kennt.

Viel Erfolg!