

# Mündliche Prüfung

bei Prof. Jörg Jäckel

Februar 2014

## Vorlesungen

- Standardmodell (gehört bei Dr. Rodejohann und Prof. Schöning)
- Quantenfeldtheorie II (gehört bei Prof. Weigand)

## Allgemeines

Ich habe während des Semesters mit dem Lernen angefangen, allerdings maximal zwei Tage pro Woche. Nach dem Semester habe ich dann noch zwei Wochen intensiv gelernt. Also insgesamt vielleicht fünf Wochen intensiv. Als Literatur hat mir Professor Jäckel die Bücher Peskin & Schröder für QFT und Cottingham & Greenwood für das Standardmodell empfohlen. Auf Nachfrage hat er mir für Peskin & Schröder sogar konkrete Kapitel genannt. Peskin & Schröder kann ich natürlich voll und ganz weiter empfehlen, während mich Cottingham & Greenwood leider nicht überzeugen konnte. Das Buch liefert nur eine oberflächliche Zusammenfassung des Standardmodells. Zusätzlich habe ich mit dem Skript von Professor Weigand und den Folien von Professor Schöning gearbeitet.

## Standardmodell

- 1 *Eichgruppen*
- 2 *Lagrangian (Komplett vor Symmetriebrechung in sehr kompakter Schreibweise); Erklärung zu einzelnen Termen; Erklärung der kovarianten Ableitung; Einführung der CKM Matrix*
- 3 *Warum sind schwache Wechselwirkungen bei niedrigen Energieskalen unterdrückt?*  
Kopplung leicht größer, aber Unterdrückung durch Masse der Eichbosonen.
- 4 *Wie zerfallen  $\pi^+$  und  $\pi^0$  Pionen (mit Feynman-Diagrammen)? Welches lebt länger und warum?*  
 $\pi^0$  zerfällt hauptsächlich in zwei Photonen (elektromagnetischer Prozess) während  $\pi^+$  nur über die schwache Wechselwirkung zerfallen kann (hauptsächlich in Myon und Neutrino wegen Helizität). Daher lebt  $\pi^+$  länger.
- 5 *[Professor Jäckel hat mir einen R-Plot gezeigt.] Was ist zu sehen, was kann man daraus ablesen, etc.?*  
Der Plot zeigt das Verhältnis der Prozesse  
$$\text{Elektron} + \text{Positron} \rightarrow \text{Hadronen} \quad \text{zu} \quad \text{Elektron} + \text{Positron} \rightarrow \text{Myonen}$$
  
Resonanzen und die Anzahl Farben sind ablesbar.
- 6 *Was ist der Lamb-Shift und wie kann man ihn messen?*  
Erklärung durch Propagator-Korrekturen  $\rightarrow$  Uehling-Potential. Der Lamb-Shift wird in der Energiedifferenz zwischen  $2s$ - und  $2p$ -Orbitalen gemessen, da diese davor theoretisch das gleiche Energieniveau haben.
- 7 *Warum haben diese Orbitale vor dem Lamb-Shift die gleiche Energie? [Nachdem ich hier unsicher wurde, änderte Professor Jäckel die Frage zu:] Welche Symmetrie rettet die Unabhängigkeit der Energie vom Drehimpuls?*  
Symmetrie zum Runge-Lenz-Vektor.

8 *Warum ist der Lamb-Shift trotzdem schwer zu messen?*

Formfaktoren vom Proton haben auch Einfluss und sind schwer zu messen.

9 *Nenne Higgs-Produktions- und Zerfallskanäle.*

Bevorzugter Produktionskanal am LEP:  $Z$ -Boson strahlt ein Higgs ab (“Higgs-Strahlung”). Am LHC: Zwei Gluonen mit einem Top-Quark-Loop, da Higgs bevorzugt an schwere Massen koppelt. Zerfallskanäle: in zwei  $Z$ -Bosonen und dann in vier Myonen (“golden channel”) oder in zwei Photonen (“silver channel”), da diese das beste Verhältnis zu restlichem Standardmodell-Hintergrund haben.

## Quantenfeldtheorie II

1 *One-loop Diagramm in  $\phi^4$ -Theorie. Was sind die Divergenzen des Diagramms?*

Logarithmische Divergenz. [Danach drehte sich das Gespräch um superficial divergency counting.]

2 *Wie lautet die Callen-Symanzik-Gleichung?*

[Hingeschrieben, erklärt.]

3 *Was ist die wesentliche Aussage, wenn die rechte Seite null ist?*

Korrelator unabhängig von Renormierungsskala.

4 *Mit welcher Größe wird die Energieskala meistens identifiziert?*

$\sqrt{s}$ .

5 *Wie lautet die Beta-Funktion von QED?*

[One-loop Ergebnis hingeschrieben und erklärt.]

6 *Warum ist das im Infraroten nicht korrekt?*

Die reale Kopplung geht nicht gegen null für Energie  $E \rightarrow 0$ . [Die Beta-Funktion, die ich hingeschrieben hatte, war die für ein einzelnes, masseloses Fermion. Die korrekte Beta-Funktion hängt ab von der Anzahl der Fermionen, die erzeugt werden können. Daraus folgt: Unterhalb der Elektronenenergie wird die Kopplung konstant. Ich habe noch die Diagramme gezeichnet, die für die Berechnung notwendig sind, und wir haben über verschiedene Regularisierungsmethoden gesprochen.]

7 *Wie lautet die Beta-Funktion von QCD? Was ist ihre Bedeutung für verschiedene Energieskalen?*

Asymptotische Freiheit, “Confinement”.

8 *Wie funktioniert die Quantisierung nicht-abelscher Systeme?*

[Wesentliche Schritte hingeschrieben und sehr kompakt von Eichfixierung bis BRST-Symmetrie alles durchgegangen.]

9 *Welche anderen generierenden Funktionale gibt es noch?*

[Sehr kurze Erklärung der 1PI effective action. Diese und die vorige Frage wurden wegen mangelnder Zeit nur sehr kurz behandelt.]

## Atmosphäre und Benotung

Die Atmosphäre war sehr angenehm. Mir wurde am Anfang ein Kaffee angeboten und dann hat die Prüfung sehr locker angefangen. Die Prüfung ging insgesamt länger als eine Stunde (vielleicht 75 Minuten), was aber völlig okay war, da wir zwischendurch auch Zeit verträdeln haben, um zum Beispiel aus Interesse die exakten Branching Ratios der Pionen im Internet nachzuschlagen. Die Benotung war auch sehr zufriedenstellend, da ich eine 1,0 bekommen habe, obwohl ich ein paar Fragen erst im zweiten Versuch beantworten konnte.