

Mündliche Prüfung

bei Prof. Timo Weigand

April 2014

Vorlesungen

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

Vorkenntnisse/Lernen

Ich habe zuerst die Standardmodell Vorlesung gehört und danach QFT I. Dies ist wohl die ungünstigere Reihenfolge. Da es in Standardmodell auch keine Klausur gab, sondern nur die Übungsblätter, die ich in einer Dreiergruppe bearbeitet habe, waren meine Vorkenntnisse dort eher dürftig. Die QFT I Vorlesung habe ich dagegen erst kurz zuvor gehört und mit einer guten Note abgeschlossen (gute Vorkenntnisse). Da ich nicht gerne in Prüfungsstress komme und für Standardmodell viel zu wiederholen hatte, habe ich circa 8-10 Wochen vor der Prüfung begonnen zu lernen. Dabei habe ich aber anfangs meist nur 2-4 Stunden am Tag gelernt und auch nicht jeden Tag. Die letzten zwei Wochen dann mehr. Damit hat es dann auch für die 1,0 gereicht. Ich denke, es geht auch mit weniger Aufwand. Zum Lernen habe ich vor allem das Skript von Professor Weigand für QFT I und für Standardmodell benutzt. Dies kann ich bei ihm auch nur empfehlen, da er sich bei den Fragen sehr daran hält. Außerdem habe ich mit Peskin & Schröder und dem Buch von Aitchison und Hey gelernt. Peskin & Schröder kann ich sehr empfehlen. (Professor Weigand orientiert sich bei seinem Skript auch stark daran.) Aitchison und Hey hat auch einige nützliche/interessante Kapitel, aber immer wieder auch Abschnitte, die sich weniger gelohnt haben. Für den experimentellen Teil habe ich die Folien von Professor Schöning und die Folien von Professor Uwer benutzt.

Prüfung Allgemein

Nachdem ich während der Lernphase relativ entspannt war, wurde ich am letzten Tag doch sehr aufgeregt. Die Prüfung lief aber insgesamt sehr locker ab und nach kurzer Zeit war die Stimmung sehr angenehm. Professor Weigand zeigt durch regelmäßiges Zustimmen deutlich, wenn man etwas sagt, was er hören will. Wenn man etwas Falsches sagt oder aufschreibt, fragt er immer nochmals nach und man kann sich verbessern. Mir sind während der Prüfung einige kleinere Fehler unterlaufen, die ich aber dann alle verbessern konnte und die mir wohl auch nicht negativ angerechnet worden sind. Genaue Rechnungen wollte er fast nicht sehen und auch Vorfaktoren waren ihm nicht so wichtig. Wenn man eine Frage nicht genau beantworten kann, ist es gut, erstmal an einer Stelle anzufangen, wo man sich auskennt, und dann auf die Frage hinzuarbeiten.

Prüfungsfragen

Ich versuche hier, die Fragen in chronologischer Reihenfolge wiederzugeben.

1 Standardmodell

1.1 Welche Symmetriegruppe hat das Standardmodell?

$SU(3) \times SU(2) \times U(1)$.

1.2 Welche Kraft ist die stärkste?

Die starke Wechselwirkung.

1.3 *In welchem Sinne?*

Größte Kopplungskonstante, aber kurzreichweitig.

1.4 *Wieso?*

Diagramm der Kopplungskonstante in Abhängigkeit der Energie gezeichnet. (Hierzu habe ich noch die Formel für g_s (ohne Vorfaktoren) angegeben; ich sollte noch die QCD-Energieskala nennen.)

1.5 *Wieso ist die schwache Wechselwirkung kurzreichweitig?*

Aufgrund der hohen Masse der Eichbosonen.

1.6 *Warum ist die Masse der Eichbosonen für die kurze Reichweite verantwortlich?*

2 Quantenfeldtheorie

2.1 *Wie lautet die Dirac-Gleichung und was sind die darin auftretenden "Objekte"?*

2.2 *Wie leitet man daraus die Klein-Gordon Gleichung her?* (Eine der wenigen Rechnungen.)

2.3 *Wie transformiert ein Spinor unter Lorentz-Transformationen?*

(Erklärung über Lie-Algebra.)

2.4 *Wie erkennt man daran, dass Spinoren Spin-1/2 Teilchen beschreiben?*

2.5 *Wie transformiert ein Spin-1 Teilchen?*

2.6 *Wie transformieren Quarks und Leptonen unter den Eichsymmetrien des Standardmodells.*

2.7 *Bestimmen Sie den Isospin und den Weak-Charge von e_l und e_r .*

2.8 *Wir haben kurz über Tensor-2 Repräsentationen von $SU(5)$ gesprochen. Antisymmetrische Matrizen. (Dieser Teil ging etwas über das Skript hinaus, vermutlich weil ich mit dem Thema davor gut klar kam.)*

3 Quantisierung

3.1 *Welche Probleme gibt es bei der Quantisierung von masselosen Spin-1 Feldern?*

Eichfreiheit. Kurz erklärt, welche Eichfreiheiten existieren und wie man sie fixieren kann. Problem: Kein kanonischer Impuls für 0-Komponente des Eichfeldes. Lösung: Eichfixierung durch Extraterm in Lagrangian. Physikalischen Hilbertraum definieren via Gupta-Bleuler-Quantisierung. Ward-Identität sichert die Entkopplung der unphysikalischen Freiheitsgrade.

3.2 *Wie ist es für Felder mit Masse? Gilt die Ward-Identität?*

Ja, falls das Feld an den erhaltenen Strom einer globalen Symmetrie koppelt. Dies ist im masselosen Fall äquivalent dazu, dass der Lagrangian eichinvariant ist.

4 Higgsmechanismus

4.1 *Wie viele Goldstonebosonen treten auf, wenn man $SU(5)$ zu $SU(3)$ bricht? Warum sieht man sie im Standardmodell nicht?*

4.2 *Wie sieht der Lagrangian für ein komplexes, skalares Feld aus? Zeigen Sie die Symmetriebrechung von $U(1)$ zu keiner Symmetrie auf.*

4.3 *Zeichnen Sie das Potential und erklären Sie es.*

4.4 *Zeigen Sie in wenigen Rechenschritten auf, wie das Eichboson Masse und das Higgs-Teilchen einen kinetischen Term erhält.*

5 LSZ-Formel

5.1 *Erklären Sie kurz die Strukturfunktionen von Hadronen.*

5.2 *Erklären Sie kurz die LSZ-Formel und stellen Sie den Zusammenhang zu "fully-connected, amputated diagrams" her (Polstruktur).*

(Auch hier hat die grobe Struktur der LSZ-Formel ausgereicht.)

Fazit

Ich kann Professor Weigand auf jeden Fall als Prüfer empfehlen. Bei seinen Fragen ist es wichtig, zu zeigen, dass man das Thema verstanden hat. Rechnerische Details sind weniger wichtig. Wenn man sich beim Lernen an sein Skript hält, gibt es vermutlich keine bösen Überraschungen.