Vorwort für Laien

Lieber Laie, wieder einmal freut es mich, daß Du angefangen hast, dieses Vorwort zu lesen. Ich hoffe, daß es mir in diesem Vorwort gelingt, das Thema, mit dem ich mich für mehr als drei Jahre während meiner Doktorarbeit beschäftigt habe, ein wenig verständlich zu machen.

Das letztendliche Ziel der Physik besteht darin, eine umfassende Beschreibung unserer Welt zu finden. Oft wird dieses mit dem Begriff "Weltformel" umschrieben. Diese Arbeit hat (wie wohl alle Arbeiten auf dem Gebiet der Elementarteilchenphysik) versucht, dazu einen, wenn auch sehr kleinen, Beitrag zu leisten.

Die Weltformel ist bisher nicht bekannt. Aber es gibt eine allgemein anerkannte Näherung dafür, diese wird "Standardmodell (SM) (der Elementarteilchenphysik)" genannt. Das SM beschreibt so gut wie alle Phänomene der Elementarteilchenphysik mit sehr hoher Genauigkeit. Allgemein anerkannt ist jedoch auch, daß das SM einiges *nicht* beschreiben kann, woraus klar wird, daß es sich dabei nur um eine Annäherung an die Weltformel handelt.

Die Physik versucht nun, diese Annäherung an die Weltformel immer weiter zu verbessern, um schließlich die "endgültige" Weltformel zu finden. Es ist allerdings nicht zu erwarten, daß die Physik im nächsten Schritt sofort die endgültige Weltformel findet. Zunächst sind die Physiker an der nächsten Stufe, der nächstbesseren Annäherung interessiert. Ein Vorschlag für diese nächstbessere Näherung ist das sogenannte "Minimale Supersymmetrische Standardmodell (MSSM)", welches auch im Titel dieser Arbeit auftaucht.

Es stellt sich jetzt für die Wissenschaft die Frage, wie man entscheiden kann, ob es sich bei dem MSSM, im Gegensatz zum SM, wirklich um eine bessere Näherung für die Weltformel handelt. Die Antwort ist vom Prinzip her relativ einfach: Jedes Modell macht Vorhersagen über die Beschaffenheit der Natur, die mit einem Experiment getestet, verglichen werden können. Stimmen die Vorhersagen des MSSM besser mit den experimentellen Ergebnissen überein als die Vorhersagen des SM, so handelt es sich um eine bessere Annäherung an die Weltformel. Ist dies nicht der Fall, so handelt es sich bei dem MSSM um einen Irrweg und das "alte SM" ist besser.

Leider tauchen hier drei neue Probleme auf: Erstens müssen die Vorhersagen der Modelle berechnet werden, was sich als recht kompliziert herausgestellt hat. Außerdem sind die Vorhersagen der beiden Modelle recht ähnlich. Deshalb ist es zur Unterscheidung notwendig, die Vorhersagen möglichst genau zu berechnen. Drittens müssen die Experimente durchgeführt werden, was leider erst innerhalb der nächsten 10 Jahre möglich sein wird.

Meine Arbeit hat sich mit der Berechnung einiger Vorhersagen des MSSM beschäftigt. Das große hierbei auftretende Problem ist, daß es im allgemeinen nicht möglich ist, exakte Vorhersagen auszurechnen. Man kann nur Näherungswerte für sie berechnen. Die einfachste Näherung wird "Baum-Niveau-" oder "Tree-Level-Rechnung" genannt. Die nächstgenauere Näherung wird "1-Schleifen-Rechnung" genannt, die darauffolgend genauere Näherung heißt "2-Schleifen-Rechnung" usw. Bisher waren die Vorhersagen des MSSM in der Näherung der "1-Schleifen-Rechnung" bekannt. Meine Arbeit hat sich, wie es der Titel schon ausdrückt, mit der nächstgenaueren Näherungsstufe beschäftigt: Es wurden Vorhersagen in der "2-Schleifen-Näherung" berechnet.

Ich möchte dies an einem Beispiel aus der Arbeit verdeutlichen: Sowohl das SM als auch das MSSM sagen ein bisher noch nicht entdecktes Elementarteilchen [1] voraus, das sogenannte

[1] Ein Elementarteilchen ist ein Grundbaustein der Materie, der nicht weiter in kleinere Bausteine aufgeteilt werden kann.

Higgs-Teilchen. Das MSSM macht (im Gegensatz zum SM) eine Vorhersage, wie schwer dieses Teilchen sein sollte. Würde man das Higgs-Teilchen im Experiment finden, so könnte man seine Masse, sein Gewicht bestimmen und mit der Vorhersage des MSSM vergleichen. Leider ist diese Vorhersage nicht eindeutig, sondern hängt zu einem gewissen Teil von anderen Parametern (unbekannten Größen) dieses Modells ab. Die Berechnung dieser Masse m_h (der Index h steht hierbei für "Higgs") kann nun in der "Tree-Level-Näherung", in der "1-Schleifen-Näherung", in der "2-Schleifen-Näherung" usw. erfolgen. Vor dieser Arbeit waren die Tree-Level- und die 1-Schleifen-Rechung vollständig durchgeführt worden. In dieser Arbeit haben wir einen Teil der "2-Schleifen-Rechnung" durchgeführt. Diese erlaubt nun eine genauere Vorhersage der Masse des Higgs-Teilchens.

Um das ein wenig klarer zu machen, muß man die Diagramme auf den Seiten 84 bis 89 betrachten. Die meisten Beschriftungen sowie die beiden obersten Kurven in den Diagrammen müssen nicht weiter beachtet werden. Wichtig ist nur folgendes: Auf der Hochachse aller Diagramme ist m_h aufgetragen (Beschriftung links neben der Achse). Auf der Längsachse ist entweder $m_{\tilde{q}}$ oder M_A aufgetragen, dabei handelt es sich um andere, unbekannte Größen des MSSM. Die Diagramme enthalten also die Vorhersage von m_h in Abhängigkeit von $m_{\tilde{q}}$ oder M_A. [2] Jedes Diagramm enthält 5 Linien, die jeweils auch in der Legende der Diagramme vorkommen. Hiervon müssen die beiden oberen (die in der Legende den Zusatz "max. mixing" besitzen) nicht weiter beachtet werden. Die Strich-Punkt-Linie zeigt jeweils das Ergebnis der ersten Näherungsstufe, der "Tree-Level-Rechnung". Die groß gestrichelte Linie zeigt die nächstgenauere Näherung, die "1-Schleifen-Rechnung" (im Diagramm mit "1-loop" bezeichnet) für jeweils eine bestimmte Wahl der anderen unbekannten Größen im MSSM. Die durchgezogene Linie zeigt nun das Ergebnis meiner Arbeit: Die Vorhersage von m_h in der "2-Schleifen-Näherung" (im Diagramm mit "2-loop" bezeichnet). In allen Diagrammen erkennt man, daß das Ergebnis der "2-Schleifen-Näherung" deutlich unterhalb der "1-Schleifen-Näherung" liegt. Das bedeutet, daß das Higgs-Teilchen eine kleinere Masse besitzt als bisher vermutet. Dies ist eines der Hauptergebnisse dieser Arbeit.

Je leichter ein Elementarteilchen ist, desto einfacher läßt es sich in einem Experiment nachweisen, da man weniger Energie benötigt, um es zu erschaffen. Diese Arbeit zeigt nun, daß das Higgs-Teilchen einfacher zu finden sein sollte, als es nach der "1-Schleifen-Näherung" zu erwarten war. D.h. es sollte einfacher sein, diese Vorhersage des MSSM zu testen. Letztendlich sollte es einfacher sein, zu entscheiden, ob es sich bei dem MSSM um eine bessere Annäherung an die Weltformel handelt als beim SM.

Wenn die entsprechenden Experimente innerhalb der nächsten 10 Jahre durchgeführt werden, sollte es möglich sein, diese Frage zu entscheiden und somit einen großen Schritt in Richtung des letztendlichen Zieles der Physik zu tun: "Erkennen, was die Welt im Innersten zusammenhält", d.h. die endgültige Weltformel zu finden.

Ich hoffe, daß es mir gelungen ist, sowohl ein wenig klarer zu machen, womit sich meine Arbeit beschäftigt hat, als auch ein wenig von der Spannung, die in der Elementarteilchenphysik steckt, zu vermitteln. Ich wünsche noch viel Spaß mit dem (wahrscheinlich leider recht unverständlichen) Rest der Arbeit :-)

[2] Etwas mathematischer Ausgedrückt: Genauso wie man in der Schule eine Funktion y in Abhängigkeit von x gehabt hat, geschrieben $y(x)$, so hat man hier die Vorhersage von m_h in Abhängigkeit von M_A oder $m_{\tilde{q}}$, geschrieben $m_h(M_A)$ bzw. $m_h(m_{\tilde{q}})$.