KIT **WS 2012/13**

Supersymmetrie an Collidern

V: Prof. Dr. M. Mühlleitner, Ü: Dr. M. Rauch

Übungsblatt 11

Besprechung: Mo, 04.02.13

Aufgabe 16: Kinematic edges (*8 Punkte*)

Der Zerfall von SUSY-Teilchen erfolgt typischerweise in Kaskaden, d.h. es wird zunächst ein schwereres SUSY-Teilchen erzeugt, z.B. ein Gluino, was dann in einer Kette von $1 \to 2$-Zerfällen jeweils in ein SUSY- und ein Standardmodell-Teilchen zerfällt, bis als letztes SUSY-Teilchen das stabile LSP übrig bleibt. Die dabei entstehenden SM-Teilchen lassen sich im Detektor nachweisen. Die Verteilungen der invarianten Massen von Kombinationen dieser brechen an den Rändern teilweise mit scharfen Kanten ab. Aus deren Position lässt sich auf Massendifferenzen der SUSY-Teilchen zurückschließen und so das Massenspektrum vermessen.
Das linkshändige Squark zerfalle über folgende Kaskade

$$\tilde{q}_L \to q_L \tilde{\chi}_2^0 \to q_L \ell_R^- \tilde{\ell}_R^+ \to q_L \ell^- \ell^+ \tilde{\chi}_1^0 \; .$$

Betrachten Sie das Spektrum der invarianten Masse des Leptonpaars. Wo tritt die Kante auf? Welcher Massendifferenz entspricht sie?
Für die Verteilung wird nur die Kinematik benutzt; Matrixelemente oder Spinkorrelationen werden nicht berücksichtigt. Gehen Sie zur Berechnung ins Ruhesystem des Sleptons.

Aufgabe 17: Laufende Kopplungskonstanten und Vereinheitlichung (*8+4=12 Punkte*)

Die Ein-Schleifen-Gleichungen der laufenden Kopplungskonstanten sind gegeben durch:

$$\frac{1}{\alpha_j(Q^2)} = \frac{1}{\alpha_j(\mu^2)} + \frac{b_j}{4\pi} \ln\left(\frac{Q^2}{\mu^2}\right) \; .$$

Im SM ergibt sich für die b_j's:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{22}{3} \\ 11 \end{pmatrix} - N_F \begin{pmatrix} \frac{4}{3} \\ \frac{4}{3} \\ \frac{4}{3} \end{pmatrix} - N_H \begin{pmatrix} \frac{1}{10} \\ \frac{1}{6} \\ 0 \end{pmatrix} \; ,$$

und im MSSM

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 6 \\ 9 \end{pmatrix} - N_F \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix} - N_H \begin{pmatrix} \frac{3}{10} \\ \frac{1}{2} \\ 0 \end{pmatrix} ,$$

wobei N_F die Zahl der Teilchen-Familien und N_H die Anzahl der Higgs-Dubletts ist.

(a) Berechnen Sie die GUT-Vereinheitlichungsskala aus den obigen Gleichungen durch Vergleich von α und α_s, wobei an der Energie der Z-Boson-Masse angefangen werden soll, mit $g_1 = \cot\theta_W^{\mathrm{GUT}} g'$ und $g_2 = g$.

(b) Bestimmen Sie den Weinberg-Winkel aus der Z-Boson-Masse als Funktion von $\alpha(m_Z)$ und $\alpha_s(m_Z)$.

Inputparameter:

$$\sin^2\theta_W(M_{\mathrm{GUT}}) = \frac{3}{8} \qquad \alpha(m_Z) = \frac{1}{127.9}$$

$$m_Z = 91.188 \text{ GeV} \qquad \alpha_s(m_Z) = 0.119 \pm 0.004$$