**KIT** **WS 2011/12**

# Theoretische Teilchenphysik II

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

## Übungsblatt 8

Abgabe: Mi, 07.12.11
Besprechung: Fr, 09.12.11

### Aufgabe 12: Axiale Eichung (*4+6=10 Punkte*)

Betrachten Sie nochmals die axiale Eichung vom letzten Blatt, diesmal jedoch für eine nicht-abelsche Theorie:

$$n^\mu A^a_\mu = 0 \ .$$

(a) Zeigen Sie, dass in dieser Eichung die Geistfelder verschwinden. Benutzen Sie dazu die Faddeev-Popov-Methode analog zur Vorlesung und zeigen Sie, dass die Geistfeldterme keinen relevanten Beitrag liefern.

(b) Zeigen Sie, dass genau zwei transversale Freiheitsgrade mit $\epsilon^\mu \epsilon_\mu = -1$ übrig bleiben. Nehmen Sie o.B.d.A. $n^\mu = (0,0,0,1)^T$ an, benutzen Sie Kugelkoordinaten für die Raumkomponenten des Impulses, und drücken Sie auch die (reellen) Polarisationsvektoren dadurch aus.

### Aufgabe 13: $R_\xi$-Eichung in gebrochener QED (*1+2+1+5+1=10 Punkte*)

Wir betrachten eine über einen Higgs-Mechanismus spontan gebrochene QED mit der Lagrangedichte

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}(F_{\mu\nu})^2 + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

mit $D_\mu = \partial_\mu + ieA_\mu$, wobei $\phi$ ein komplexes Skalarfeld bezeichnet, das einen Vakuumerwartungswert $v$ erhält

$$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h + i\varphi) \ .$$

Als Eichfixierung wählen wir $G = \frac{1}{\sqrt{\xi}}(\partial_\mu A^\mu - \xi e v \varphi)$, was den Lagrangedichtenbeitrag $\mathcal{L}_{\text{fix}} = -\frac{1}{2}G^2$ liefert.

Die Felder transformieren sich wie folgt:

$$\delta h = -\alpha(x)\varphi \qquad \delta\varphi = \alpha(x)(v+h) \qquad \delta A_\mu = -\frac{1}{e}\partial_\mu\alpha$$

(a) Berechnen Sie Photon- und Goldstoneboson-Masse.

(b) Berechnen Sie $\mathcal{L}_{\text{geist}}$. Reskalieren Sie die Felder so, dass der kinetische Term die kanonische Form besitzt. Welche Masse besitzt das Geistfeld? Warum können wir diesen Term im Gegensatz zur normalen QED nicht vernachlässigen?

Nun fügen wir noch eine chirale Wechselwirkung mit einem Fermionfeld $\psi$ ein

$$\mathcal{L}_f = \bar{\psi}_L(i\not{D})\psi_L + \bar{\psi}_R(i\not{\partial})\psi_R - \lambda_f(\bar{\psi}_L\phi\psi_R + \bar{\psi}_R\phi^*\psi_L)$$

und betrachten den Prozess der Fermion-Fermion-Streuung.

(c) Welche möglichen Feynmandiagramme gibt es?

(d) Berechnen Sie das Matrixelement und zeigen Sie, dass es unabhängig von $\xi$ ist.

(e) Finden Sie einen Prozess, in dem Geister vorkommen? Begründen Sie!

Feynmanregeln:

Propagatoren der Teilchen $j$ mit Impuls $k$ und zugehöriger Masse $m_j$:

$$\text{skalar, Geist:} \qquad \frac{i}{k^2 - m_j^2}$$

$$\text{Photon:} \qquad \frac{i}{k^2 - m_j^2}\left(-g_{\mu\nu} + (1-\xi)\frac{k_\mu k_\nu}{k^2 - \xi m_j^2}\right)$$

Vertices:

$$\bar{f}_L f_R h: \quad \frac{\lambda_f}{\sqrt{2}} \qquad\qquad \bar{f}_R f_L h: \quad \frac{\lambda_f}{\sqrt{2}}$$

$$\bar{f}_L f_R \varphi: \quad \frac{\lambda_f}{\sqrt{2}} \qquad\qquad \bar{f}_R f_L \varphi: \quad -\frac{\lambda_f}{\sqrt{2}}$$

$$\bar{f}_L f_L A^\mu: \quad -ie\gamma^\mu \qquad\qquad \bar{c}ch: \quad \xi\frac{m_A^2}{v}$$