

# Higgs-Phänomenologie

Dr. M. Rauch, Prof. Dr. D. Zeppenfeld

## Übungsblatt 1

Besprechung: Mo, 25.04.16

Webseite zur Vorlesung: <http://www.itp.kit.edu/~rauch/Higgs/>

### Aufgabe 1: Goldstone-Bosonen in $O(3)$

Wir betrachten ein Modell, das aus einem skalaren Feld  $\sigma = (\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)^T$  besteht, welches in der fundamentalen Darstellung der  $O(3)$  lebt. Die zugehörige Lagrangedichte lautet

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}(\partial_\mu \sigma)^\dagger (\partial^\mu \sigma) - \lambda(\sigma^2 + \mu^2)^2$$

mit reellen Parametern  $\mu^2$  und  $\lambda$ .

Berechnen Sie jeweils das Massenspektrum für folgende Fälle:

(a)  $\mu^2 > 0$ ,

(b)  $\mu^2 < 0$ . Starten Sie mit dem Ansatz  $\sigma \rightarrow \sigma' + (0, 0, v)^T$ . Welchen Wert besitzt  $v$ ?

Nun wollen wir das Modell „eichen“, d.h. eine Eichwechselwirkung mit einem Vektorfeld  $W_\mu^a$  einführen ( $a = 1 \dots 3$ ). Dazu ersetzen wir wie gewohnt die partielle Ableitung in  $\mathcal{L}$  durch die kovariante

$$\partial_\mu \rightarrow D_\mu = \partial_\mu + i g t_{kl}^a W_\mu^a,$$

wobei die  $t_{kl}^a = -i\varepsilon_{akl}$  die Generatoren der  $O(3)$  bezeichnen.

Berechnen Sie wieder die beiden Fälle (Massen der Skalare und Vektorbosonen):

(c)  $\mu^2 > 0$ ,

(d)  $\mu^2 < 0$ . Im Grundzustand lässt sich  $\sigma$  folgendermaßen entwickeln:

$$\sigma = e^{\frac{i}{v} t^\Theta} (\sigma_0 + \eta')$$

mit  $v = \sqrt{-\mu^2}$ ,  $\sigma_0 = (0, 0, v')^T$ ,  $\eta' = (0, 0, \eta)^T$ ,  $\Theta = (\vartheta_1, \vartheta_2, 0)$ .

*Hinweis:* Eichtransformationen können  $\mathcal{L}$  vereinfachen.

(e) Welcher Fall entspricht dem Higgsfeld im Standardmodell? Vergleichen Sie.

*Hinweis:* Die Masse  $m_i$  lässt sich als Koeffizient des quadratischen Terms  $-\frac{m_i^2}{2}\sigma_i\sigma_i$  aus der Lagrangedichte ablesen.