

# Einführung in die Stringtheorie

Übung, Blatt 6

SS 06 26.05.06

---

**[P11] Virasoro-Nullzustände auf Level zwei**

Verwenden Sie die Virasoro-Algebra mit zentraler Ladung  $c$  um zu zeigen, dass der marginale Zustand

$$|\psi\rangle = (L_{-2} + \gamma L_{-1}L_{-1})|\chi_2\rangle$$

physikalisch (also ein Nullzustand) ist, falls

$$(L_0 - a + 2)|\chi_2\rangle = L_1|\chi_2\rangle = L_2|\chi_2\rangle = 0 \quad \text{und} \quad \gamma = \frac{3}{6-4a}, \quad c = \frac{4-2a}{3-2a}(21-8a)$$

gilt. Welche zentrale Ladung  $c$  ergibt sich für  $a = 1$  ?

**[P12] Physikalische String-Zustände in kovarianter Quantisierung**

Verwenden Sie (für den offenen String) die Virasoro-Generatoren

$$L_0 = \alpha' p^2 + N = \alpha' p^2 + \sum_{\ell > 0} \alpha_{-\ell} \cdot \alpha_{\ell} \quad \text{und} \quad L_{n > 0} = \frac{1}{2} \sum_{\ell \in \mathbb{Z}} : \alpha_{n-\ell} \cdot \alpha_{\ell} : ,$$

um die physikalischen Zustände auf Level  $N = 0$  und Level  $N = 1$  zu bestimmen. Für welche Werte der Normalordnungskonstante  $a$  treten keine Zustände mit negativem Normquadrat auf? Bestimmen Sie die marginalen Zustände  $|\text{spur}\rangle$  auf Level eins. Unter welchen Bedingungen sind diese Zustände physikalisch, d.h. Nullzustände?