

# Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde die Quantenchromodynamik auf dem Gitter mit Overlap-Fermionen in der Valenzquarknäherung simuliert. Wir haben das Spektrum der leichten Hadronen, spektrale Eigenschaften des Diracoperators sowie hadronische Matrixelemente untersucht.

Die Abhängigkeit der Massen der leichten Hadronen von der Quarkmasse stimmt mit den Vorhersagen der chiralen Störungstheorie überein. Insbesondere sind die Artefakte der Valenzquarknäherung bei kleinen Quarkmassen klar erkennbar. Die von uns bestimmten Werte der Hadronenmassen weisen Abweichungen von den experimentellen Werten auf, die in der Größenordnung von zehn Prozent liegen. Dies interpretieren wir als Effekt der Valenzquarknäherung.

Die spektralen Eigenschaften des Diracoperators werden weitgehend durch die chirale Symmetrie festgelegt. Um diese Eigenschaften auf dem Gitter zu untersuchen, ist es daher unerlässlich, mit einer Gitterdiskretisierung zu arbeiten, die die chirale Symmetrie respektiert, so daß zwischen der Topologie des Eichfeldes und den Nullmoden des Diracoperators derselbe Zusammenhang besteht wie im Kontinuum – das Atiyah-Singer-Indextheorem. Wir haben diesen Zusammenhang dazu genutzt, die topologische Suszeptibilität, die in die Witten-Veneziano-Formel für die Masse des  $\eta'$ -Teilchens eingeht, zu bestimmen. Die spektrale Dichte des Diracoperators, die wir bestimmt haben, folgt der von der chiralen Störungstheorie vorhergesagten Form; daraus konnten wir die Parameter  $\Sigma$  und  $\delta$  der effektiven Lagrangedichte ermitteln. Die Verteilung der kleinsten Eigenwerte des Diracoperators stimmt mit der Vorhersage der Zufallsmatrixtheorie überein.

Der von uns berechnete Wert für die axiale Ladung des Nukleons weicht um etwa zehn Prozent vom experimentell bestimmten Wert  $g_A = 1.26$  ab. Die Größenordnung dieser Abweichung ist typisch für die Valenzquarknäherung.

Das Matrixelement  $v_{2b}$ , das in die Operatorproduktentwicklung des ersten Momentes der unpolarisierten Nukleon-Strukturfunktion eingeht, zeigt eine deutlich größere Abweichung vom experimentellen Wert.

Der Fehler, der durch die Valenzquarknäherung gemacht wird, ist prinzipiell unkontrollierbar. Daher ist es erforderlich, Rechnungen mit dynamischen Fermionen durchzuführen. Mittlerweile wurden von verschiedenen Gruppen Algorithmen entwickelt, die es erlauben, solche Rechnungen durchzuführen.

