

10. Zusammenfassung

Mit dieser Arbeit konnte die bislang umfangreichste Untersuchung von Massen und Zerfallskonstanten in der QCD mit nicht-störungstheoretisch verbesserten Wilson-Fermionen in der Valenzquark-Approximation vorgelegt werden. Aufgrund des großen Bereichs, innerhalb dessen die Quarkmassen gewählt wurden, und der vergleichsweise hohen Genauigkeit, mit der ein großer Teil dieser Observablen bestimmt werden konnte, wurde eine wesentlich bessere Kontrolle der chiralen Extrapolation möglich.

Mit den Ergebnissen bei sehr kleinen Quarkmassen waren wir in der Lage, die Aussagen der chiralen Störungstheorie zu überprüfen. Im Falle der Masse des pseudoskalaren und des Vektormesons konnten wir die im Rahmen der chiralen Störungstheorie gefundenen Artefakte der Valenzquark-Approximation bestätigen.

Die hadronischen Observablen wurden bei drei verschiedenen Gitterabständen a bestimmt, so dass eine Kontinuumsextrapolation möglich war. Wir fanden überwiegend gute Übereinstimmung mit der Hypothese, dass die Diskretisierungsfehler proportional zum Quadrat des Gitterabstandes verschwinden. In den meisten Fällen erwiesen sich diese Fehler als sehr klein. Die Ergebnisse auf dem größten Gitter unterschieden sich von denen im Kontinuumslimes um maximal 6%. Für viele der betrachteten Observablen war diese Differenz kleiner als 2% und in einigen Fällen innerhalb von Fehlern mit Null konsistent.

Ein Vergleich der Ergebnisse mit den experimentellen Werten ergab (abgesehen vom skalaren Meson) eine Abweichung von bis zu 14%. Diese Abweichungen können allerdings zumindest teilweise als Konsequenz der Ambiguität bei der Wahl der Skala angesehen werden. So fanden wir eine wesentlich bessere Übereinstimmung mit den experimentellen Resultaten, wenn wir dimensionslose Massenverhältnisse verglichen haben. Allerdings fanden sich auch hier signifikante Unterschiede. Ein Beispiel hierfür ist das Verhältnis der Masse des Nukleons zur Masse des ρ -Mesons, für das wir einen Wert von 1.34(4) ermittelt haben. Dieser liegt knapp 10% oberhalb des experimentellen Werts. Wir bewerten dies als eine Konsequenz der Valenzquark-Approximation.

Das Verbesserungsprogramm nach Symanzik hat sich somit für die Bestimmung von Massenspektrum und Zerfallskonstanten als erfolgreich erwie-

sen. Die Simulationen können im Rahmen der Valenzquark-Approximation mittlerweile mit einer hohen Genauigkeit und in einem großen Parameterbereich durchgeführt werden, so dass eine Identifizierung der Artefakte dieser Näherung möglich wurde. Dies erlaubt jedoch keine quantitative Kontrolle der durch die Valenzquark-Approximation bedingten Fehler. Die Fortsetzung dieser Untersuchungen durch die Simulation der QCD mit dynamischen Fermionen ist der notwendige nächste Schritt.¹ Durch den in den kommenden Jahren erfolgenden Aufbau von Rechnersystemen, durch die die in diesem Bereich tätigen Forschungsgruppen Zugang zu einer effektiven Rechenleistung in der Größenordnung von einem Teraflop/s erhalten, sind dazu auch die technischen Voraussetzungen gegeben.

¹ Siehe dazu auch den Bericht für das „European Committee for Future Accelerators“ (ECFA) [134].