

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Naturwissenschaftlich–Mathematischen
Gesamtfakultät

der

Ruprecht–Karls–Universität
Heidelberg

vorgelegt von

Dipl.–Phys. Susanne Bielefeld
aus Wuppertal

Tag der mündlichen Prüfung: 10.05.2000

Berechnung skalarer Mesonen aus einem
Lichtkegel-Hamiltonian in der QCD

Gutachter: Prof. Dr. Hans-Christian Pauli
Prof. Dr. Jörg Hufner

Dissertation
submitted to the
Combined Faculties for the Natural Sciences and for Mathematics
of the Rupertus Carola University of
Heidelberg, Germany
for the degree of
Doctor of Natural Science

Calculating scalar mesons from a light-cone Hamiltonian in
QCD

presented by
Diplom-Physicist Susanne Bielefeld
born in Wuppertal

Heidelberg, 10.05.2000

Referees: Prof. Dr. Hans-Christian Pauli
Prof. Dr. Jörg Hübner

Zusammenfassung

Um alle pseudoskalaren Mesonenmassen und deren Singulett S-Wellenfunktionen zu berechnen, insbesondere die Pion-Wellenfunktion, ist der Lichtkegel-Hamilton Operator der QCD auf ein effektives Pendant, welches nur im $q\bar{q}$ -Sektor wirkt, reduziert worden. Dies führt zu einer nicht-relativistischen spinlosen Integralgleichung für unterschiedliche Quark- und Antiquarkmassen. Der divergente Integralkern in diesem einfachen Modell ist zum ersten Mal isoliert und analysiert worden. Er ist lediglich aus einem Coulombpotential und der Hyperfeinwechselwirkung zusammengesetzt. Die Regulierung des letzteren führt auf ein reguliertes Deltapotential, welches gleich einem skalierten Yukawapotential ist. Diesbezüglich sind zwei Modellgleichungen betrachtet worden, die sich darin unterscheiden, ob das Coulombpotential ebenfalls reguliert wurde oder nicht. Der komplett regulierte Fall stellt also eine Verallgemeinerung des teilweise regulierten Modells dar. Nachdem die Renormierung durchgeführt worden ist, werden die Eigenwerte und Eigenfunktionen aller Mesonen gleichzeitig berechnet. Ihre Werte sind verglichen mit den experimentellen Daten sehr gut, der Fehler liegt bei weniger als 5%. Die besten Resultate wurden für die schweren Mesonen erhalten, da sich diese nichtrelativistisch bewegen. Die Masse und die Größe des Pions sind ausgezeichnet reproduziert worden. Die dazugehörige Wellenfunktion zeigt ein ausgeprägtes Coulomb-Verhalten, aber verschoben in Bezug auf die Stärke des Yukawaanteils.

Abstract

In order to calculate all pseudo-scalar meson masses and singlet S-wave functions, especially the pion wave function, the front form Hamiltonian for QCD is reduced to an effective Hamiltonian acting in the $q\bar{q}$ -space only. A non-relativistic spinless integral equation for different quark- and anti-quark masses is derived. The divergent integral kernel in this simple model is isolated and analyzed for the first time. It contains only the Coulomb and the hyperfine interaction. The regulation of the latter leads to a regulated Delta potential, which is equal to a scaled Yukawa potential. Two model equations are considered accordingly, just differing in whether the Coulomb is regulated or not. The ‘completely regulated’ potential is the generalization of the partly regulated case. After performing the renormalization procedure, the eigenvalues and eigenfunctions of all mesons are derived simultaneously. The calculated masses are in very good agreement with the experimental data; the deviation is less than 5%. The best results are obtained for heavy mesons, since they move non-relativistically. The mass and the size of the pion are excellently reproduced. Its wave function has the shape of a Coulomb wave function, but shifted according to the strength of the Yukawa contribution.

