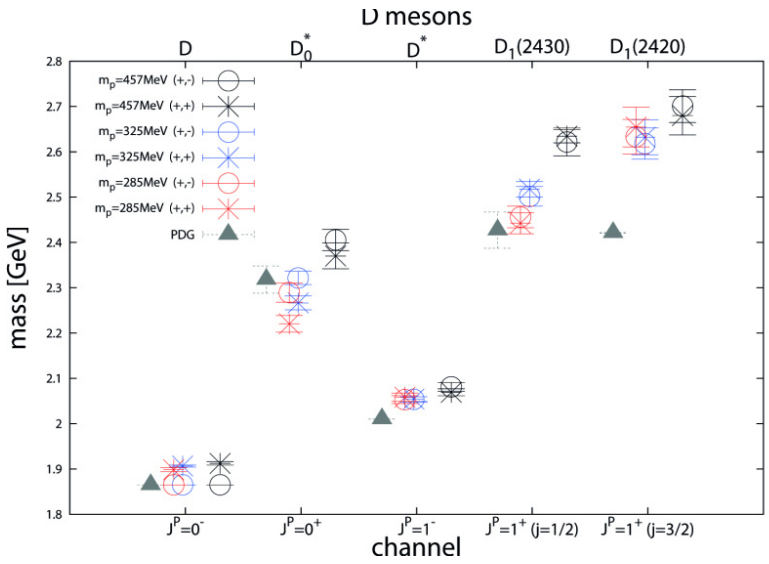
Gitter-QCD-Berechnung der Massen von D- und D_s-Mesonen und von Charmonium



Introduction

Die Quantenchromodynamik (QCD) ist die elementare Theorie der Quarks und Gluonen. Auf Grund der Komplexität der zugrunde liegenden Gleichungen ist es jedoch für die meisten Probleme nicht möglich, analytische Lösungen zu finden. Im Gegensatz z. B. zur Quantenelektrodynamik (QED) scheitern häufig auch störungstheoretische Ansätze, speziell im Bereich niedriger Energien. Gitter-QCD-Rechnungen bieten dagegen die Möglichkeit, QCD-Observablen numerisch zu berechnen. Die Gitter-QCD basiert auf dem Pfadintegralformalismus und der numerischen Auswertung unter Verwendung stochastischer Methoden.

Methods

Da hierfür eine sehr große Anzahl von Matrixinversionen erforderlich ist und diese Matrizen typischerweise viele Millionen Zeilen und Spalten enthalten, ist man auf die Nutzung von modernen Hochleistungscomputern wie dem Loewe-CSC angewiesen. Im Idealfall werden sämtliche Rechnungen mehrfach mit unterschiedlich großen Gitterabständen ausgeführt. Das Ziel dieses Projekts ist die Gitter-QCD-Berechnung der Massen von D- und D_s-Mesonen und von Charmonium. Solche Mesonen bestehen vorwiegend aus einem Quark-Antiquark-Paar, wobei mindestens eines der beiden Quarks ein schweres charm-Quark ist. Solche Mesonen werden gegenwärtig und auch in naher Zukunft experimentell untersucht, z. B. am PANDA-Experiment des sich im Bau

Researchers
Joshua Berlin, Martin Kalinowski and David Palao, M. Sc.

Principal Investigator
Prof. Dr. Marc Wagner

Project Term
2015 - 2015

Project Areas
Optics, Quantum Optics and Physics of Atoms, Molecules and Plasmas, Particles, Nuclei and Fields

Clusters
LOEWE CSC Cluster Frankfurt

Institute
Institut für Theoretische Physik

University
Goethe Universität Frankfurt am Main

befindlichen FAIR-Beschleunigers. Für die Berechnung der für die Mesonmassen erforderlichen Pfadintegrale benutzen wir von der European Twisted Mass Collaboration (ETMC) produzierte Gluon-Konfigurationen. Auf Grund des mit sinkender Masse der leichten up/ down-Quarks sehr stark ansteigenden rechentechnischen Aufwands, wurden alle Gluon-Konfigurationen für mehrere unphysikalisch schwere up/down-Quarks erzeugt.

Results

Berechnungen der Mesonmassen für diese unphysikalisch schweren up/down-Quarks ermöglichen letztendlich eine Extrapolation in der leichten up/downQuarkmasse, eine sogenannte chirale Extrapolation, zur physikalischen up/down-Quarkmasse. Gegenwärtig haben wir Mesonmassen für unterschiedliche leichte up/ down-Quarkmassen aber nur für einen Gitterabstand berechnet [1-3]. In Abb. 1, Abb. 2 und Abb. 3 sind diese Massen als Funktion der quadratischen Pionmasse dargestellt, die wiederum proportional zur up/downQuarkmasse ist (die Ordnung rot, blau und schwarz entspricht ansteigender up/down-Quarkmasse).

Discussion

Trotz der momentan noch fehlenden Kontinuumsextrapolation beobachtet man für viele Mesonen bereits hervorragende Übereinstimmung mit den entsprechenden experimentellen Ergebnissen. Darüber hinaus konnten Informationen über die Struktur dieser Mesonen gewonnen werden, z.B. welcher Anteil des Gesamtdrehimpulses von den Quarks und welcher von den Gluonen getragen wird.[3]

Outlook

Für die nähere Zukunft sind Rechnungen bei feineren Gitterabständen geplant, um eine verlässliche Kontinuumsextrapolation ausführen und so eine potentielle Fehlerquelle eliminieren zu können. Außerdem werden Rechnungen mit kürzlich erzeugten Gluon-Konfigurationen mit physikalisch leichten up/down-Quarkmassen ausgeführt, um Unsicherheiten, die mit der Extrapolation in der up/ down-Quarkmasse verknüpft sind, zu entfernen.

Figures

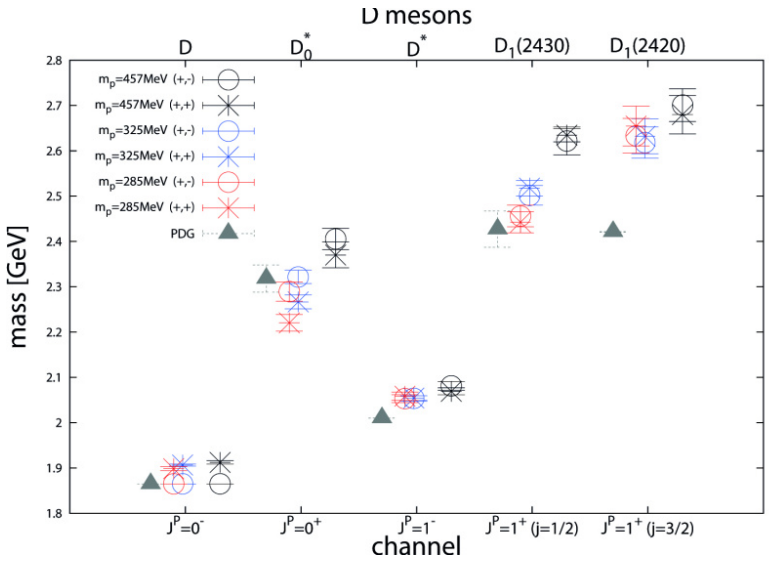


Abb. 1: D-Meson-Massen.

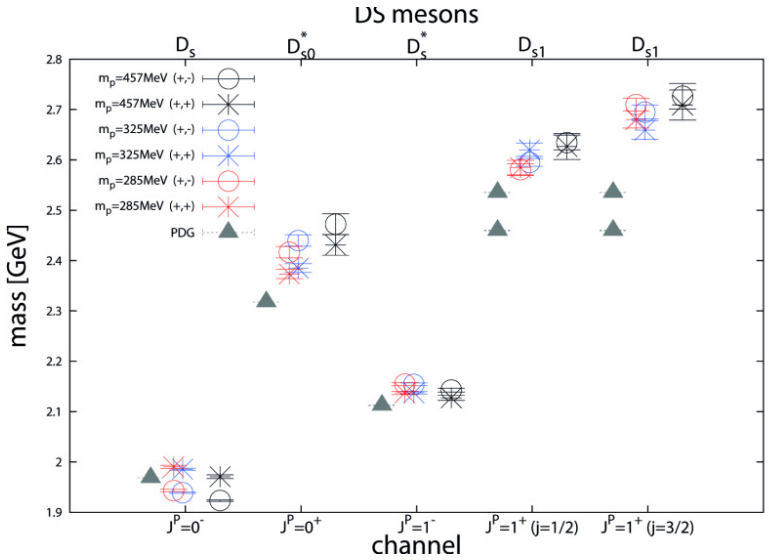


Abb. 2: D_s-Meson-Massen.

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
UNIKASSEL VERSITÄT
Philipps Universität Marburg

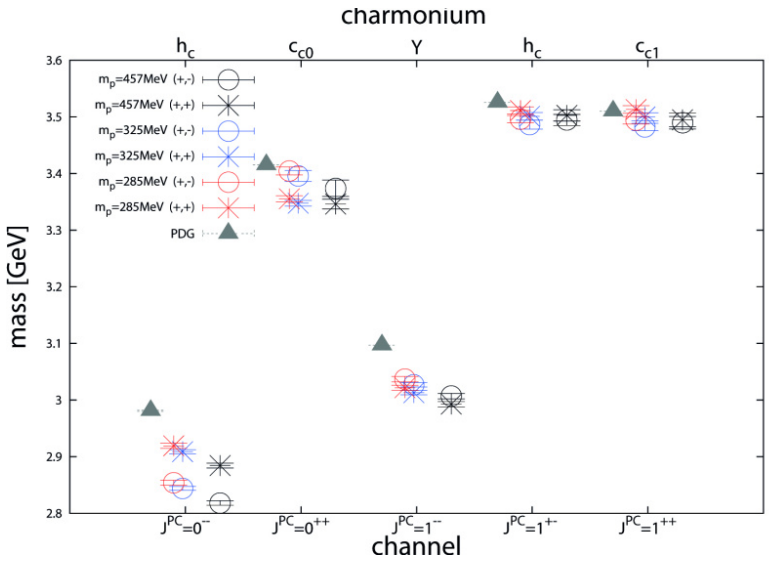


Abb. 3: Charmonium-Massen.

Reference

[1] M. Kalinowski and M. Wagner (2012), [ETM Collaboration], Strange and charm meson masses from twisted mass lattice QCD, PoS Confinement X 303. https://doi.org/10.48550/arXiv.1212.0403

[2] M. Kalinowski and M. Wagner (2013), [ETM Collaboration], Masses of mesons with charm valence quarks from 2+1+1 flavor twisted mass lattice QCD, Acta Phys. Polon. Supp. 6 3, 991. https://doi.org/10.48550/arXiv.1304.7974

[3] M. Kalinowski and M. Wagner (2014), [ETM Collaboration], Twisted mass lattice computation of charmed mesons with focus on D**, PoS LATTICE 2013 241. https://doi.org/10.48550/arXiv.1310.5513

Last Update: 2022-06-30 22:32