Anlage zum **„Nachweis der Mittelverwendung“** für 2004

VH-NG-008: Hochpräzisionsanalyse von Topquark-Eigenschaften bei TESLA

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Prof. Dr. M. Steinhauser	Uni KA, Nachwuchsgruppenleiter
Prof. Dr. B.A. Kniehl	Ansprechpartner Uni HH
Prof. Dr. P. Zerwas	Ansprechpartner DESY
Dr. V.A. Smirnov	Uni HH
Dr. D. Eiras	Uni KA (seit Januar 2005)
Dr. A. Onishchenko	Uni HH
J. Piclum	Uni HH; ab August 2005 Uni KA

Kurze Beschreibung der Aktivitäten

Die Aktivitäten im Jahr 2004 gliedern sich in mehrere Teilbereiche auf.

1. Resummation von Logarithmen innerhalb der Potential Nicht-relativistischen Quantenchromodynamik: Für den spin-abhängigen Beitrag zum Energieniveau von zwei schweren Quarks konnten die nächst-führenden Logarithmen aufsummiert werden. Das führt zu einem wesentlich verbesserten Verhalten der Störungsreihe. Das Ergebnis wurde verwendet, um eine Vorhersage für ein experimentell noch nicht entdecktes Meson, das η_b, zu machen [1]. Die Erweiterung des Formalismus auf die Anwendung von Mesonen mit zwei Quarks verschiedenener Masse wurde in Ref. [2] erreicht. Dort wurde die Hyperfeinaufspaltung im B_c-System untersucht.

Auch für den Anpassungskoeffizienten des Vektorstorms wurden die Logarithmen zur nächst-nächst-führenden Ordnung aufsummiert. Neben Anwendungen im Bottomquark-System, wo das Verhältnis von Zerfällen vom $\Upsilon(1S)$-Meson und dem η_b untersucht werden kann, führt dieses Ergebnis auch zu Vorhersagen für die Produktionsrate von Topquarkpaaren an der Schwelle [3]. Es konnte gezeigt werden, dass die theoretischen Fehler sehr klein werden, wenn das Verhältnis zwischen der Produktionsrate in e^+e^-- und $\gamma\gamma$-Kollisionen betrachtet wird.

Kurze Übersichtsartikel im Rahmen von Proceedingsbeiträgen zu internationalen Konferenzen sind in Ref. [4] zu finden.

2. Im Rahmen einer Doktorarbeit wurde begonnen, den Dreischleifen-Beitrag zum Anpassungskoeffizienten des Vektorstroms innerhalb der starken Wechselwirkung zu berechnen. Dieser stellt einen wichtigen Baustein zur Analyse des Topquark-Wirkungsquerschnitts zur dritten Ordnung dar. Die bekannten Zweischleifen-Korrekturen konnten bestätigt werden. Außerdem sind vorbereitende Arbeiten, wie z.B. das Implementieren von Algorithmen, abgeschlossen. Es kann erwartet werden, dass im Verlauf des Jahres 2005 erste Ergebnisse vorliegen.

Parallel zu den Aktivitäten für den Vektorstrom wurden auch der Axialvektorstrom sowie der skalare und pseudoskalare Strom betrachtet. Bei der Auswertung der entsprechenden Zweischleifen-Korrekturen sind wir auf interessante Ergebisse im Zusammenhang mit der Dirac-Matrix γ_5 gestoßen. Eine entsprechende Publikation ist in Vorbereitung.

3. Weiterhin wurde mit der Berechnung der elektroschwachen Effekte begonnen. Die Hinzunahmen der massiven Bosonen stellt dabei eine wesentliche Komplikation dar. Voraussichtlich

ist es nicht möglich, eine geschlossene analytische Lösung zu erhalten. Allerdings ergeben erste Untersuchungen, dass mit Hilfe der Asymptotischen Entwicklung sehr gute Approximationen erreicht werden können. Erste Ergebnisse für skalare Integrale sind vorhanden. Außerdem wurden Literaturergebnisse nachgerechnet, um Vertrauen in die entwickelte Methode zu bekommen.

4. Die Zweischleifen-Korrekturen zum statischen Potential von zwei schweren Quarks im Singulett-Zustand sind schon seit mehreren Jahren bekannt. Innerhalb der Nachwuchsgruppe wurden nun auch die entsprechenden Korrekturen für Quarks im Oktet-Zustand ausgewertet [5].

Die beschriebenen Teilprojekte liegen alle in dem im Antrag genannten Zeitplan. Trotz des Weggangs des Leiters von Hamburg nach Karsruhe arbeitet die Gruppe an beiden Standorten erfolgreich weiter. Frau Dr. Eiras ist seit Januar 2005 in Karlsruhe und Herr Piclum wird im August 2005 folgen. Mit diesen beiden Mitarbeitern werden in Karsruhe die elektroschwachen und starken Korrekturen zum Anpassungskoeffizienten betrachtet.

Ab Juli 2005 wird Herr Dr. Veretin in Hamburg eine 1b-Stelle antreten. Es ist geplant, dass er zusammen mit Herr Dr. Onishchenko die effektive Kopplung von zwei Topquarks an zwei Photonen untersucht, wobei ebenfalls die elektroschwachen und starken Quantenkorrekturen betrachtet werden sollen.

Die nächsten Schritte im Zusammenhang mit der Aufsummation der Logarithmen stellen die spin-unabhängigen Beiträge dar. Diese erweisen sich von der technischen Seite her als wesentlich komplizierter. Daher muß zunächst ein Konzept für deren Berechnung erarbeitet werden. Es ist geplant, dies mit den Partnern in Barcelona zu tun.

Literatur

[1] *$M(\eta_b)$ and α_s from Nonrelativistic Renormalization Group*, B.A. Kniehl, A.A. Penin, A. Pineda, V.A. Smirnov, M. Steinhauser, *Phys. Rev. Lett.* **92** (2004) 242001.

[2] *$M(B_c^*) - M(B_c)$ Splitting from Nonrelativistic Renormalization Group*, A.A. Penin, A. Pineda, V.A. Smirnov, M. Steinhauser, *Phys. Lett.* **B 593** (2004) 124-134

[3] *Spin Dependence of Heavy Quarkonium Production and Annihilation Rates: Complete Next-to-Next-to-Leading Logarithmic result*, A.A. Penin, A. Pineda, V.A. Smirnov, M. Steinhauser, *Nucl. Phys.* **B 699** (2004) 183-206

[4] *Heavy Quarks at Threshold: Recent Developments*, M. Steinhauser, to appear in the Proceedings of the International Conference on Linear Colliders (LCWS 04), Paris, France, 19-24 Apr. 2004; hep-ph/0409016;
Recent Developments in the Treatment of Heavy Quarks, M. Steinhauser, Proceedings of the International Conference on Quark Confinement and the Hadron Structure, Villasimius, Italy, 21 - 25 Sep. 2004

[5] *Two-Loop Static QCD Potential for General Colour State* B.A. Kniehl, A.A. Penin, Y. Schröder, V.A. Smirnov, M. Steinhauser, Phys. Lett. **B 607** (2005) 96-100