Anlage zum **„Nachweis der Mittelverwendung“** für 2006

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

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Prof. Dr. M. Steinhauser	Uni KA, Nachwuchsgruppenleiter
Prof. Dr. B. Kniehl	Ansprechpartner Uni HH
Prof. Dr. P. Zerwas	Ansprechpartner DESY
Dr. D. Eiras	Uni KA
Dr. A. Onishchenko	Uni HH
Dr. V. Smirnov	Uni HH
Dr. O. Veretin	Uni HH
J. Piclum	Uni HH/Uni KA

Kurze Beschreibung der Aktivitäten

Die Aktivitäten im Jahr 2006 gliedern sich in folgende Teilbereiche:

1. **QCD Anpassungskoeffizienten.**
In der Arbeit [1] ist es gelungen, die für die Einbettung der NRQCD in die QCD benötigten Anpassungskoeffizienten des Vektor-, Axialvektor-, Skalar- und Pseudoskalarstroms zu zwei Schleifen zu berechnen, wobei besonderes Augenmerk auf die Farbsingulettdiagramme gerichtet wurde.

Auch bei Berechnung des Anpassungskoeffizienten des Vektorstroms zur Dreischleifen-Ordnung wurden erhebliche Fortschritte gemacht. So konnten die fermionischen Beiträge ausgewertet und deren numerischer Effekt für die Schwellenproduktion von Topquarkpaaren analysiert werden [2]. Von wesentlicher Bedeutung war dabei ein effektives Computerprogramm, das mit Hilfe des sogenannten „Laporta-Algorithmus“ eine Reduktion der auftretenden Feynman-Integrale auf eine kleine Anzahl von Basisintegralen bewerkstelligt. Letztere konnten zum grossen Teil analytisch, einige wenige nur numerisch ausgewertet werden. Die Ergebnisse wurden in [3] auf einer internationalen Tagung vorgestellt.

Ein interessantes Nebenprodukt der erarbeiteten Techniken wurde in der Arbeit [4] veröffentlicht: Es konnte eine unabhängige analytische Berechnung der Relation zwischen der $\overline{\text{MS}}$- und der Polmasse des Topquarks durchgeführt werden. Diese Relation ist ein wichtiger Baustein, der bei der Analyse der Topquark-Resonanzkurve benötigt wird. Außerdem konnte die Massenrelation auch für die Regularisierung mit Hilfe der Dimensionalen Reduktion erhalten werden.

2. **Elektroschwache Effekte.**
Ein weiterer Aspekt dieses Projekts beschäftigt sich mit der Berechnung von gemischten Zweischleifen-Korrekturen der Ordnung $\alpha\alpha_s$ zum Produktionswirkungsquerschnitt von Topquarkpaaren. In Ref. [5] konnte die komplette Abhängigkeit von der Higgsbosonmasse ausgewertet werden. Die numerischen Effekte sind im Bereich von einigen Prozent, falls das Higgsboson in dem von den elektroschwachen Daten vorhergesagten Massenbereich ist, und müssen daher in den Analysen berücksichtigt werden. Auch diese Resultate wurden auf internationalen Tagungen

vorgestellt [6].

3. **Neue Metoden und Anwendungen.**
Es wurde eine neue Methode zur analytischen Berechnung einer großen Klasse von Feynman-Diagrammen mit mehreren Quantenschleifen vorgeschlagen, die auf einer geschickten Parametrisierung gewisser Einschleifen-Unterdiagramme beruht [7]. Mit Hilfe dieser Methode wurden massive Vierschleifen-Diagramme mit *Tadpole*-Topologie berechnet und so auf der Grundlage bereit veröffentlichter semianalytischer Ergebnisse [8, 9] analytische Ausdrücke für die durch ein schweres Quark induzierte Vakuumpolarisation der QCD [10] sowie die Anpaßbedingung der starken Kopplungskonstante an den Quarkschwellen [11] gefunden. Mit Hilfe dieser Methode wurden auch Zwei-Schleifendiagramme mit *Sunset*-Topologie behandelt, die für eine hinreichend zuverlässige theoretische Vorhersage der Anregungskurve der Top-Paarerzeugung im Rahmen der NRQCD benötigt werden [12].

Ein interessanter Zugang zur Berechnung von Schleifenintegralen — basierend auf der sogenannten „Gröbner-Basen-Methode“ — wurde in Ref. [13] entwickelt. Es ist geplant, diese Methode auf die Berechnung von Feynman-Integralen, die im Zusammenhang mit der NRQCD auftreten, anzuwenden.

Die beschriebenen Unterprojekte liegen im Zeitplan, der durch den Antrag vorgegeben ist. Die nächsten Schritte befassen sich mit den Singulett-Diagrammen zum Anpassungskoeffizienten. Danach sollen auch die rein gluonischen Beiträge betrachtet werden. Neben der sehr aufwändigen Reduktion treten dabei auch sehr viele Basisintegrale auf.

Literatur

[1] B. A. Kniehl, A. Onishchenko, J. H. Piclum and M. Steinhauser, “Two-loop matching coefficients for heavy quark currents,” Phys. Lett. B **638** (2006) 209 [arXiv:hep-ph/0604072].

[2] P. Marquard, J. H. Piclum, D. Seidel and M. Steinhauser, “Fermionic corrections to the three-loop matching coefficient of the vector current,” Nucl. Phys. B **758** (2006) 144 [arXiv:hep-ph/0607168].

[3] J. Piclum, “Fermionic corrections to the three-loop matching coefficient”, International Linear Collider Workshop 2006, Valencia.

[4] P. Marquard, L. Mihaila, J. H. Piclum and M. Steinhauser, “Relation between the pole and the minimally subtracted mass in dimensional regularization and dimensional reduction to three-loop order,” arXiv:hep-ph/0702185.

[5] D. Eiras and M. Steinhauser, “Complete Higgs mass dependence of top quark pair threshold production to order alpha alpha(s),” Nucl. Phys. B **757** (2006) 197 [arXiv:hep-ph/0605227].

[6] M. Steinhauser, “Complete Higgs mass dependence of $t\bar{t}$ threshold production to order $\alpha\alpha_s$”, International Linear Collider Workshop 2006, Valencia.

[7] B. A. Kniehl and A. V. Kotikov, “Calculating four-loop tadpoles with one non-zero mass,” Phys. Lett. B **638** (2006) 531 [arXiv:hep-ph/0508238].

[8] K. G. Chetyrkin, J. H. Kühn und C. Sturm, Eur. Phys. J. C **48** (2006) 107; R. Boughezal, M. Czakon und T. Schutzmeier, Phys. Rev. D **74** (2006) 074006.

[9] Y. Schröder und M. Steinhauser, JHEP **0601** (2006) 051; K. G. Chetyrkin, J. H. Kühn und C. Sturm, Nucl. Phys. B **744** (2006) 121.

[10] B. A. Kniehl and A. V. Kotikov, Phys. Lett. B **642** (2006) 68 [arXiv:hep-ph/0607201].

[11] B. A. Kniehl, A. V. Kotikov, A. I. Onishchenko and O. L. Veretin, Phys. Rev. Lett. **97** (2006) 042001 [arXiv:hep-ph/0607202].

[12] B. A. Kniehl, A. V. Kotikov, A. Onishchenko and O. Veretin, Nucl. Phys. B **738** (2006) 306 [arXiv:hep-ph/0510235].

[13] A. V. Smirnov and V. A. Smirnov, "S-bases as a tool to solve reduction problems for Feynman integrals," arXiv:hep-ph/0606247.