

# Analysis Of “New Physics” In The Flavor Sector Using Effective Field Theory Methods

## Abstract

The enormous amount of data collected by the  $B$  factories as well as the perspective concerning the upcoming experiments at the LHC provide us with the opportunity to perform high precision tests of the standard model. This dissertation presents two model independent precision tests of the weak sector of the standard model using extensions of the weak currents which are set up using effective field theory methods in order to control the size of the different contributions. Constraints on the coefficients of the terms can then be obtained by comparison with experimental results.

The first analysis incorporates a test of the left-handedness of the weak interaction in the quark sector. By introducing additional weak couplings the differential and total decay rates of the inclusive semileptonic decay  $\bar{B} \rightarrow X_c \ell \bar{\nu}_\ell$  are calculated. The calculation includes the computation of the heavy-quark expansion which describes the interaction of the decaying  $b$  quark with respect to the background field of the  $B$  meson, up to order  $1/m_b^4$ . This has been done in a new, systematic way which does not involve the calculation of gluon matrix elements. Furthermore, radiative corrections have been included up to order  $\mathcal{O}(\alpha_s)$  including renormalization group running.

The second part deals with the introduction of lepton flavor violating operators in the context of leptonic  $\tau$  decays. These operators give rise to the effective four-fermion vertex  $\tau \rightarrow \ell \ell' \ell''$  as well as the subsequent radiative decay  $\tau \rightarrow \ell \gamma^* \rightarrow \ell \ell'^+ \ell'^-$ . The resulting Dalitz distributions turn out to predict completely different signatures for the radiative and the effective four-fermion vertices and provide the opportunity to check, whether the decay is induced either by a radiative or by an effective four-fermion vertex. Since different models which contain lepton flavor violation are normally more sensitive to one of those decay modes than to the other, the analysis therefore allows the comparison of the different models within an experimental analysis.

# Analyse “Neuer Physik” im Flavor Sektor unter Benutzung von Methoden der effektiven Feldtheorie

## Zusammenfassung

Die enorme Menge von Daten, die von den  $B$  Fabriken zusammengetragen wurde, sowie die Perspektiven bezüglich der anstehenden Experimente am LHC, geben uns die Möglichkeit, Tests des Standardmodells mit hoher Präzision durchzuführen. Die vorliegende Dissertation beschäftigt sich mit zwei modellunabhängigen Präzisionstests des elektroschwachen Sektors des Standardmodells, in welchen Erweiterungen des schwachen Stroms betrachtet werden. Diese werden zur Kontrolle der Größe der einzelnen Beiträge unter Zuhilfenahme von Methoden der effektiven Feldtheorie eingeführt. Werte bzw. obere Grenzen für die Koeffizienten dieser Terme können dann experimentell ermittelt werden.

Die erste Analyse besteht aus einem Test der Linkshändigkeit der schwachen Wechselwirkung des Standardmodells im Quark-Sektor. Unter Einführung von zusätzlichen schwachen Kopplungen werden dazu die differentiellen und die totale Zerfallsrate des inklusiven semileptonischen Zerfalls  $\bar{B} \rightarrow X_c \ell \bar{\nu}_\ell$  berechnet. Dies wird unter Zuhilfenahme der Heavy-Quark-Entwicklung bis zur Ordnung  $1/m_b^4$  durchgeführt um die Wechselwirkungen des zerfallenden und gleichzeitig gebundenen  $b$  Quarks richtig zu beschreiben. Dazu wurde mit einer neuen, systematischen Methode angewandt, mit der sich die Berechnung von Gluonmatrixelementen erübrigt. Zudem wurden Strahlungskorrekturen inklusive des Renormierungsgruppenflusses bis zur Ordnung  $\mathcal{O}(\alpha_s)$  durchgeführt.

Der zweite Teil behandelt die Einführung von leptonzahlverletzenden Operatoren im Kontext von leptonen  $\tau$ -Zerfällen. Diese Operatoren resultieren in den vier-Fermion-Vertizes  $\tau \rightarrow \ell \ell' \ell''$  sowie den Zerfällen  $\tau \rightarrow \ell \gamma^*$  mit anschließendem Zerfall  $\gamma^* \rightarrow \ell'^+ \ell'^-$ . Die resultierenden Dalitzverteilungen zeigen ein komplett unterschiedliches Verhalten für die radiativen und vier-fermion Vertizes, und können daher benutzt werden, um nachzuprüfen, ob der Zerfall durch einen radiativen oder vier-fermion Vertex induziert wird. Da verschiedene Modelle, die Leptonflavorverletzung vorhersagen, oftmals einen der beiden Zerfallskanäle bevorzugen, kann die vorliegende Analyse dazu verwendet werden die verschiedenen Modelle in einer experimentellen Analyse miteinander zu vergleichen.