



Doctoral Thesis

Studies of resonant and non-resonant weak boson pair production at LHC

Author(s):

Zürcher, Dario E.G.

Publication Date:

2001

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004226395> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Dissertation ETH Nr. 14373

Studies of Resonant and Non-Resonant Weak Boson Pair Production at LHC

A dissertation submitted to the
Swiss Federal Institute of Technology Zürich

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

Dario E.G. Zürcher

Dipl.-Phys. ETH-Zürich

born January 28th, 1971

in Lugano, Switzerland

Citizen of Switzerland (from Thalwil ZH)

Accepted on the recommendation of

Prof. Dr. F. Pauss	examiner
Prof. Dr. Z. Kunszt	co-examiner
Dr. D. Renker	co-examiner

Abstract

The weak boson pair production at LHC is especially important for the study of the electroweak symmetry breaking mechanism. A resonant diboson signature could reveal the presence of a Standard Model Higgs boson. In this case, precise predictions for the Higgs signal and for the non-resonant diboson background are mandatory. In the absence of a Higgs scalar, the dynamics of the interactions between weak bosons must reveal a new structure and some new physics should contribute to the normalization of the diboson cross section in the TeV range.

In this work, two experimental aspects are discussed first. The knowledge of the expected WW , WZ and ZZ rates at LHC is the starting point of each diboson analysis. For this purpose, a method to measure parton luminosities and parton distribution functions with unprecedented accuracy is proposed. The method is especially valid as monitor for diboson events. At LHC, W and Z bosons will be preferentially measured through their leptonic decays. Using test beam data and GEANT simulations, the probability of $\pi^\pm - e^\pm$ misidentification is evaluated to be between 0.2% and 0.01% for pion momenta between 5 and 50 GeV.

Simulations of weak boson pair signatures, computed with a new parton level Monte Carlo program, allow to investigate the effects of higher order ($\mathcal{O}(\alpha_s)$) corrections on WW , WZ and ZZ kinematics. It is found that the implementation of the NLO diagrams results in a huge increase of diboson events with high- p_t jets, leptons or missing transverse energy. Large corrections are therefore expected for an analysis which uses these observables to discriminate between signal and background.

All these studies improve our understanding of weak boson pair signatures at LHC. A Standard Model Higgs boson produced via gluon fusion should be visible from 100 GeV up to 600 GeV, while the weak boson fusion production mode provides signals in the 300 GeV to 1 TeV range. In this work, Higgs production via the fusion of vector bosons is studied in detail also for masses between 110 and 300 GeV. It is shown that these signatures provide excellent signals. The required luminosity to observe a 5σ signal ranges from 3 fb^{-1} , for a 170 GeV Higgs, up to about 25 fb^{-1} , for a Higgs mass of 125 or 300 GeV. Furthermore, using both the vector boson fusion and the gg fusion production modes, the ratio between the Higgs couplings to gauge bosons and fermions can be measured with an accuracy of the order of 15% for an integrated luminosity of 100 fb^{-1} .

Zusammenfassung

Die Paarproduktion von Vektorbosonen ($V = W, Z$) am LHC spielt eine wichtige Rolle für das Studium des Mechanismus der elektroschwachen Symmetriebrechung. Die Existenz des damit verbundenen Higgs Teilchens könnte mit Hilfe der resonanten VV -Produktion nachgewiesen werden. Voraussetzung dafür ist eine genaue Vorhersage sowohl für das Higgs Signal als auch für den nicht-resonanten VV Untergrund. Falls kein skalares Higgs Teilchen existiert, sollte die Dynamik der Wechselwirkung zwischen Vektorbosonen Rückschlüsse über neue Strukturen erlauben und somit Informationen über neue Physik im TeV-Energiebereich ermöglichen.

In der vorliegenden Arbeit werden zuerst zwei experimentelle Aspekte diskutiert. Die Zahl der zu erwartenden WW , WZ und ZZ Ereignisse am LHC ist ein wichtiger Input für jede Bosonpaar Analyse. Dazu wird eine neue Methode vorgeschlagen, wie man Partonluminositäten und Partonverteilungsfunktionen mit sehr guter Genauigkeit messen kann. Diese Methode eignet sich auch ausgezeichnet die Zahl der Bosonpaarereignisse zu bestimmen. Am LHC werden W und Z Boson vor allem via dem leptonischen Zerfall nachgewiesen. Mit Hilfe von Teststrahlraten und GEANT Monte Carlo Studien wird die Wahrscheinlichkeit der $\pi^\pm - e^\pm$ Falschidentifikation ermittelt. Sie ergibt einen Beitrag im Bereich von 0.2% bis 0.01% für Pionimpulse zwischen 5 und 50 GeV.

Ein neues Parton-level Monte Carlo Programm für VV -Produktion erlaubt die Effekte höherer Ordnung (next-to-leading order (NLO), $\mathcal{O}(\alpha_s)$) in Bezug auf WW , WZ und ZZ Kinematik zu studieren. Diese Simulationen zeigen, dass Ereignisse mit sehr hohen transversalen Energien der Jets, Leptonen und grosser fehlender transversaler Energie viel grössere Ereignisraten vorhersagen, falls NLO Diagramme mitberücksichtigt werden. Analysen, welche diese Observable als diskriminierende Signaturen zwischen Signal und Untergrund verwenden, erfahren daher grosse Korrekturen.

Diese durchgeführten Studien verbessern somit unser Verständnis der VV Produktion am LHC. Frühere Studien zeigten, dass ein Standardmodell Higgs Signal im Massenbereich von 100 bis 600 GeV via dem Gluon-Gluon Fusionsprozess beobachtbar ist. Hingegen spielt der Vektorboson Fusionsprozess eine wichtige Rolle für beobachtbare Higgs Signale im Massenbereich von 300 bis 1000 GeV. In der vorliegenden Arbeit wird die Higgsproduktion via dem Vektorboson Fusionsprozess im Detail auch für den Higgsmassenbereich zwischen 110 und 300 GeV studiert, und gezeigt, dass ein Signal beobachtbar ist. Um ein 5σ Signal für eine Higgsmasse von 170 GeV zu erhalten, ist eine integrierte Luminosität von 3 fb^{-1} notwendig. Für eine Higgsmasse von 125 GeV oder 300 GeV hingegen sind 25 fb^{-1} nötig. Zusätzlich, unter Verwendung von Vektorboson und Gluon-Gluon Fusionsproduktion, kann man mit einer Genauigkeit von 15% (100 fb^{-1}) die Kopplung des Higgs Teilchens zu Eichbosonen und Fermionen messen.