



Doctoral Thesis

Search for physics beyond the standard model in same-sign di-electron events at the LHC

Author(s):

Milenović, Predrag

Publication Date:

2011

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-007128845> →

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. 20107/2011

Search for physics beyond the Standard Model in same-sign di-electron events at the LHC

A dissertation submitted to the
ETH ZÜRICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by
Predrag Milenović
Magister of Physics, University of Belgrade
citizen of Serbia.

accepted on the recommendation of

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| Prof. Dr. Günther Dissertori | examiner |
| Prof. Dr. André Rubbia | co-examiner |
| Prof. Dr. Petar Adžić | co-examiner |

2011

Zusammenfassung

Die Resultate, die in dieser Dissertation präsentiert werden, wurden vom Autor erarbeitet während seiner wissenschaftlichen Forschungstätigkeit im Gebiet der experimentellen Hoch-Energie Physik als Mitglied des Instituts für Teilchenphysik an der ETH Zürich. Die experimentellen Messungen wurden mit dem “Compact Muon Solenoid” Experiment (CMS) am CERN durchgeführt, dies in enger Zusammenarbeit mit Forschern von der ETH Zürich und der CMS Kollaboration.

Im ersten Teil der Arbeit werden die grundsätzlichen Konzepte des “Large Hadron Colliders” (LHC) und des CMS Experiments erklärt, sowie die zum Verständnis der Arbeit notwendigen technischen Details erläutert. Fortfolgend begründen wir die Notwendigkeit eines ausgeklügelten Kontroll- und Sicherheitssystems für das elektromagnetische Kalorimeter (ECAL) des CMS Experiments, und beschreiben die Arbeit des Autors während der Entwicklung und der Realisierung dieses Systems. Diese Arbeit beinhaltet die Entwicklung des ECAL Sicherheits Systems (ESS), das Testen dessen Prototypen, die Implementierung dessen genauer Funktionsweise, sowie dessen Einführung und Unterhalt im CMS Experiment. Im Speziellen beinhaltet die Arbeit die Entwicklung von redundanten Hardware Systemen für das Auslesen der Sensoren Daten, sowie der entsprechend notwendigen ESS Kommunikationsprotokolle.

Im zweiten Teil dieser Dissertation wird das Standard Modell der Teilchenphysik erklärt, auf die wichtigsten seiner Imitationen hingewiesen und Studien der Teilcheninteraktionen im TeV Bereich motiviert. Die minimale supersymmetrische Erweiterung des Standard Modells wird im Detail besprochen und eine Strategie für die Suche nach physikalischen Phänomenen solcher supersymmetrischen und ähnlicher Erweiterungen des SM dargelegt. Besondere Gewichtung erhält die Erklärung einer Methode zur Abschätzung des Untergrunds in der Suche nach neuer Physik in Kollisionsereignissen mit leptonischen Endzuständen. Im letzten Teil wird eine Datenanalyse zur Suche nach solchen Phänomenen, die über das SM der Teilchenphysik hinausgehen vorgestellt, die im Jahre 2010 mit 35 pb^{-1} ausgetragen wurde. In dieser Suche nach neuer Physik in Kollisionsereignissen mit zwei gleich geladener Leptonen wird die oben genannte Methode zur Abschätzung des Standard Modell Untergrunds erfolgreich angewandt. Da keine signifikante Abweichung von dem erwarteten Untergrund des Standard Modells gefunden wurde, konnten die Resultate der Analyse dazu verwendet werden, theoretische Modelle der neuen Physik einzuschränken. Im Falle der sogenannten eingeschränkten minimalen supersymmetrischen Erweiterung des Standard Modells konnten Beschränkungen an das Modell gesetzt werden, die diejenige früherer Experimente übertreffen.

Summary

The work and results presented in this thesis have been accomplished as a part of the scientific research the author has performed in the field of experimental high energy physics as a member of the Institute for Particle Physics at ETH Zürich. The research has been conducted with the **Compact Muon Solenoid (CMS)** experiment in CERN, in close collaboration with colleagues from the ETH Zürich and the CMS collaboration.

In the first part of the thesis we present the concepts of the **Large Hadron Collider (LHC)** and the CMS experiment and introduce the technical details necessary to understand all the aspects of the work and the results presented in the thesis. We then explain the necessity for a sophisticated Detector Control and Safety System of the **Electromagnetic Calorimeter (ECAL)** of the CMS experiment and present the work that has been accomplished during the realisation of the system. It includes the development of the **ECAL Safety System (ESS)**, testing of its prototypes, implementation of the distinctive solutions and the commissioning and operation of the system within the CMS experiment. Some of the notable solutions include the development of the redundant hardware system for the sensor readout and the development of the dedicated ESS communication protocol. The system has been in full operation and performing remarkably well since the year 2008. This work has been performed in a close collaboration with colleagues from the CMS Belgrade Group, University of Belgrade.

In the second part of the thesis we describe the concepts of the **Standard Model (SM)** of particle physics, outline its main limitations and present the motivation to study the physics of particle interactions at energies above TeV. We describe in detail the Supersymmetric extension of the Standard Model and present a strategy for search for physics phenomena that can be described by this class of models. We argue that the strategy allows for search for several other classes of extensions of the SM. We then present an extended experimental method for the prediction of rates of background processes with one or more fake leptons. The method provides a scheme for handling different types of backgrounds independently and has been developed together with other colleagues from ETH. Finally, we present the full physics analysis performed in the year 2010 with the goal to search for physics beyond the SM in events with a pair of same-sign electrons. The analysis has been performed with sample of data collected in proton-proton collisions corresponding to an integrated luminosity of 35 pb^{-1} . It has been conducted in a direct collaboration with other colleagues from CMS collaboration as a part of the broader combined CMS analysis. No excess over the expected number of events in the signal region has been observed and the combined results of the CMS analyses have been used

to set new limits on the theoretical models for physics beyond the SM. In the case of the constrained Minimal Supersymmetric extension of the SM, we have extended the limits previously imposed by the other experiments.