



Doctoral Thesis

The CMS ECAL detector control system and jet veto systematics for the Higgs boson search

Author(s):

Punz, Thomas

Publication Date:

2012

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-007016030> →

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. 20073

The CMS ECAL Detector Control System and Jet Veto Systematics for the Higgs Boson Search

A dissertation submitted to the

ETH ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

Thomas Punz

Diplom Physiker, University of Karlsruhe

born

02.12.1979

citizen of

Düsseldorf in Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Günther Dissertori examiner

Prof. Dr. Felicitas Pauss co-examiner

2012

Zusammenfassung

Das Higgs Boson ist das letzte Teilchen, welches durch das Standard Model der Teilchenphysik vorhergesagt, aber bis jetzt noch nicht gefunden wurde. Eine Approximation an die Daten der elektroschwachen Wechselwirkung als Funktion der Higgsmasse favorisiert eine Masse von ungefähr 90 GeV. Durch direkte Beobachtungen am LEP wird jedoch ein Bereich bis zu einer Obergrenze von ungefähr 114 GeV ausgeschlossen. Die höheren Massenbereiche stehen nun mit dem LHC offen.

Diese Arbeit befasst sich mit dem CMS Experiment, insbesondere mit dem elektromagnetischen Kalorimeter, welches für die Energiemessung elektromagnetisch wechselwirkender Objekte wie Elektronen und Photonen verantwortlich ist. Die hohe Segmentierung des Kalorimeters erlaubt zudem eine äusserst genaue Richtungsauflösung. Die Energieauflösung des elektromagnetischen Kalorimeters ist stark an die Temperaturstabilität gebunden. Es wird eine Temperaturstabilität von 0.05°C bei 18°C angestrebt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Beitrag zum Detektorkontrollsystem des elektromagnetischen Kalorimeters geleistet, welches die einfache Überwachung des Kalorimeters erlaubt sowie dessen Operation innerhalb der geforderten Parameter ermöglicht.

Auf Basis der mit der Hilfe des CMS Detektors rekonstruierten Elektronen, Myonen und Jets wird nun in Datensätzen nach der Higgssignatur $H \rightarrow W^+W^- \rightarrow l^+l^-\nu\bar{\nu}$ gesucht, welche im untersuchten Massenbereich von $m_H = 160$ GeV bis $m_H = 180$ GeV dominant ist und am LHC die niedrigste integrierte Luminosität für eine Entdeckung benötigt. Ein dominanter Hintergrund für dieses Signal ist der $t\bar{t} \rightarrow W^+W^-b\bar{b} \rightarrow l^+l^-\nu\bar{\nu}+2$ Jets Zerfall. Zur genauen Studie von Signal und Untergrund werden in dieser Arbeit simulierte Daten herangezogen.

Zur Isolierung des Signals wird eine Vor- und Hauptselektion vorgestellt. Die Effizienzen bei der Signalselektion werden nach jedem Schritt mit der Effizienz bei Fehlselektionen aus dem $t\bar{t}$ Untergrund verglichen. Hierbei sollte die Selektionseffizienz im Signaldatensatz möglichst hoch sein und im Untergrund möglichst klein. Das wichtigste Selektierungskriterium ist das Jet Veto. Hierbei werden Ereignisse mit Jets unterdrückt. Zudem wird

die Effizienz eines neuen, zum Jet Veto alternativen, Jet $\sum E_T$ Vetos vorgestellt und untersucht.

Als Abschluss dieser Arbeit wird der Einfluss systematischer Fehler auf die Selektionseffizienz des Jet Vetos sowohl im Signal als auch im Untergrund bestimmt.

Summary

The Higgs boson is the last Standard Model particle, which has been predicted by theory but not experimentally discovered. A fit to the data of electroweak predictions as a function of the Higgs mass is preferring a Higgs mass around $m_H = 90$ GeV. However direct observations at LEP have excluded a mass range up to $m_H = 114$ GeV. Now with the start of the LHC, higher mass regions are accessible and will be investigated.

This thesis focuses on the CMS experiment, especially the electromagnetic calorimeter, which is dedicated to measuring the energies of electromagnetic interacting particles such as electrons and photons. In addition the high segmentation of the calorimeter provides a very good position resolution. The energy resolution of the electromagnetic calorimeter is highly dependent on the stability of the scintillating crystal temperature. A stability of 0.05°C at 18°C is demanded. In the context of this thesis I contributed to the detector control system of the electromagnetic calorimeter, which allows to monitor the calorimeter and to operate it within the required parameters.

Electrons, photons and jets, which have been reconstructed using the CMS detector are used to identify decay signatures of the Higgs. The Higgs decay $H \rightarrow W^+W^- \rightarrow l^+l^-\nu\bar{\nu}$ is predominant in the examined mass range from $m_H = 160$ GeV to $m_H = 180$ GeV. In addition the mentioned Higgs decay channel requires the lowest integrated luminosity for a discovery under LHC conditions. A dominant background for this signal process is the $t\bar{t}$ decay $t\bar{t} \rightarrow W^+W^-b\bar{b} \rightarrow l^+l^-\nu\bar{\nu} + 2$ Jets. In this thesis a detailed analysis is done using simulations.

For the isolation of the signal from the background a cut based kinematic preselection and selection will be introduced. The efficiency for the signal preselection and selection cuts will be compared with the efficiency of misidentifying background events as signal. To obtain a good signal to background ratio one requires a maximized signal selection efficiency while at the same time a minimized selection efficiency on the background is required. The most important selection cut is the jet veto. With the help of the jet veto, events with several jets can be suppressed, as is the case for $t\bar{t}$ production. In addition a

new, to the jet veto alternative, jet $\sum E_T$ veto is introduced and discussed.

The last part of the thesis is devoted to the discussion of uncertainties on the jet veto efficiency, both for signal and background.