

DISS. ETH No. 17985

**CMS Pixel Module Qualification**  
**and**  
**Monte-Carlo Study of**  
 $H \rightarrow \tau^+ \tau^- \rightarrow \ell^+ \ell^- \cancel{E}_T$

A dissertation submitted to

ETH ZURICH

for the degree of

DOCTOR OF SCIENCES

presented by

PETER TRÜB

dipl. phys. ETH

born July 23, 1979

citizen of Zurich

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. U. Langenegger

Prof. Dr. F. Pauss

2008

## Abstract

The first part of this work reports on the development of test and calibration algorithms for the qualification of the barrel modules of the CMS pixel detector. Several algorithms to test the hardware functionality and performance have been developed and implemented into an object-oriented software framework. Examples are the pixel readout test, the bump bonding test or the noise measurement. The qualification procedure also includes calibration routines. For instance the gain of each pixel or the temperature sensors of the readout chips have to be calibrated. Furthermore, an algorithm to unify the thresholds of all pixels was developed. According to specific quality criteria, each module is graded into one of three categories. Out of 981 tested modules, 806 were qualified for the usage in the detector.

The second part of this work deals with a Monte-Carlo study of the Higgs decay channel  $H \rightarrow \tau^+\tau^- \rightarrow \ell^+\ell^- \cancel{E}_T$  with a jet balancing the large transverse momentum of the Higgs boson. In contrast to many other studies, the analysis concentrates not on the vector boson fusion but on the gluon fusion production mechanism. The backgrounds are mainly suppressed by requiring a large invariant mass of the Higgs boson and the balancing jet. The discovery potential is limited by the resolution of the reconstructed missing transverse energy. To improve the resolution, a method to calibrate the missing transverse energy with the help of  $Z^0/\gamma^* \rightarrow \ell^+\ell^-$  events was developed. Combining all lepton channels, a signal significance of  $2.4\sigma$  significance is expected for a Higgs boson of 120 GeV mass and an integrated luminosity of  $30 \text{ fb}^{-1}$ .

## Zusammenfassung

Der erste Teil dieser Arbeit beschreibt die Test- und Kalibrationsalgorithmen, welche für die Qualifikation der Module des CMS Pixeldetektors entwickelt wurden. Mehrere Algorithmen zur Überprüfung der fehlerfreien Funktionsweise wurden erstellt und in einem objektorientierten Softwarepaket implementiert. So werden zum Beispiel die korrekte Auslese aller Pixel oder die elektrische Verbindung der Sensorpixel zum Auslesechip geprüft. Des weitern umfasst das Qualifizierungsverfahren der Module Kalibrationsalgorithmen, welche beispielsweise die Analogverstärkung jedes Pixels oder die Temperatursensoren auf allen Auslesechips eichen. Auf Grund der Testresultate wird jedes Detektormodul in eine von drei Qualitätskategorien eingeteilt. Von 981 getesteten Modulen wurden 806 für den Einbau in den Detektor freigegeben.

Der zweite Teil dieser Arbeit präsentiert eine Monte-Carlo Studie des Higgszerfalls  $H \rightarrow \tau^+\tau^- \rightarrow \ell^+\ell^- \cancel{E}_T$  mit einem Teilchenjet, welcher den hohen Transversalimpuls des Higgsteilchens ausgleicht. Im Gegensatz zu den meisten existierenden Studien konzentriert sich diese Analyse auf die Suche nach Higgs-Teilchen, welche durch Gluonfusion entstehen. Untergrundereignisse werden unterdrückt, indem eine grosse invariante Masse zwischen dem Higgs-Boson und dem ausgleichenden Jet verlangt wird. Das Potenzial für eine Entdeckung des Higgs-Teilchens wird vor allem durch die Messgenauigkeit der fehlenden transversalen Energie limitiert. Um die Messgenauigkeit zu verbessern, wurde eine Methode entwickelt, mit der die fehlende transversale Energie mit Hilfe von  $Z^0/\gamma^* \rightarrow \ell^+\ell^-$  Zerfällen kalibriert werden kann. Durch Kombination aller Leptonzerfallskanäle ergibt sich für ein Higgs-Teilchen der Masse 120 GeV und eine integrierte Luminosität von  $30 \text{ fb}^{-1}$  eine Signifikanz von  $2.4 \sigma$ .