

Top-Neuigkeiten vom Higgs-Boson

Am CMS-Experiment am LHC am CERN wurde zum ersten Mal eine neue Möglichkeit zur Erzeugung des Higgs-Bosons nachgewiesen, des erst 2012 entdeckten Elementarteilchens. Dabei wird das Higgs-Boson zusammen mit zwei Top-Quarks, den schwersten bekannten Elementarteilchen, produziert. Physiker des KIT aus der Gruppe von Prof. Husemann haben maßgeblich zu diesem Ergebnis beigetragen.

Das 2012 am LHC entdeckte Higgs-Boson hat eine herausragende Bedeutung für das Standardmodell der Teilchenphysik, welches die bekannten Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen beschreibt. Das Higgs-Boson ist dabei eng mit dem Mechanismus zur Erzeugung der Teilchenmassen verbunden. Sein genaues Verständnis ist eines der Hauptziele des LHC. Besonders wichtig ist dabei die Vermessung der Wechselwirkung des Higgs-Bosons mit dem schwersten bekannten Elementarteilchen, dem Top-Quark. Diese Wechselwirkung ist im Standardmodell besonders groß, und die Messung ihrer Stärke stellt eine unerlässliche Überprüfung des Modells dar. Die Messung lässt sich am besten in extrem seltenen Proton-Proton-Kollisionsereignissen durchführen, in denen ein Higgs-Boson zusammen mit einem Top-Quark-Antiquark-Paar erzeugt wird ($t\bar{t}H$ -Produktion).

Nach ihrer Produktion zerfallen sowohl die Top-Quarks als auch das Higgs-Boson nahezu sofort wieder in weitere Elementarteilchen, die ebenfalls weiter zerfallen können und komplizierte Signale in den Teilchendetektoren erzeugen. Projektkoordinator Dr. Matthias Schröder vom KIT: "Die eindeutige Identifizierung dieses extrem seltenen Prozesses vor einem Untergrund aus Prozessen, die für den Detektor praktisch genauso aussehen aber etwa 1500 mal häufiger vorkommen, stellt eine große Herausforderung dar und ist erst nach mehrjähriger Analyse der Daten gelungen." Der Grundstein zu dieser Messung wurde bereits vor 20 Jahren in Karlsruhe in einer Diplomarbeit unter Anleitung von Prof. Müller gesetzt – erst nach jahrelangem Betrieb des LHC konnten genügend Daten zur Entdeckung gesammelt werden. Die KIT-Gruppe, in enger Zusammenarbeit mit DESY in Hamburg und der RWTH Aachen, hatte dabei eine führende Rolle in der Analyse von Ereignissen mit Bottom-Quarks, welche besonders stark zu dem Ergebnis beitragen.

Durch Kombination von Daten, die seit 2011 in etwa 4 Billionen Proton-Proton-Kollisionen mit Schwerpunktsenergien von 7, 8 und 13 Teraelektronenvolt aufgezeichnet wurden, ist es am CMS-Experiment zum ersten Mal gelungen, $t\bar{t}H$ -Produktion zu beobachten. Ein Kandidat für ein einzelnes $t\bar{t}H$ -Signalereignisses ist in Abb. 1 dargestellt. Insgesamt wurde ein kleiner Überschuss an Ereignissen über dem Untergrund beobachtet, der der Erwartung für $t\bar{t}H$ -Produktion entspricht und so eindeutig ist, dass eine bloße statistische Fluktuation mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Die Signifikanz des Überschusses entspricht dabei 5.2 Standardabweichungen, die zugehörige Teststatistik ist in Abb. 2 gezeigt.

Durch die Beobachtung der $t\bar{t}H$ -Produktion konnte ein weiterer Produktionsmechanismus des Higgs-Bosons sowie dessen direkte Wechselwirkung mit dem Top-Quark nachgewiesen werden. Dies stellt einen bedeutenden Schritt im Verständnis des Higgs-Bosons dar und bestätigt die theoretischen Vorhersagen des Standardmodells. Die Ergebnisse wurden durch die CMS-Kollaboration in der Fachzeitschrift Physical Review Letters veröffentlicht und sind kürzlich durch das ATLAS-Experiment bestätigt worden.

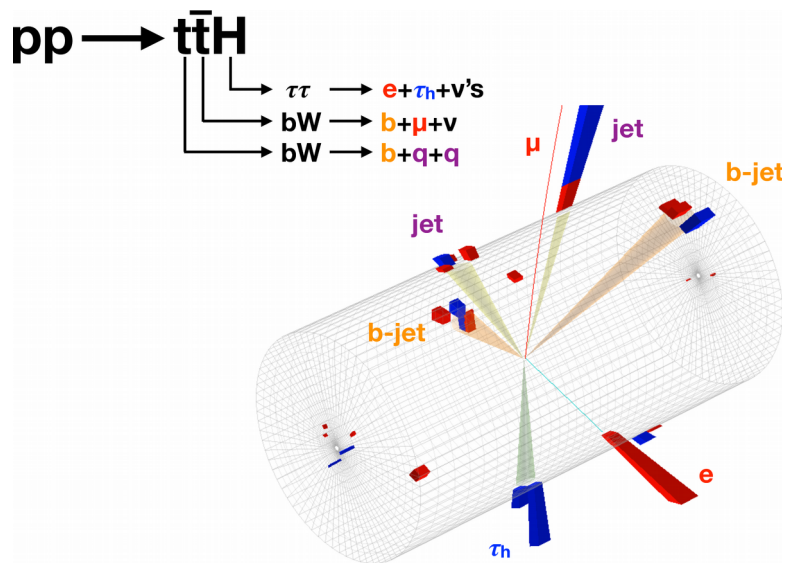


Abb. 1 Darstellung der Signale eines $t\bar{t}H$ -Ereignisses im CMS-Detektor.

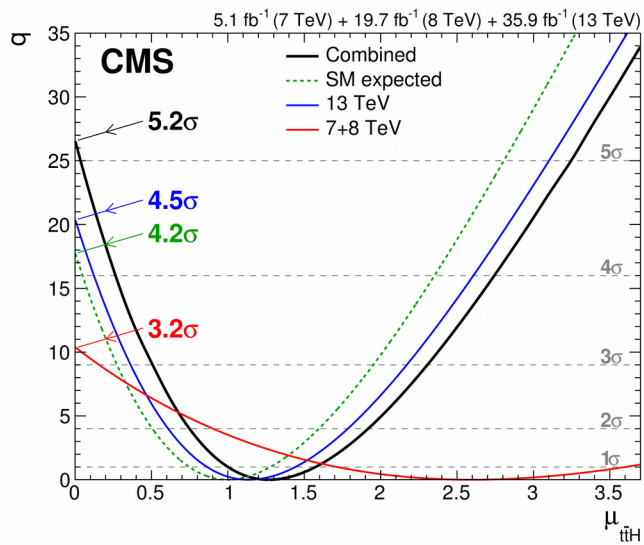


Abb. 2 Teststatistik q als Funktion der Signalstärke $t\bar{t}H$ relativ zur Standardmodellerwartung, für die Analyse der Daten bei 7 und 8 TeV, 13 TeV und der Kombination.