

Beobachtung der Yukawa-Kopplung des Higgs-Bosons an Leptonen

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Higgs-Bosons ist seine Kopplung an die Masse der Elementarteilchen: Durch diese Kopplungen werden die Massen dynamisch erzeugt. Für die massiven Eichbosonen W und Z wurde dieser Prozess schon experimentell nachgewiesen. Die Daten des LHC Run 2 erlauben es nun, die Kopplungen des Higgs-Bosons an die schwersten Fermionen zweifelsfrei nachzuweisen. Dies erfolgte durch das ATLAS-Experiment nun auch für das schwerste Lepton, das τ -Lepton. Signifikante Beiträge dazu lieferten die Doktorandinnen, Doktoranden und Postdocs der Gruppen in Bonn, Freiburg und Göttingen.

Im Juni 2018

Die Messung der Kopplung zwischen Higgs-Boson und den schweren Fermionen wie dem top-Quark und dem τ -Lepton stellt die erste genaue Vermessung eines neuen, bislang noch nicht direkt untersuchten Wechselwirkungstyps im Standardmodell dar: der Yukawa-Wechselwirkung. In einer nun erstmals vorgestellten Analyse der LHC Run 1 und Run 2 Daten des ATLAS-Experiments wurde der Zerfall eines Higgs-Bosons in zwei τ -Leptonen mit einer Signifikanz von 6.4σ beobachtet. Das ist die momentan signifikanteste Einzelmessung einer Yukawakopplung und gleichbedeutend mit der Aussage, dass das beobachtete Resultat nur in einer von 8×10^{11} Wiederholungen des Experiments erwartet würde, wenn es den Prozess in Wahrheit nicht gäbe. Dies ergänzt die kürzlich berichtete Beobachtung der Higgs-Kopplung an das top-Quark und die vor einigen Monaten erreichte Evidenz für die Kopplung an das b-Quark.

Vor dieser Entdeckung musste eine Reihe bedeutender experimenteller Hürden überwunden werden: Die kurzlebigen τ -Leptonen zerfallen zu 66 % in hadronische Endzustände, die den viel häufigeren hadronischen Jets sehr ähnlich sehen. Schon im Trigger musste während der Datennahme eine Identifikation der hadronischen τ -Zerfälle erfolgen.

Der wichtigste Untergrund ist die Produktion von Z-Bosonen, die in τ -Lepton-Paare zerfallen. Dieser Prozess stellt einerseits eine gute Möglichkeit zur Kalibration der Analyse dar; leider ist der Untergrund aber kinematisch nah am viel kleineren Signal, und die beim τ -Zerfall entstehenden Neutrinos erschweren die präzise Massenrekonstruktion (s. Abb. 1).

Eine Neuerung in dieser Analyse stellt die Verwendung einer teilchenflussbasierten Rekonstruktion der hadronischen τ -Zerfälle dar. Dies verbessert die Energie- und Winkelaufösung der Endzustände und eröffnet in Zukunft die Vermessung weiterer interessanter Observablen, z.B. der τ -Polarisation.

Als Ergebnis wurden die wichtigsten Produktionskanäle des Higgs-Bosons getrennt analysiert und gemessen: Die Vektorbosonfusion („VBF“) und die Gluonfusion („ggF“).

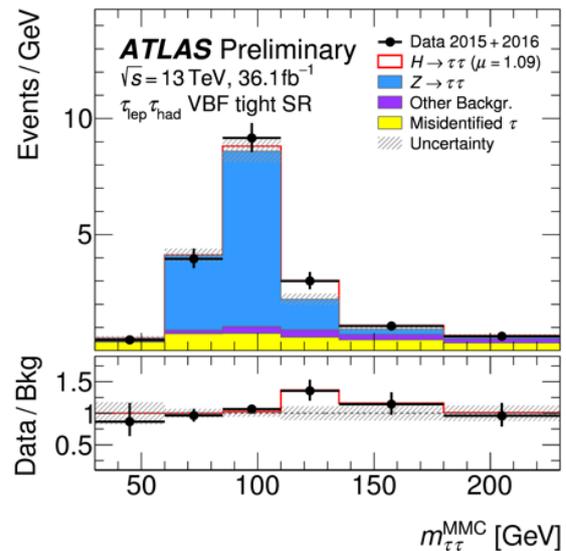


Abb. 1: Rekonstruierte Masse im VBF-Kanal

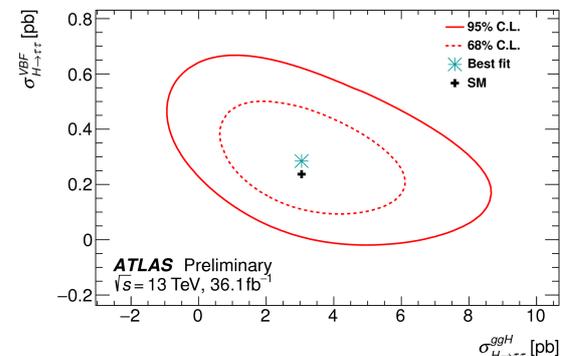


Abb. 2: $H \rightarrow \tau\tau$ Wechselwirkungsratenmessung

Die Ergebnisse stimmen in beide Kanälen sehr gut mit dem Standardmodell überein (s. Abb. 2).

Die zweifelsfreie Entdeckung der Yukawa-Wechselwirkung eröffnet nun eine Vielzahl weiterer möglicher Präzisionsmessungen von Eigenschaften dieser neuen Wechselwirkung.

Die Analyse wurde auf der LHCP 2018 Konferenz in Bologna am 5. Juni zum ersten mal in einem Vortrag von Christian Grefe vorgestellt.

Vorabveröffentlichung: ATLAS-CONF-2018-021 <http://cdsweb.cern.ch/record/2621794>

Dr. Peter Wagner, wagner@physik.uni-bonn.de, Editor der Veröffentlichung

Dr. Christian Grefe, grefe@physik.uni-bonn.de, Editor der Veröffentlichung

Prof. Dr. Hans-Christian Schultz-Coulon, coulon@kip.uni-heidelberg.de, FSP-Sprecher