

Neue Ergebnisse der ATLAS Suche nach dem Higgs

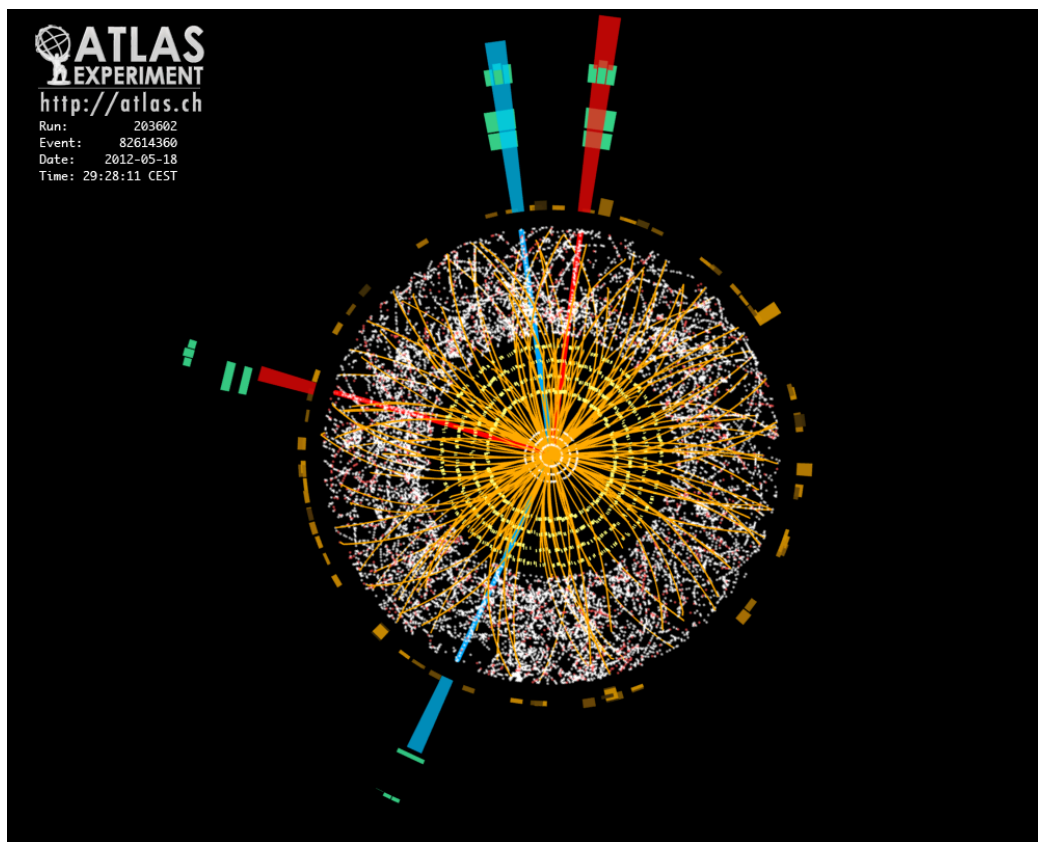


Abbildung 1. Kandidat für einen Higgs-Zerfall in vier Elektronen, 2012 von ATLAS aufgezeichnet.

Das ATLAS Experiment präsentierte am 4. Juli 2012 seine vorläufigen Ergebnisse der aktualisierten Suche nach dem Higgs-Boson in einem Seminar am CERN, das gleichzeitig per Videolink zur Internationalen Konferenz für Hochenergiephysik (ICHEP) in Melbourne (Australien) übertragen wurde. Gegen Ende dieser Woche werden hier die entsprechenden Analysen im Detail vorgestellt. Zusätzlich zu den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern am CERN wurde das Seminar per Videolink in hunderten Instituten überall auf der Welt verfolgt.

„Die Suche nach dem Higgs-Teilchen ist heute weiter fortgeschritten als wir für möglich gehalten hätten,“ sagte die Sprecherin der ATLAS Kollaboration Fabiola Gianotti. „Wir beobachten in unseren Daten klare Signale eines neuen Teilchens, mit einer Signifikanz von 5 Sigma, im Massenbereich um 126 GeV. Wir sind heute in dieser spannenden Situation dank der ausgezeichneten Leistungen des LHC, des ATLAS Experiments, und der enormen

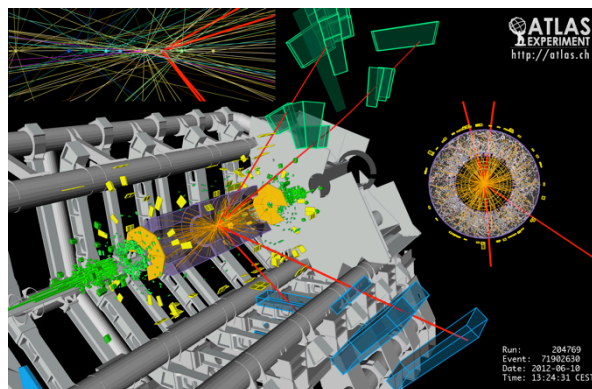


Abbildung 2. Kandidat für einen Higgs-Zerfall in vier Muonen, 2012 von ATLAS aufgezeichnet.

Anstrengungen vieler Kolleginnen und Kollegen. Wir werden noch etwas mehr Zeit brauchen um diese Ergebnisse zu vervollständigen. Um die Eigenschaften des neuen Teilchens zu bestimmen sind mehr Daten und weitere Analysen nötig."

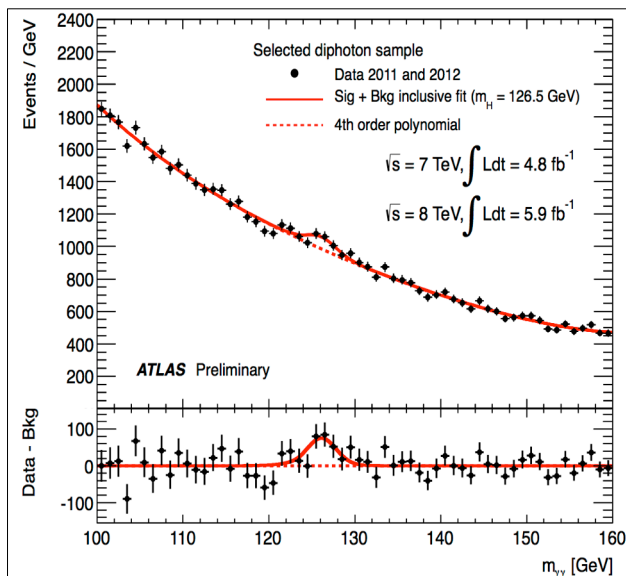


Abbildung 3. Verteilung der rekonstruierten Masse im Zerfallskanal in zwei Photonen.

Das Higgs-Boson ist ein instabiles Teilchen, das nur winzige Bruchteile einer Sekunde existiert bevor es in andere Teilchen zerfällt. Die Experimente können es daher nur durch die Messung seiner Zerfallsprodukte beobachten. Das Standardmodell der Teilchenphysik, eine Theorie die eine äußerst akkurate Beschreibung der uns umgebenden Materie liefert, sagt voraus das das Higgs-Teilchen in verschiedene klar unterscheidbare Kombinationen von Teilchen, sogenannte Zerfallskanäle, zerfällt. Die Verteilung auf die verschiedenen Kanäle hängt dabei von der Masse des Higgs-Teilchens ab.

Für diese ersten vorläufigen Resultate konzentrierte sich ATLAS auf zwei Zerfallskanäle des Higgs-Teilchens: den Zerfall in zwei Photonen, und den Zerfall in vier Leptonen. In beiden Kanälen lässt sich die Masse des Higgs-Teilchens in einem solchen Zerfall sehr genau aus den Zerfallsprodukten rekonstruieren. Im Zerfallskanal in zwei Photonen erwartet man mehr Higgszerfälle, aber auch viele ähnliche Ereignisse aus Untergrundprozessen, die allerdings gut verstanden sind. Für den Zerfall in vier Leptonen werden dagegen nur wenige Higgszerfälle erwartet, dafür aber praktisch keine Untergrundereignisse. Beide Kanäle zeigen ein statistisch signifikantes Signal bei etwa der gleichen Masse von 126 GeV. Eine Kombination dieser und anderer Kanäle ergibt eine Signifikanz von 5 Sigma. Das bedeutet nur eins in drei Millionen Experimenten würde rein zufällig ein so starkes Signal sehen, sollte es kein Higgs geben.

Die heute präsentierten Ergebnisse erweitern eine frühere Studie, die im Dezember letzten Jahres in einem Seminar am CERN zuerst vorgestellt, und dann Anfang 2012 publiziert wurde. Basierend auf den Protonenkollisionen mit einer Schwerpunktsenergie von 7 TeV des Jahres 2011 ließen diese Ergebnisse nur noch zwei schmale Massenbereiche zwischen 117 GeV und 129 GeV für das Higgs-Teilchen zu, mit damals noch schwachen Hinweisen auf ein Signal um 126 GeV,

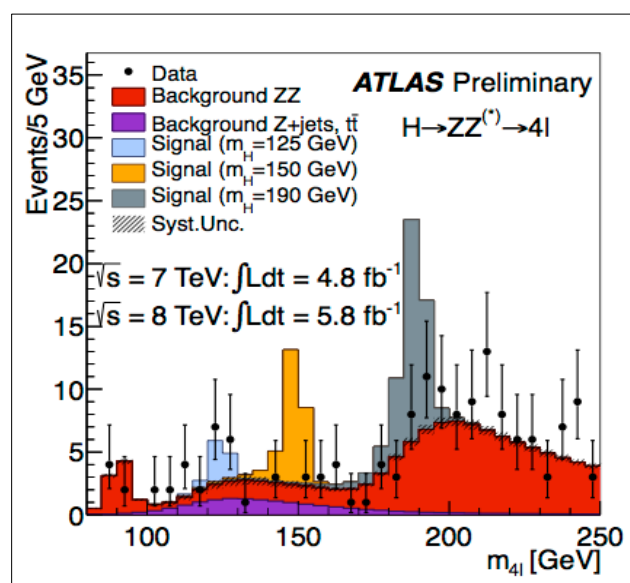


Abbildung 4. Verteilung der rekonstruierten Masse im Zerfallskanal in vier Leptonen.

was ungefähr der Masse eines Jodatoms entspricht.

Die nächste Aufgabe für das ATLAS Experiment, den LHC, und die Hochenergiephysik allgemein ist die Messung der Eigenschaften dieses neuen Teilchens und der Vergleich dieser Messungen mit den vorhergesagten Eigenschaften des Higgs-Bosons. Schon jetzt

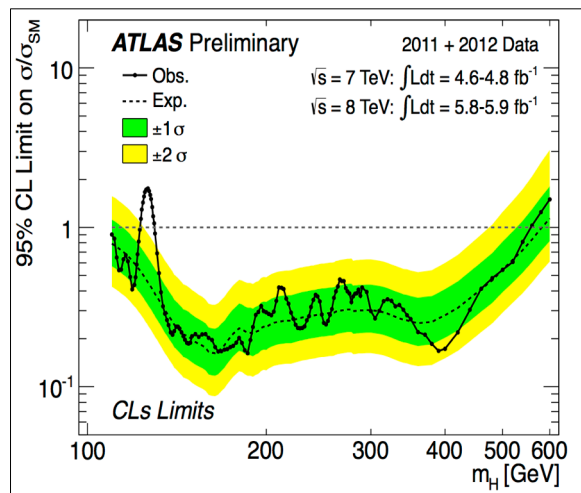


Abbildung 5. Experimentelle Grenzen von ATLAS für die Produktion eines Standardmodell Higgs-Bosons.

gibt es dabei Übereinstimmungen im Auftreten der Zerfälle in den vorhergesagten Zerfallskanälen und in der beobachteten Masse, die gut mit anderen indirekten Messungen harmoniert. In den kommenden Monaten und Jahren wird ATLAS diese Messungen weiter verfeinern um zu entscheiden, ob dies wirklich das Higgs-Boson ist, oder das erste einer ganzen Klasse solcher Teilchen, oder sogar etwas ganz anderes.

Für 2012 wurde die Schwerpunktsenergie der Protonenkollisionen auf 8 TeV erhöht. Dank der außerordentlichen Leistungen des LHC konnten in nur drei Monaten mehr Daten aufgezeichnet werden als im ganzen Jahr 2011. Die heute vorgestellten

Daten umfassen etwa eine Billiarde (eine Millionen Milliarden) Protonenkollisionen.

Der ATLAS Detektor hat trotz der schwierigeren Strahlbedingungen 2012 bemerkenswert gut funktioniert und hat mit nahezu voller Effizienz hochwertige Daten aufgezeichnet. Die hohe Rechenleistung des weltweiten Rechnernetzwerkes für die LHC Experimente (LHC computing GRID) war eine entscheidende Voraussetzung für die Rekonstruktion und Analyse dieser großen Datenmenge.

Es wird erwartet, dass der LHC die bisher an ATLAS gelieferte Datenmenge bis Ende 2012 nochmals verdoppelt, gefolgt von einer längeren Pause, in der der Beschleuniger weiter ausgebaut wird. Wenn der Beschleuniger gegen Ende 2014 den Betrieb wieder aufnimmt, wird sich die Schwerpunktsenergie der Protonenkollisionen fast verdoppelt haben. Die noch zu erwartenden Daten dieses Jahres in Kombination mit denen des verbesserten Beschleunigers ab Ende 2014 werden uns ermöglichen, die Fragen zum Higgs-Boson in Angriff zu nehmen, die sich aus der heutigen Präsentation ergeben. Diese Daten werden uns auch erlauben, unser Verständnis der Natur in vielen anderen Bereichen zu erweitern.

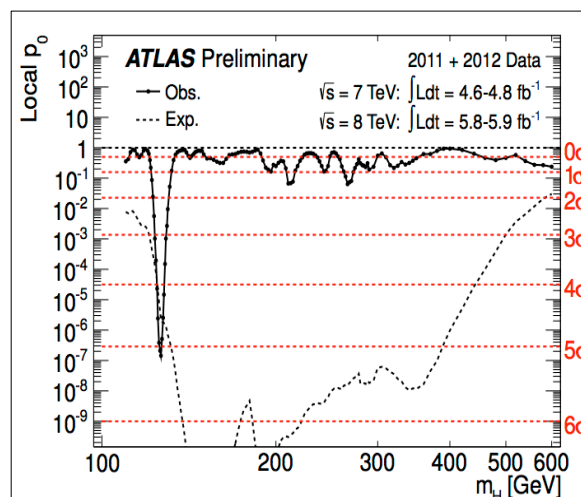


Abbildung 6. Wahrscheinlichkeit das Untergrundereignisse das beobachtete Signal produzieren, als Funktion aller untersuchter Higgs-Massen.

Über ATLAS

ATLAS ist ein Experiment der Teilchenphysik am Large Hadron Collider (LHC) am CERN. Der ATLAS Detektor sucht nach bisher unbekanntem Phänomenen in den Kollisionen von sehr hochenergetischen Protonen. ATLAS untersucht die grundlegenden Zusammenhänge, die unser Universum von Beginn an geformt haben, und die sein Schicksal bestimmen werden. Zu den untersuchten Fragen gehören der Ursprung der Masse, mögliche zusätzliche Raumdimensionen, die Vereinigung der fundamentalen Kräfte und Hinweise auf dunkle Materie im Universum.

Zum Zeitpunkt des Schreibens besteht die ATLAS Kollaboration aus 3000 Physikerinnen und Physikern von 176 Institutionen in 38 Ländern auf der ganzen Welt. Mehr als 1000 Doktoranden sind am Betrieb von ATLAS und an der Analyse der Daten beteiligt.

Auf der öffentlichen Webseite finden sich weitere Informationen zum ATLAS Experiment [<http://atlas.ch>].

Ausführliche Bildunterschriften

Abbildung 1.

Kandidat für einen Higgs-Zerfall in vier Elektronen, 2012 von ATLAS aufgezeichnet.

Abbildung 2.

Kandidat für einen Higgs-Zerfall in vier Muonen, 2012 von ATLAS aufgezeichnet.

Abbildung 3.

Verteilung der rekonstruierten Masse im Zerfallskanal in zwei Photonen. Den stärksten Anhaltspunkt für dieses neue Teilchen liefert die Auswertung von Ereignissen mit zwei Photonen. Die glatte gestrichelte Linie zeigt den gemessenen Untergrund von bekannten Prozessen. Die durchgezogene Linie stellt eine statistische Anpassung an Signal plus Untergrund dar. Das neue Teilchen erscheint als Überschuss um 126.5 GeV. Die vollständige Analyse kommt zu dem Schluss, dass die Wahrscheinlichkeit eines solchen Überschusses nur drei in einer Million ist.

Abbildung 4.

Verteilung der rekonstruierten Masse im Zerfallskanal in vier Leptonen. Die Suche mit dem reinsten erwarteten Signal ist die Untersuchung von Ereignissen mit zwei Z-Bosonen, die in Paare von Elektronen oder Myonen zerfallen. In der Region von 120 bis 130 GeV werden 13 Ereignisse beobachtet, aber ohne neues Teilchen nur 5.3 erwartet. Die vollständige Analyse kommt zu dem Schluss, dass die Wahrscheinlichkeit für einen solchen Überschuss nur drei in zehntausend ist, gäbe es kein neues Teilchen.

Abbildung 5.

Experimentelle Grenzen von ATLAS für die Produktion eines Standardmodell Higgs-Bosons im Massenbereich 110-600 GeV. Die durchgezogene Kurve zeigt die beobachteten experimentellen Grenzen für die Produktion eines Higgs Bosons für jeden möglichen Massenwert (horizontale Achse). Der Bereich, in dem die durchgezogene Kurve unter den Wert 1 sinkt, ist statistisch mit einem Vertrauenswert von 95% (confidence level, CL) ausgeschlossen. Die gestrichelte Kurve zeigt die aus Simulationen ermittelten Grenzwerte in Abwesenheit des Higgs-Bosons. Die grünen und gelben

Bänder entsprechen jeweils einem Vertrauenswert von 68% und 95% um die erwarteten Grenzen herum. Nur in dem engen Bereich von 123 bis 130 GeV werden mögliche Higgs-Massen nicht mit mehr als 95 % Vertrauenswert ausgeschlossen.

Abbildung 6.

Wahrscheinlichkeit das Untergründereignisse das beobachtete Signal produzieren, als Funktion aller untersuchter Higgs-Massen. Für fast alle Massenwerte ist diese Wahrscheinlichkeit (durchgezogene Linie) mindestens einige Prozent groß. Bei einer Masse von 126.5 GeV allerdings sinkt sie auf 3×10^{-7} , oder eine Chance in drei Millionen, was der ‚5-Sigma-Regel‘ entspricht, die gewöhnlich für die statistische Bestätigung einer neuen Entdeckung herangezogen wird. Ein Standardmodell Higgs-Boson mit dieser Masse würde einen Fall auf 4.6 Sigma erzeugen.

Weitere Quellen für ATLAS Informationen

- ATLAS Startseite: <http://atlas.ch>
- ATLAS Live Video: <http://cern.ch/atlas-live>
- Twitter: <http://twitter.com/ATLASexperiment>
- Google+: <http://gplus.to/ATLASExperiment>
- Facebook: <http://www.facebook.com/ATLASexperiment>
- YouTube: <http://www.youtube.com/TheATLASExperiment>

ATLAS Blog: <http://atlas.ch/blog>