

Am europäischen Forschungszentrum CERN [1] warten die Physiker auf den Start der neuen Messphase des Teilchenbeschleunigers LHC (Large Hadron Collider) [1]. Ende letzten Jahres fanden die Forscher Hinweise auf ein unerwartetes neues Elementarteilchen [1], das erste, das nicht von dem Standardmodell der Teilchenphysik [1] (Abb. 1) vorhergesagt wird.

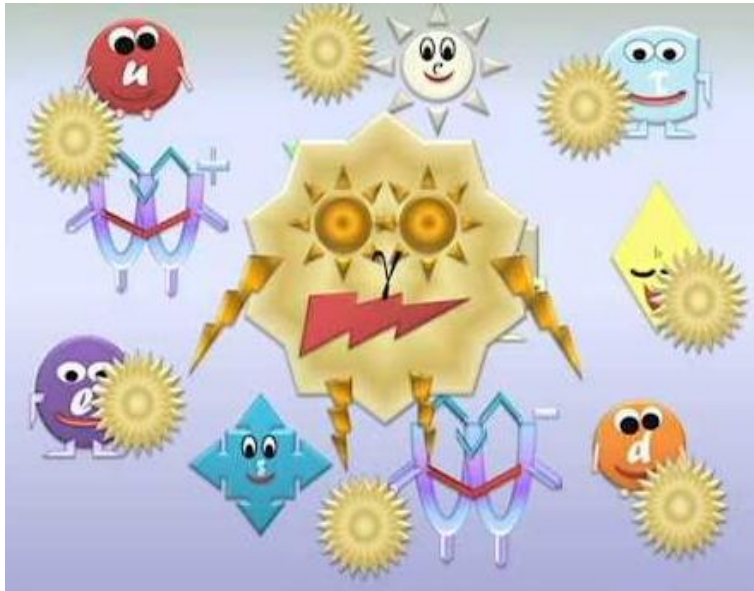


Abb. 1 Künstlerische Darstellung der Elementarteilchen des Standardmodells.
© strawberry/youtube

Das Standardmodell beinhaltet sämtliche uns bekannten Teilchen und Kräfte (Abb. 1): die Teilchen, aus denen die uns bekannte Materie aufgebaut ist, und deren gegenseitige Wechselwirkungen [1] durch Kraftteilchen [1]. Das vor 4 Jahren am LHC entdeckte Higgs-Teilchen [1] verleiht (vereinfacht gesagt) den Elementarteilchen ihre Masse.



Abb. 2 Künstlerische Darstellung des am LHC beobachteten Photonenüberschusses.
© A. Strumia

Was geschieht im LHC?

Die riesige Maschine beschleunigt zwei Bündel aus Protonen [1] in einem Kreis, der einen Durchmesser von 27 Kilometern besitzt, auf nahezu Lichtgeschwindigkeit [1]. Die Protonenansammlungen umlaufen den Kreis in verschiedenen Richtungen und prallen gezielt aufeinander. Insgesamt existieren vier Stellen, an denen die Teilchen aufeinandertreffen und mithilfe riesiger Detektoren beobachtet werden.

Die immense Energie der Kollisionen wird an alle möglichen Teilchen übertragen, einschliesslich Photonen (Lichtteilchen) [1], Elektronen [1] und Quarks [1]. Dabei können sie neue Teilchen bilden. Neue Teilchen sind instabil und können in andere, bekannte Teilchen zerfallen.

Der Zerfallsprozess erzeugt Muster in den Detektordaten. Dabei zeigen die Teilchen die für ihren Zerfallsprozess charakteristischen Muster. Beispielsweise gelang die Entdeckung des Higgs-Teilchens im Jahr 2012, weil es hauptsächlich in Paare aus Photonen zerfällt.

Ein neues Teilchen?

Falls sich die Existenz des vermeintlich neuen Teilchens als real herausstellen sollte, wird es dem vor vier Jahren entdeckten sechs Mal leichteren Higgs-Teilchen auf alle Fälle den Rang ablaufen.

Einige Wissenschaftler vermuten hinter dem neuen Teilchen bloss ein weiteres, schwereres Higgs-Teilchen. Andere interpretieren die beobachteten Zerfallsmuster als neues Teilchen und vermuten die Existenz weiterer neuer Bestandteile des Universums.

Die Theoretiker versuchen inzwischen herauszufinden wie diese vermeintlich neuen Teilchen in die existierenden Theorien passen, beispielsweise die Supersymmetrie [1], einer Erweiterung des Standardmodells.

Die Experimentatoren sind sich sicher, dass sie innerhalb der nächsten Monate genügend Daten sammeln können, um herauszufinden, ob es sich um ein reales Signal handelt. Herauszufinden, was hinter den beobachteten Signaturen liegt, wird sicherlich länger dauern.

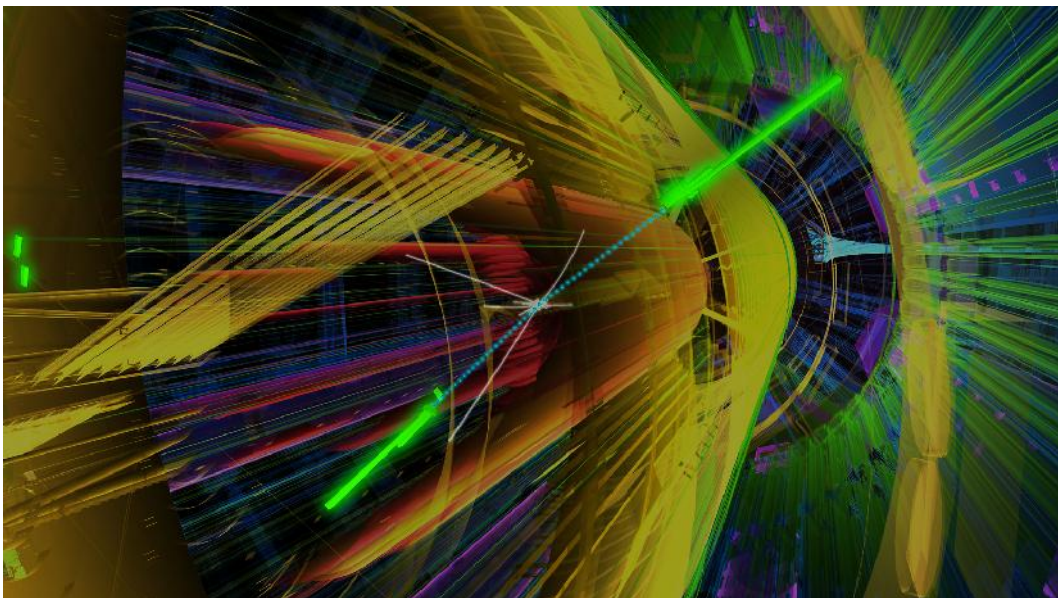


Abb. 3 Schematische Darstellung des am LHC beobachteten Photonenüberschusses.

Der Wirbel am LHC dreht sich um die Beobachtung eines Überschusses von Photonenpaaren (grüne Spuren), die bei den Teilchenkollisionen (Bildmitte) entstanden.

© CERN

Ist das vermeintlich neue Teilchen real?

Was wurde beobachtet? - Der LHC hat Ende letzten Jahres bei bestimmten Kollisionen mehr Photonen entdeckt als erwartet (Abb. 2, 3). Dabei handelt es sich um hochenergetische Photonen im Gammastrahlenbereich [1].

Der beobachtete Photonenüberschuss wurde bei einer Energie von rund 750 Gigaelektronenvolt (GeV) [1] gemessen (Abb. 4). Möglicherweise handelt es sich um einen ersten Blick auf die nächste grosse Entdeckung (nach dem Higgs-Teilchen und den Gravitationswellen [1]).

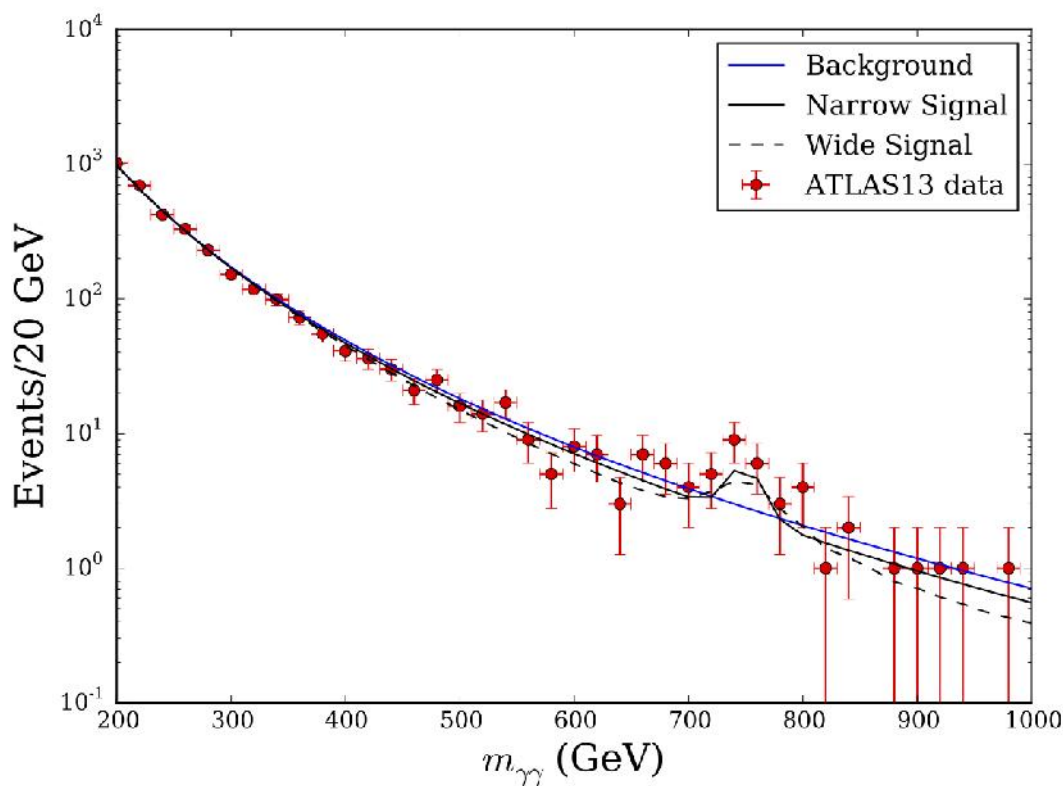


Abb. 4 Die neuen Messdaten am LHC und deren Modellierung.

Der Graph zeigt den Zusammenhang zwischen der Anzahl der Ereignisse (Events) und der dazugehörigen Energie bzw. Masse der beobachteten Photonenpaare ($m_{\gamma\gamma}$ in GeV). Die Auffälligkeit konzentriert sich auf die kleine hügelartige Struktur bei rund 750 GeV.

Die roten Punkte entsprechen den Messdaten, die Kreuze um die Punkte den Messunsicherheiten. Die durchgezogene blaue Kurve entspricht den auftretenden Hintergrundsignalen.

© M. Strassler

Andererseits könnte es sich um Nichts handeln. Das LHC sucht nach Anzeichen neuer Physik, fernab des Standardmodells, indem es Teilchen mit hoher Geschwindigkeit aufeinanderprallen lässt und die Überbleibsel der Kollision mit riesigen empfindlichen Detektoren misst. In dieser Welt regieren die Quantengesetze [1].

Was, wenn die letzte ungewöhnliche Beobachtung innerhalb der Daten tatsächlich eine solide Basis besitzt? Sie wäre das Tor zu einer neuen Ära der Physik, aber auch in eine Welt unbekannter Teilchen und Kräfte.

Neues Teilchen oder neue Physik?

Spekulationen machen die Runde. Einige Physiker vermuten, dass es sich bei der Beobachtung um einen schweren Cousin des Higgs-Bosons [1] handelt. Alternativ könnte es bedeuten, dass das Higgs selbst aus kleineren Teilchen besteht. Andere Forscher vermuten hinter der Messung ein sog. Graviton [1], ein Teilchen, das Schwerkraft [1] überträgt. Das wäre äusserst bemerkenswert. Es könnte sich jedoch auch um eine schwere Version des Neutrinos [1] handeln, wie sie von der Supersymmetrie vorhergesagt wird.



Abb. 5 Um was handelt es sich bei dem vermeintlich neuen Teilchen?

© A. Strumia

Falls hinter der Messung am LHC ein neues Teilchen steckt, gliche die Entdeckung einer 10 auf der Richterskala [1] der Teilchenphysik, so ein Physiker.

Falls die Messung real ist, wäre es eine fantastische Entdeckung, vor allem da sie unerwartet geschah. In diesem Fall erwarten viele Forscher, dass es sich nur um die Spitze des Eisbergs (Abb. 6) einer neuen Form von Materie handelt. Realistisch gesehen halten viele Forscher die Messung jedoch lediglich für eine statistische Schwankung [1].



Abb. 6 Künstlerische Darstellung des vermeintlichen Teilcheneisbergs.

Falls es sich bei der neuen Messung am LHC um ein neues Teilchen handelt, könnte dies die Spitze eines Eisbergs sein, unterhalb dessen sich weitere neue Teilchen oder eine neue Physik verbergen.

© A. Strumia

Erste Hinweise

Erste Hinweise auf die Existenz eines neuen Teilchens erhielten die Forscher im Dezember 2015. Damals stellten die Wissenschaftler der beiden Hauptdetektoren des LHC, ATLAS und CMS [1], fest, dass man sozusagen etwas Ähnliches beobachtet hatte, kleine Ausschläge in den Daten [3].

Die Ausschläge entsprechen Kollisionen von Protonen, die einige hochenergetische Photonen mehr erzeugt hatten als es die Theorie vorhersagt. Das Interessante dabei ist, dass die beiden Detektoren völlig unterschiedlich funktionieren.

Üblicherweise erregen derartige Messausschläge kaum Aufmerksamkeit. Meist treten ähnliche Ausschläge auf und verschwinden anschliessend auf Nimmerwiedersehen.

Im Dezember war es die Entdeckung der Ausschläge, die beide Teams unabhängig voneinander gemacht hatten, und das mit unterschiedlichen Detektoren und an der gleichen Stelle. Die Energien der Extra-Photonen passten zueinander. Beide Messungen [3] weisen auf ein neues Teilchen, das rund 15 Mal schwerer als ein Eisenatom [1] ist (Abb. 7).

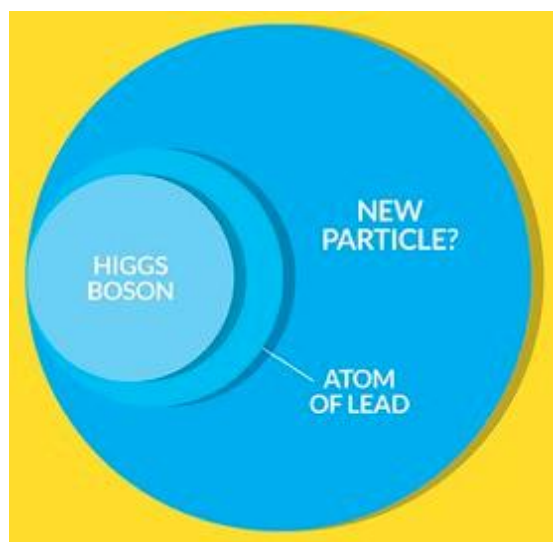


Abb. 7 Schematischer Vergleich von Teilchen.

Falls es sich bei den neuen Messungen am LHC um ein neues, bisher unbekannte Teilchen handelt, wäre es schwerer als das Higgs und etwa 15 mal schwerer als ein Eisenatom (atom of lead).

© scoopnest

Es existieren bereits Wetten des CMS-Teamleiters mit 20:1 gegen die Existenz des neuen Teilchens, zahlbar in französischem Rotwein. Jedoch findet sich gegenwärtig niemand, der die Wette akzeptiert. Die Wahrscheinlichkeit eine derartige Übereinstimmung zu finden ist nämlich sehr gering.

Ähnliches vor 4 Jahren

Auf ähnliche Art und Weise wurde im Juli 2012 das Higgs-Teilchen entdeckt. Das Higgs wurde bereits im Jahr 1964 vorhergesagt. Viele Forscher prognostizierten die Entdeckung mithilfe des LHC, was tatsächlich gelang. Das

Higgs zerfiel nach der Kollision der schnellen Teilchen in andere, weniger schwere Teilchen. Der wichtigste Zerfallsprozess des Higgs ist der in Photonenpaare [1]. Damals führte die Messung von Extra-Photonen [1] zum Nachweis des lange vorhergesagten Teilchens.

Präsentation der neuen Messungen

Die beteiligten Forscher haben ihre aktuellen Ergebnisse erstmals auf einer Konferenz [4] im französischen La Thuile [1] vorgestellt. Seit der Ankündigung im Dezember 2015 versuchen Theoretiker übrigens in einem Wust von mehr als 600 Veröffentlichungen mögliche Erklärungen für die mysteriöse Messung zu finden.

Am Jahresende überprüfte das CMS-Team nochmals sämtliche Daten. Dabei nahm es sämtliche mögliche Fehlerquellen erneut unter die Lupe, beispielsweise technische Probleme. Das Team kombinierte die Daten aus dem Jahr 2015 mit denen aus den Jahren 2011-2012, als das Higgs entdeckt wurde [3].

CMS

Dabei entdeckte das CMS-Team, dass die Signifikanz des neuen Messausschlags gegenüber den alten Daten sogar angewachsen war und einer statistischen Aussage von 3,4 sigma [1] entspricht. Doch nach technischen Korrekturen sank der Wert auf 1,6 sigma.

Die Wahrscheinlichkeit von 1,6 sigma entspricht einer Wahrscheinlichkeit mehrere Murmeln in eine Reihe zu werfen. Das ist nicht unmöglich, insbesondere in einer Maschine mit Milliarden von Teilchenkollisionen in jeder Sekunde.

ATLAS

Die neuesten Analysen des ATLAS-Teams zeigen eine Wahrscheinlichkeit von 3,6 sigma oder 2 sigma nach den Korrekturen; das entspricht dem Wurf von fünf Murmeln in eine Reihe. Üblicherweise entspricht eine bona fide-Entdeckung einer statistischen Signifikanz von 5 sigma. Dann entspräche die Wahrscheinlichkeit, dass es sich bei dem beobachteten Signal um einen Zufall handelt, weniger als einem Dreimillionstel oder dem Wurf von 21 Murmeln, die sich danach in einer Reihe befinden.

Kombination

Allerdings existieren Gerüchte, dass die Teams von ATLAS und CMS Ende März ihre Daten nochmals analysiert haben [3]. Demnach wäre die statistische Signifikanz bis auf 4,7 sigma gestiegen. ATLAS liess verlauten, die Signifikanz der Datensätze läge nun bei 3,9 und 3,6 sigma; bei CMS liege sie nun bei 2,9 sigma. Die Kombination der Daten beider Teams liege nun bei 3,4 sigma.

Unabhängige Analysen der Daten (Run1 und Run2) [4] kommen zu dem Schluss, dass die Signifikanz unter der Zuhilfenahme sämtlicher Daten sowie der Kombination beider Detektoren eher ansteigt als sinkt.

FAZIT

Die jetzige Situation am LHC unterscheidet sich grundlegend von der vor vier Jahren - als das Higgs entdeckt wurde. Damals existierte lediglich eine mögliche Hauptinterpretation des Signals bei 125 GeV [1]. Nun drängeln sich

viele mögliche Antworten um Aufmerksamkeit, wenn es darum geht das Signal bei 750 GeV zu erklären: sei es ein Higgs-Partner, ein kleines oder Zwillings-Higgs, ein zusammengesetzter Higgs-Zustand, ein Graviton des Randall-Sundrum-Modells [1] oder ein Zeichen für die Existenz von Supersymmetrie.

Eine glaubwürdige Antwort muss erklären, weshalb das vermeintliche neue Teilchen nicht in anderen Zerfallskanälen beobachtet wird, beispielsweise beim Zerfall in ein Paar W-Bosonen [1] (falls es sich um einen Verwandten des Higgs handelt).

Am wahrscheinlichsten erscheint derzeit - wenn überhaupt -, dass es sich um einen Teil einer grösseren Struktur handelt, möglicherweise mit Bezug auf die elektroschwache Symmetriebrechung [1] und dem Hierarchieproblem [1] des Standardmodells.

FALLS ...

Falls das vermeintlich neue Teilchen real ist, bedeutet dies unausweichlich etwas Neues in Bezug auf den Zustand von Materie und die fundamentalen Kräfte [1]. Im Moment scheint das Signal jedoch eher einer Fluktuation zu gleichen. Man erhofft sich, dass neue Experimente bzw. Daten das Schicksal der Messung am LHC erklären können.

Das wird bald der Fall sein: im Winter schliesst das LHC aufgrund des jährlich anstehenden Check-Ups. Jedoch ist der Beschleuniger bereits Ende März wieder gestartet. Erste Teilchen sind bereits am Osterwochenende geflogen.



Abb. 8 Ruhig bleiben und mehr Daten sammeln.

© P. Musella

Die nächste Messphase soll Ende April starten, dann können ATLAS und CMS neue Daten sammeln. Die Messungen stammen dann von Teilchenkollisionen, die 1,6 mal energiereicher als in der letzten Messphase vor dem Upgrade des

Beschleunigers. Dabei werden innerhalb der nächsten drei Jahre rund 30 Prozent mehr Daten gesammelt.

Falls alles glatt geht, sollten die Forscher ihre Antwort - wie immer sie ausfallen wird - bereits im Juli kennen; bis dahin haben sie doppelt so viele Daten gesammelt wie bisher. Ihre Ergebnisse könnten sie auf einer Konferenz im August vorstellen.

Bis dahin heisst es: Ruhig bleiben und mehr Daten sammeln (Abb. 8).

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu

Ihre
IG Hutzi Spechtler – Yasmin A. Walter

Quellenangaben:

[1] Mehr Information über astronomische Begriffe
www.wikipedia.de

[2] Mehr Information zum gemessenen Photonenüberschuss am LHC
http://ig-hutzi-spechtler.eu/aktuelles_neues_elementarteilchen.html

[3] Mehr Information zu den Resultaten von ATLAS und CMS
<http://cms-results.web.cern.ch>
<https://atlas.web.cern.ch>

[4] Mehr Information zu Moriond-Konferenz
<https://indico.in2p3.fr>