

## Das Higgs zerfällt [29. Aug.]

Erst vor sechs Jahren ist den Wissenschaftlern am **CERN**, dem *Europäischen Zentrum für Kernforschung* (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) in Genf, der Nachweis des seit Jahrzehnten gesuchten **Higgs-Bosons** ("Higgs") gelungen.

Das mit dem *Higgs-Teilchen* im Zusammenhang stehende *Higgsfeld* (*Brout-Englert-Higgs-Feld*) verleiht anderen Teilchen ihre Masse.

### Faktencheck HIGGS

- alias *Higgs-Boson*
- verleiht den Elementarteilchen Masse
- Nachweis im Jahr 2012 (LHC/CERN)
- Masse rund 125 GeV
- 2013: *Nobelpreis* (F. Englert, P. Higgs)

## Messung von Higgs-Teilchen

Higgs-Bosonen entstehen bei **hochenergetischen Kollisionen von Teilchenpaaren**, die auf nahezu *Lichtgeschwindigkeit* beschleunigt wurden. Diese Bosonen besitzen jedoch eine extrem **kurze Lebenszeit**, weniger als  $10^{-22}$  Sekunden. Das bedeutet: das schnelle Teilchen zerfällt bevor es eine Strecke zurückgelegt hat, die größer ist als der Durchmesser eines *Atoms*. Daher kann ein Higgs-Teilchen nicht direkt beobachtet werden; lediglich die *Zerfallsprodukte* des Higgs sind nachweisbar; sie weisen auf die Eigenschaften des ursprünglichen Teilchens, des Higgs.

Higgs-Bosonen besitzen eine Masse von rund 125 *Gigaelektronenvolt* (Gev) und sind rund 133 mal schwerer als ein *Proton*. Berechnungen sagen vorher, daß Higgs-Bosonen in Paare folgender Teilchen zerfallen: *bottom-Quarks* (b-Quarks) 58 Prozent, *W-Bosonen* (21 Prozent), *Z-Bosonen* (6 Prozent),  *$\tau$ -Leptonen* (2,6 Prozent) und *Photonen* (0,2 Prozent) – möglicherweise in andere, bisher unbekannte Teilchen.

## Wechselwirkung Higgs – top-Quark

Vor wenigen Wochen, im Juni 2018, gelang der Nachweis wie stark das Higgs-Boson mit dem schwersten bekannten Elementarteilchen, dem *top-Quark* (t-Quark), wechselwirkt.

Das Higgs wechselwirkt lediglich mit schweren Teilchen. Mithilfe des Teilchenbeschleunigers *LHC* (*Large Hadron Collider*, CERN) konnten die Forscher den Zerfall des Higgs in zwei masselose *Photonen* nachweisen (Abb. 1). [2]

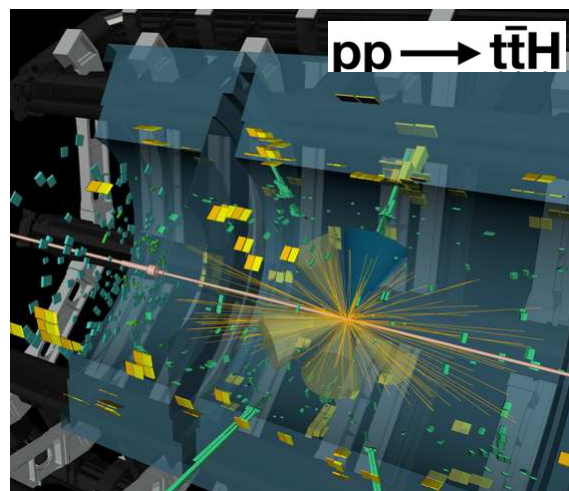


Abb. 1 Schematische Darstellung des Zerfalls von Higgs-Teilchen in jeweils zwei masselose Photonen. Das Zerfallsereignis im Detektor des LHC zeigt zwei Photonenkandidaten (grüne Kegel) und 6 weitere Teilchenjets (gelbe Kegel, *bottom-Quarks*).

© ATLAS/CERN

Die *Quantenmechanik*, die die Welt der Teilchen und *Elementarteilchen* beschreibt, erlaubt dem Higgs kurzzeitig zu „fluktuieren“ und sich sozusagen in ein t-Quark und ein *Anti-t-Quark* zu verwandeln, die beide sofort *annihilieren* (zerstrahlen) und dabei ein *Photonenpaar* (pp) erzeugen. Quarks sind elementare Bauteile des Universums.

Die Wahrscheinlichkeit einen derartigen Zerfall zu beobachten hängt von der Stärke der **Wechselwirkung** (*Kopplung*) zwischen dem Higgs (H) und den t-Quarks (t) ab (ttH), ähnlich einer Anhängerkupplung, die entweder fest oder eher lose mit einem Fahrzeug verbunden ist.

Beobachtet man einen derartigen Zerfall, kann man indirekt auf die Stärke der Kopplung der beteiligten Partner schließen.

Die Messung dieses Prozesses bedeutet für die Wissenschaftler eine Herausforderung, denn lediglich rund ein Prozent der Higgs-Bosonen zeigen die beschriebene Kopplung mit den beiden t-Quarks. Zudem zerfallen das Higgs und die t-Quarks auf komplizierte Art und Weise ebenfalls in andere Teilchen.

Die Ergebnisse seien mit dem *Standardmodell der Teilchenphysik* („Standardmodell“) konsistent, so die Forscher.

## **Das Standardmodell der Teilchenphysik**

Das Standardmodell der Teilchenphysik soll nicht nur die Anzahl der existierenden Teilchen beschreiben, sondern auch deren Eigenschaften erklären. Im ursprünglichen Standardmodell besitzen die Teilchen keine Masse. Ohne Masse wären jedoch sämtliche Teilchen so schnell wie das Licht. Dann jedoch würden weder *Atome* noch Sterne bzw. Planeten oder Menschen existieren.

Jedoch konnten die Physiker bereits seit Jahrzehnten nachweisen, daß Teilchen wie das *Proton* eine Masse besitzen. Zur Lösung dieses Problems sagten Physiker - wie der US-amerikanische Wissenschaftler *Peter Higgs* - voraus, daß ein Mechanismus existiere, der den Teilchen **ihre Masse sozusagen „automatisch“ verleiht**.

### **ANALOGON**

In einem Analogon wird dieser Mechanismus gerne mit einer Party verglichen, auf der plötzlich ein Popstar erscheint. Die zahlreichen Gäste bilden das Higgsfeld. Betritt der Popstar den Raum und will diesen durchqueren, scharen sich sofort viele Besucher um ihn. Sie behindern das Vorankommen des Popstars im Raum; er wird langsamer und gewinnt sozusagen an „Masse“.

Dem Higgs-Boson kommt in diesem Vergleich die Rolle eines Gerüchts zu, ein Popstar habe den Raum betreten. Sämtliche Besucher wollen den Star sehen und scharen sich daher um ihn. Wie sich das Gerücht von der Ankunft des Popstars im Raum fortpflanzt und damit eine „Zusammenballung“ der Gäste verursacht, soll die Bewegung eines Teilchens im Higgsfeld diesem Masse verleihen.

## **Zerfall des Higgs in bottom-Quarks**

Erst vor wenigen Tagen folgte die Veröffentlichung eines weiteren wichtigen Bausteins zum Verständnis des Higgs-Bosons.

Forscher des CERN haben den **Zerfall** eines Higgs-Bosons in zwei *bottom-Quarks* (b-Quarks) nachgewiesen (Abb. 2). Laut neuesten Messungen soll ein Higgs in 60 Prozent aller Fälle in b-Quarks zerfallen.

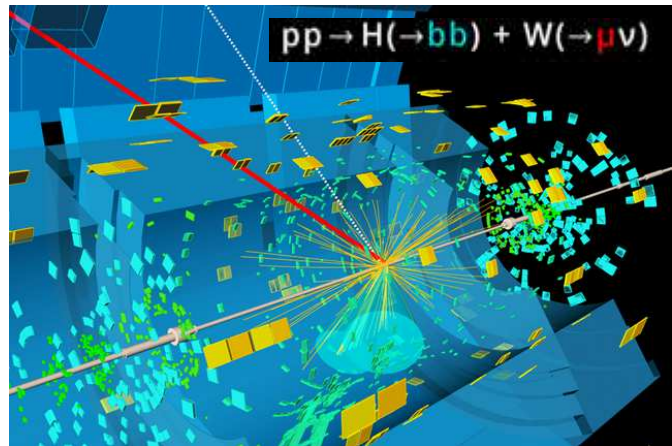
Die neuen Messungen stimmen mit der Annahme überein, daß das Higgs-Quantenfeld ebenfalls dem b-Quark Masse verleiht.

Laut dem Standardmodell zerfällt das Higgs in rund 60 Prozent aller Fälle in ein b-Quarkpaar, die zweischwerste Sorte der insgesamt 6 *Quarkteilchensorten*. Das Experiment ist deshalb von grundlegender Bedeutung, da das Ergebnis entweder das Standardmodell unterstützt oder in die Richtung einer „**neuen Physik**“ weist.

Abb. 2 Schematische Darstellung des Zerfalls von Higgs-Teilchen in zwei b-Quarks.

Bei diesem Zerfallsprozeß beobachteten die Wissenschaftler den Zerfall des Higgs (H) in zwei b-Quarks (b) und die Entstehung eines *W-Bosons*, das in ein *Myon* ( $\mu$ ) und ein *Neutrino* ( $\nu$ ) zerfällt.

© ATLAS/CERN



Der Grund dafür, daß diese Messung erst jetzt eindeutig interpretiert werden kann, liegt darin, daß mehrere *Zerfallskanäle* zur Erzeugung von b-Quarks durch Kollisionen von *Protonen* (pp) existieren und erst jetzt das eigentliche Signal von dem *Hintergrundrauschen* eindeutig getrennt werden konnte.

Die beteiligten Forscher kombinierten Meßdaten aus dem ersten und zweiten Lauf des LHC (*first and second run*), um das vermutete Ergebnis zu untermauern. Das Ergebnis sei (im Rahmen der Meßgenauigkeit) ebenfalls mit dem Standardmodell konsistent, so die Wissenschaftler.

Die neueste Ankündigung des LHC beweist, daß die Vorhersage für den Zerfall des Higgs in eine bestimmte Quarksorte (b-Quarks) richtig ist.

Nun wollen die Wissenschaftler am CERN die Genauigkeit ihrer **Messungen weiter verbessern** und mithilfe zusätzlicher Messungen den Zerfall des Higgs in leichtere Teilchen, wie dem Myon, wagen. Falls dies gelingt erhoffen sich die Forscher eine weitere Bestätigung des Standardmodells oder einen Hinweis auf die Existenz einer bisher *unbekannten Physik*.

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter [kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu](mailto:kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu)

Ihre  
IG Hutzi Spechtler

Yasmin Walter (yahw)

#### Quellenangaben:

[1] Information zu astronomischen und physikalischen Begriffen (*kursive Schreibweise*)  
[www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

[2] Mehr Information über die neuen Ergebnisse zum Zerfall des Higgs-Bosons  
<https://home.cern>  
<http://lhcp2018.bo.infn.it/>

Sirunyan, A. M., et al. (CMS Collaboration), *Phys. Rev. Lett.* **120**, 231801 (4 June 2018)

ATLAS Collaboration, *Phys. Lett. B* 784, **173** (2018)

<https://atlas.cern>

ATLAS Collaboration, *CERN-EP-2018-215*