Das Higgs-Boson

QUANTENPHYSIK · TEILCHEN UND LICHT

Am Morgen des 4. Juli 2012 war der große Hörsaal des CERN bei Genf so voll, dass manche Physiker schon die Nacht davor vor der Tür verbracht hatten, um einen Platz zu bekommen. In der ersten Reihe saß ein 83-jähriger Herr aus Edinburgh, der fast fünfzig Jahre auf diesen Tag gewartet hatte. Als die Sprecher der beiden großen Experimente ATLAS und CMS ihre Ergebnisse zeigten, nahm Peter Higgs seine Brille ab und wischte sich die Augen.

Was dort verkündet wurde, war die Entdeckung eines Teilchens, das 1964 vorhergesagt worden war, und zwar nicht, weil jemand es gesucht hätte, sondern weil die Theorie ohne es nicht funktionierte. Wer verstehen will, warum, muss bei einer erstaunlich einfachen Frage anfangen: Warum haben Dinge überhaupt eine Masse?

Ein Problem mit der Symmetrie

Anfang der Sechzigerjahre hatten die Teilchenphysiker ein ziemlich elegantes Werkzeug gefunden, um die Kräfte der Natur zu beschreiben. Die Theorien beruhen auf Symmetrien, und sie funktionieren hervorragend, solange die Teilchen, die die Kräfte übertragen, keine Masse haben. Für das Photon, das Teilchen des Lichts und der elektromagnetischen Kraft, passt das. Für die schwache Kernkraft, die etwa den radioaktiven Betazerfall bewirkt, passte es nicht. Sie hat eine extrem kurze Reichweite, und das ließ sich nur erklären, wenn ihre Botenteilchen schwer sind. Schwere Botenteilchen aber zerstörten die Symmetrie, auf der die ganze Theorie aufgebaut war.

1964 fanden mehrere Physiker unabhängig voneinander einen Ausweg. In Brüssel veröffentlichten François Englert und Robert Brout im August eine Arbeit dazu [1], in Edinburgh Peter Higgs wenige Wochen später eine zweite [2], kurz darauf folgte ein Trio in London. Vor allem Higgs wies in seiner Arbeit ausdrücklich darauf hin, dass der Mechanismus ein neues, massives Teilchen nach sich ziehen müsse. Darum trägt es heute seinen Namen.

Ein Feld, das überall ist

Die Idee geht so: Der ganze Raum ist von einem Feld erfüllt, dem Higgs-Feld. Anders als ein Magnetfeld, das in der Nähe eines Magneten stark ist und weiter weg schwächer wird, hat es überall denselben Wert, auch im leersten Vakuum zwischen den Galaxien. Die Naturgesetze selbst sind symmetrisch, aber der Zustand, in dem sich das Universum

befindet, ist es nicht mehr, so wie ein Bleistift, der auf der Spitze steht, in jede Richtung fallen kann, am Ende aber nur in einer liegt.

Teilchen, die mit diesem Feld wechselwirken, verhalten sich so, als hätten sie Masse. Je stärker die Kopplung, desto schwerer das Teilchen. Das Photon koppelt gar nicht und bleibt masselos, das Elektron koppelt schwach, das Top-Quark sehr stark. Man liest oft das Bild von einem Menschen, der sich durch eine dichte Menge auf einer Party schieben muss und dadurch langsamer wird. Das Bild ist anschaulich, aber man sollte es nicht zu wörtlich nehmen, denn das Higgs-Feld bremst nichts ab wie eine Reibung. Es verändert, wie Teilchen auf Kräfte reagieren, und genau das ist Masse.

Und das Higgs-Boson? Es ist eine kleine Welle in diesem Feld, so wie ein Photon eine kleine Welle im elektromagnetischen Feld ist. Wenn man das Feld kräftig genug anstößt, entsteht dieses Teilchen. Wer es findet, beweist damit, dass es das Feld gibt.

Achtundvierzig Jahre Suche

Kräftig genug anstoßen, das war das Problem. Die Theorie sagte nicht voraus, wie schwer das Higgs-Boson ist, man musste also in einem großen Bereich suchen, und das Teilchen zerfällt sofort wieder in andere Teilchen. Der LEP-Beschleuniger am CERN und das Tevatron bei Chicago grenzten den Bereich ein, fanden es aber nicht. Erst der Large Hadron Collider, in dem Protonen mit nie dagewesener Energie aufeinanderprallen, schaffte es.

Am 4. Juli 2012 präsentierten ATLAS und CMS unabhängig voneinander ein neues Teilchen mit einer Masse von etwa 125 Gigaelektronenvolt [3],[4]. Gefunden hatten sie es nicht als Spur auf einem Foto, sondern als kleinen Buckel in einer Statistik, als einen leichten Überschuss an Zerfällen in zwei Photonen oder vier Leptonen bei genau dieser Masse, herausgefiltert aus Billionen Kollisionen. Achtundvierzig Jahre lagen zwischen Vorhersage und Entdeckung, länger als bei jedem anderen Elementarteilchen [5]. Im Jahr darauf erhielten Englert und Higgs den Nobelpreis. Robert Brout hat ihn nicht mehr erlebt, er war 2011 gestorben. Peter Higgs starb im April 2024 im Alter von 94 Jahren [5].

Woher Ihre Masse wirklich kommt

An dieser Stelle muss man mit einem weit verbreiteten Missverständnis aufräumen. Das Higgs-Feld gibt den Elementarteilchen ihre Masse, also Elektronen, Quarks und den W- und Z-Bosonen. Die Masse Ihres Körpers aber steckt fast vollständig in den Protonen und Neutronen Ihrer Atomkerne, und die sind keine Elementarteilchen. Ein Proton besteht aus drei Quarks, die von der starken Kernkraft zusammengehalten werden, und diese Quarks sind ausgesprochen leicht.

Teilchen	Masse in GeV/c²	Bemerkung
Elektron	0,000 511	erhält Masse über das Higgs-Feld
Proton	0,938	Masse stammt größtenteils aus der Bindungsenergie
W-Boson	80,4	erhält Masse über das Higgs-Feld
Z-Boson	91,2	erhält Masse über das Higgs-Feld
Higgs-Boson	125,1	die Anregung des Feldes selbst
Top-Quark	172,6	schwerstes bekanntes Elementarteilchen
Photon	0	koppelt nicht an das Higgs-Feld

Massen nach [6], gerundet. Ein GeV/c² entspricht etwa $1{,}78 \cdot 10^{-27}$ Kilogramm.

Eine aufwendige Computerrechnung hat 2018 aufgeschlüsselt, woraus die Masse des Protons besteht. Nur rund neun Prozent hängen mit den Massen der Quarks zusammen und damit mit dem Higgs-Feld. Der Rest ist Energie: die Bewegungsenergie der Quarks, die in ihrem winzigen Gefängnis hin und her rasen, und die Energie der Gluonen, die sie zusammenhalten [7]. Nach Einsteins $E = mc^2$ ist Energie eben auch Masse. Der allergrößte Teil dessen, was Sie auf die Waage bringen, ist also eingesperrte Bewegung, kein Higgs-Effekt.

Wichtig ist das Higgs-Feld trotzdem, und zwar für alles. Ohne es wären Elektronen masselos und würden mit Lichtgeschwindigkeit davonfliegen, statt in Atomhüllen zu bleiben. Es gäbe keine Atome, keine Chemie, keine Sterne in der Form, wie wir sie kennen.

Warum es „Gottesteilchen“ heißt, und warum Physiker das nicht mögen

Den Spitznamen verdankt das Higgs-Boson einem Buchtitel. Der Nobelpreisträger Leon Lederman nannte sein populäres Buch von 1993 „The God Particle“, angeblich weil sein Verlag den eigentlich gewünschten, deutlich derberen Titel nicht wollte. Peter Higgs selbst, ein überzeugter Atheist, fand den Namen unglücklich, weil er Menschen in die Irre führe. Daran ist etwas: Das Higgs-Boson erklärt nicht die Schöpfung und hat mit Religion nichts zu tun. Es ist ein Baustein im Standardmodell der Teilchenphysik, ein besonders wichtiger, aber eben ein Baustein.

Was noch offen ist

Seit 2012 vermessen die Experimente am LHC das Higgs-Boson so genau wie möglich. Bisher verhält es sich genau so, wie das Standardmodell es vorhersagt, und das ist beinahe enttäuschend. Viele Physiker hatten gehofft, an ihm erste Hinweise auf neue Physik zu finden, etwa auf die Dunkle Materie oder darauf, warum die Masse des Higgs-Bosons ausgerechnet so klein ist, wie sie ist. Ob es dahinter noch etwas zu entdecken gibt, sollen die nächsten Ausbaustufen des LHC und mögliche Nachfolge-Beschleuniger zeigen. Wie das Higgs-Feld zu den anderen Teilchen passt, erklärt unser Artikel über Fermionen und Bosonen.

Zum Weiterlesen

QED. Die seltsame Theorie des Lichts und der Materie

Richard P. Feynman · Piper, 2018 · ISBN 978-3-492-31316-2

Wer verstehen möchte, was ein Quantenfeld ist und wie Teilchen als seine Anregungen entstehen, findet hier die zugänglichste Einführung, die es gibt.

Bei Amazon ansehen*

Quanten. Einstein, Bohr und die große Debatte über das Wesen der Wirklichkeit

Manjit Kumar · Berlin Verlag · ISBN 978-3-8270-1019-3

Die Vorgeschichte: wie aus der Quantentheorie die Grundlage wurde, auf der das Standardmodell und das Higgs-Feld aufbauen.

Bei Amazon ansehen*

* Werbelink: Kaufen Sie über diesen Link, erhalten wir von Amazon eine kleine Provision, am Preis ändert sich für Sie nichts. Mehr Empfehlungen auf unserer Seite Bücher zur Quantenphysik.

Quellen

1. F. Englert, R. Brout: *Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons.* In: Physical Review Letters 13 (1964), S. 321–323, doi:10.1103/PhysRevLett.13.321.
2. P. W. Higgs: *Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons.* In: Physical Review Letters 13 (1964), S. 508–509, doi:10.1103/PhysRevLett.13.508.

3. ATLAS Collaboration: *Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC.* In: Physics Letters B 716 (2012), S. 1–29, doi:10.1016/j.physletb.2012.08.020.
4. CMS Collaboration: *Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC.* In: Physics Letters B 716 (2012), S. 30–61, doi:10.1016/j.physletb.2012.08.021.
5. CERN: *Higgs10: A boson is born.* 28. April 2022. home.cern. Dazu: CERN, *CERN pays tribute to Peter Higgs*, home.cern, und Royal Society, *Professor Peter Higgs FRS*, 10. April 2024, royalsociety.org.
6. F. Takahashi u. a. (Particle Data Group): *Review of Particle Physics.* In: International Journal of Modern Physics A 41 (2026), 2630011. Online: pdg.lbl.gov.
7. Y.-B. Yang u. a.: *Proton Mass Decomposition from the QCD Energy Momentum Tensor.* In: Physical Review Letters 121 (2018), 212001, doi:10.1103/PhysRevLett.121.212001.

Zitiervorschlag

```
quanten.de: Das Higgs-Boson. Stand: Oktober 2026. URL:
https://quanten.de/higgs_boson.html (PDF:
https://quanten.de/pdf/higgs_boson.pdf)
```

Texte und Abbildungen © 2026 quanten.de. Nutzung mit Quellenangabe und Link gern, kommerzielle Nutzung nach Absprache: info@quanten.de

Weiterlesen: Fermionen und Bosonen · Was ist ein Photon? · Was sind Quanten? · Supraleitung

---

Online-Fassung mit aktualisierten Quellen: https://quanten.de/higgs_boson.html