

Zehn Jahre Entdeckung des Higgs-Bosons: Beginn einer neuen Ära?

- Das Higgs-Boson wurde 1964 vorhergesagt und nach fast 50 Jahren Suche 2012 am Large Hadron Collider LHC des CERN entdeckt.
- Nur ein Jahr später wurden die Theoretiker Peter Higgs und François Englert für die Vorhersage mit dem Nobelpreis gewürdigt.
- Die Erforschung des Higgs-Mechanismus eröffnet neue Perspektiven in der Teilchenphysik und Kosmologie.

Die Entdeckung des Higgs-Bosons im Jahre 2012 in den Experimenten ATLAS und CMS am Large Hadron Collider (LHC) des CERN war ein Triumph der Wissenschaft, die uns von der theoretischen Vorhersage zum experimentellen Nachweis führte. Sie beruhte auf der internationalen Zusammenarbeit tausender Physikerinnen und Physiker. Der Higgs-Mechanismus war fast 50 Jahre zuvor vorhergesagt worden; er war die letzte fehlende Komponente des Standardmodells der Teilchenphysik. Für die Vorhersage des Higgs-Bosons erhielten Peter Higgs und François Englert 2013 den Nobelpreis für Physik. Aber das Higgs-Boson und das Standardmodell geben noch viele Rätsel auf.

Seit 500 Jahren konzentriert sich die Physik auf Kräfte, also auf Vektoren. Das Higgs-Feld ist dagegen das erste funda-

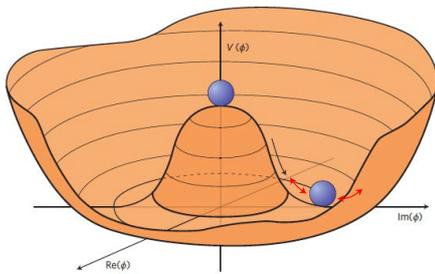


Illustration des Higgs-Potentials.

Die symmetrische Lösung ist instabil. Das Higgs-Potential bricht spontan die Symmetrie der elektroschwachen Kraft. Das Higgs-Boson entspricht dabei den radialen Oszillationen um dieses gebrochene Minimum.

John Ellis, Higgs Physics, arXiv:1312.5672.
<https://arxiv.org/abs/1312.5672>

mentale skalare Feld¹ im Universum. Es entspringt einer Symmetriebrechung und erzeugt die Massen aller anderen fundamentalen Teilchen, indem es an diese Teilchen proportional zu ihren Massen koppelt. Effekte, die von Theorien jenseits des Standardmodells vorhergesagt werden, würden sich u. a. durch Abweichungen vom Higgs-Mechanismus bemerkbar machen. Nach denen sucht die nächste Ausbaustufe des LHC, der derzeit wieder in Betrieb geht. Für eine präzise Charakterisierung des Higgs-Bosons wäre jedoch ein leistungsstarker Elektron-Positron-Collider² nötig. Aus den Selbstkopplungen von Paaren von Higgs-Bosonen könnte dann die Form des Higgs-Potentials bestimmt werden.

Ein solcher Collider könnte unter anderem folgende Fragen beantworten: Warum ist die Symmetrie des Higgs-Potentials gebrochen? Ist das Higgs-Boson elementar? Mit einer Masse von 125 GeV ist es zwar etwa 130-mal schwerer als ein Proton. Warum aber ist es kaum schwerer als die schweren Eichbosonen W^\pm respektive Z^0 der elektroschwachen Wechselwirkung? Gibt es weitere Higgs-Bosonen, die von vielen Theorien jenseits des Standardmodells vorhergesagt werden? Was trägt das Higgs-Feld zur Vakuumenergie des Universums bei und wie stabil ist dieses Feld? Schafft das Higgs-Boson eine Verbindung zur dunklen Materie?

Die Erforschung des Higgs-Mechanismus ist darüber hinaus wichtig, weil Skalarfelder nicht nur in der Teilchenphysik eine fundamentale Rolle spielen, sondern ebenso in der Kosmologie: Sowohl das hypothetische Feld der kosmischen Inflation des Urknalls als auch das Feld der mysteriösen dunklen Energie sind skalare Felder. Sie entscheiden über das Schicksal unseres Universums. Die Frage nach der Rolle fundamentaler skalarer Felder im Universum erinnert



„Unser Universum scheint von einem Higgs-Feld erfüllt zu sein. Solche skalaren Felder könnten sich als Schlüssel zu offenen Rätseln der Physik erweisen.“

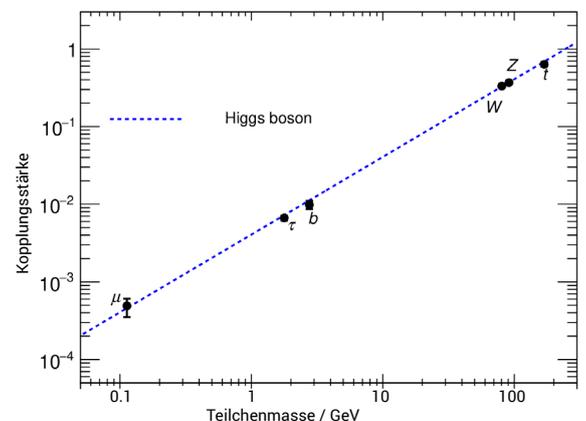
Joachim Ullrich, Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

zudem an die Entwicklung der Idee des elektromagnetischen Feldes im 19. Jahrhundert. Dieses fundamentale Vektorfeld bestimmt heute unser Leben.

Wie einst der Elektromagnetismus kann die Erforschung der skalaren Felder und des Higgs-Mechanismus eine neue Perspektive in der Teilchenphysik und Kosmologie eröffnen. Oder um Peter Higgs zu zitieren: „We’ve scratched the surface. But we have clearly much more to discover.“

1) Wir kennen skalare Felder wie Luftdruck und Temperatur aus der Meteorologie. All diese Felder sind jedoch nicht fundamental, sondern emergent, also aus den mikroskopischen Eigenschaften der Materie abgeleitet. Die skalaren Potentiale von Elektromagnetismus und Gravitation unterliegen einer Eichfreiheit und werden erst nach Ableitung im Raum zu definierten vektoriellen Kräften.

2) Positronen sind die Antiteilchen der Elektronen.



Die am LHC gemessene Stärke der Kopplung des Higgs-Bosons an andere Elementarteilchen als Funktion der Masse dieser Teilchen (doppelt logarithmischer Maßstab)

ATLAS Konferenznote ATLAS-CONF-2021-053
https://atlas.web.cern.ch/Atlas/GROUPS/PHYSICS/CONFNOTES/ATLAS-CONF-2021-053/fig_13.png

Deutsche **Physikalische** Gesellschaft

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (DPG), deren Tradition bis in das Jahr 1845 zurückreicht, ist die älteste nationale und mit rund 55.000 Mitgliedern auch die größte physikalische Fachgesellschaft weltweit. Sie versteht sich als Forum und Sprachrohr der Physik und verfolgt als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Interessen. Die DPG unterstützt den Gedankenaustausch innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft mit Tagungen und Publikationen. Sie engagiert sich in der gesellschaftspolitischen Diskussion zu Themen wie Nachwuchsförderung, Chancengleichheit, Klimaschutz, Energieversorgung und Rüstungskontrolle. Sie fördert den Physikunterricht und möchte darüber hinaus allen Neugierigen ein Fenster zur Physik öffnen.

In der DPG sind Wissenschaftler:innen, Studierende, Lehrkräfte, in der Industrie tätige oder einfach nur an Physik interessierte Personen ebenso vertreten wie Patentanwältinnen oder Wissenschaftsjournalisten. Gegenwärtig hat die DPG acht Nobelpreisträger in ihren Reihen. Weltberühmte Mitglieder hatte die DPG immer schon. So waren Albert Einstein, Hermann von Helmholtz und Max Planck einst Präsidenten der DPG.

Die DPG finanziert sich im Wesentlichen aus Mitgliedsbeiträgen. Ihre Aktivitäten werden außerdem von Bundes- und Landesseite sowie von gemeinnützigen Organisationen gefördert. Besonders eng kooperiert die DPG mit der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung.

Die DPG-Geschäftsstelle hat ihren Sitz im Physikzentrum Bad Honnef in unmittelbarer Nähe zur Universitäts- und Bundesstadt Bonn. Das Physikzentrum ist nicht nur ein Begegnungs- und Diskussionsforum von herausragender Bedeutung für die Physik in Deutschland, sondern auch Markenzeichen der Physik auf internationalem Niveau. Hier treffen sich Studierende und Spitzenwissenschaftler:innen bis hin zum Nobelpreisträger zum wissenschaftlichen Gedankenaustausch. Auch Lehrkräfte reisen immer wieder gerne nach Bad Honnef, um sich in den Seminaren der DPG fachlich und didaktisch fortzubilden.

In der Bundeshauptstadt Berlin ist die DPG ebenfalls präsent. Denn seit ihrer Vereinigung mit der Physikalischen Gesellschaft der DDR im Jahre 1990 unterhält sie dort das Magnus-Haus. Dieses 1760 vollendete Stadtpalais, das den Namen des Naturforschers Gustav Magnus trägt, ist eng mit der Geschichte der DPG verbunden: Aus einem Gelehrntreffen, das hier regelmäßig stattfand, ging im Jahre 1845 die „Physikalische Gesellschaft zu Berlin“, später die DPG hervor. Heute finden hier Kolloquien und Vorträge zu physikalischen und gesellschaftspolitischen Themen statt. Gleichzeitig befindet sich im Magnus-Haus Berlin auch das historische Archiv der DPG.

Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V.

Geschäftsstelle Tel.: 02224 / 92 32 - 0
Hauptstraße 5 Fax: 02224 / 92 32 - 50
53604 Bad Honnef E-Mail: dpg@dpg-physik.de

Redaktion: Gerhard Samulat

Die DPG dankt dem Autor Thomas Naumann vom Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY in Zeuthen sowie dem Komitee Elementarteilchenphysik und der LHC Kommunikation Deutschland.

