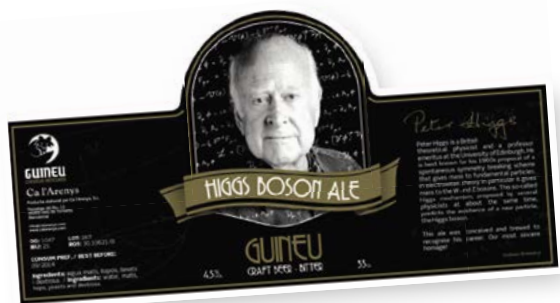
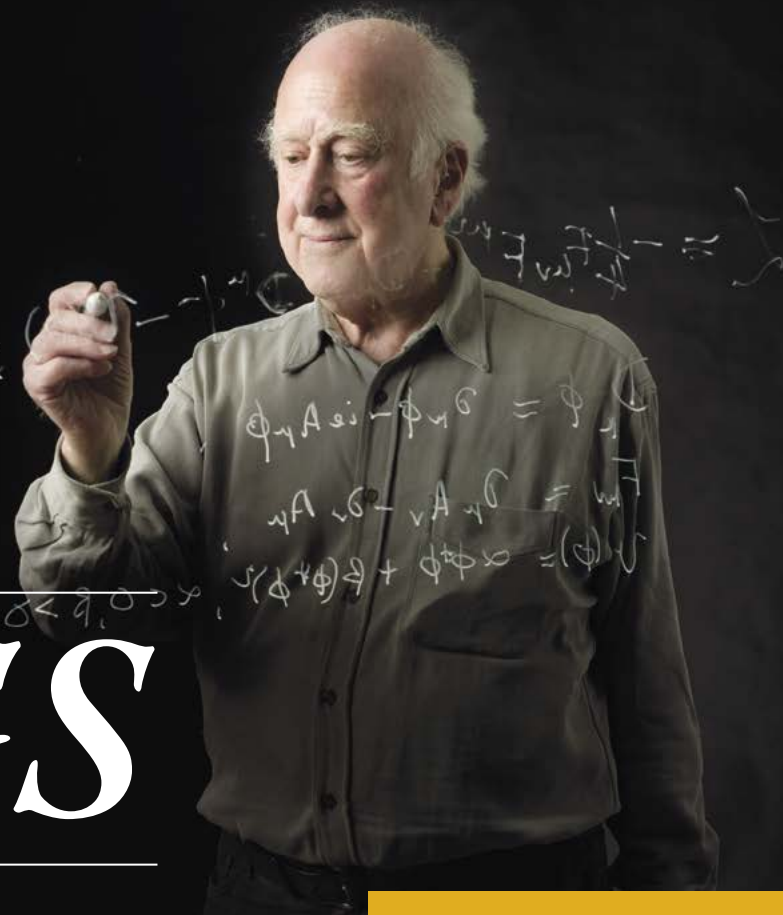


HIGGS



... UND WARUM ER IN DIE GESCHICHTE EINGEHT

Von Dr. René Staritzbichler

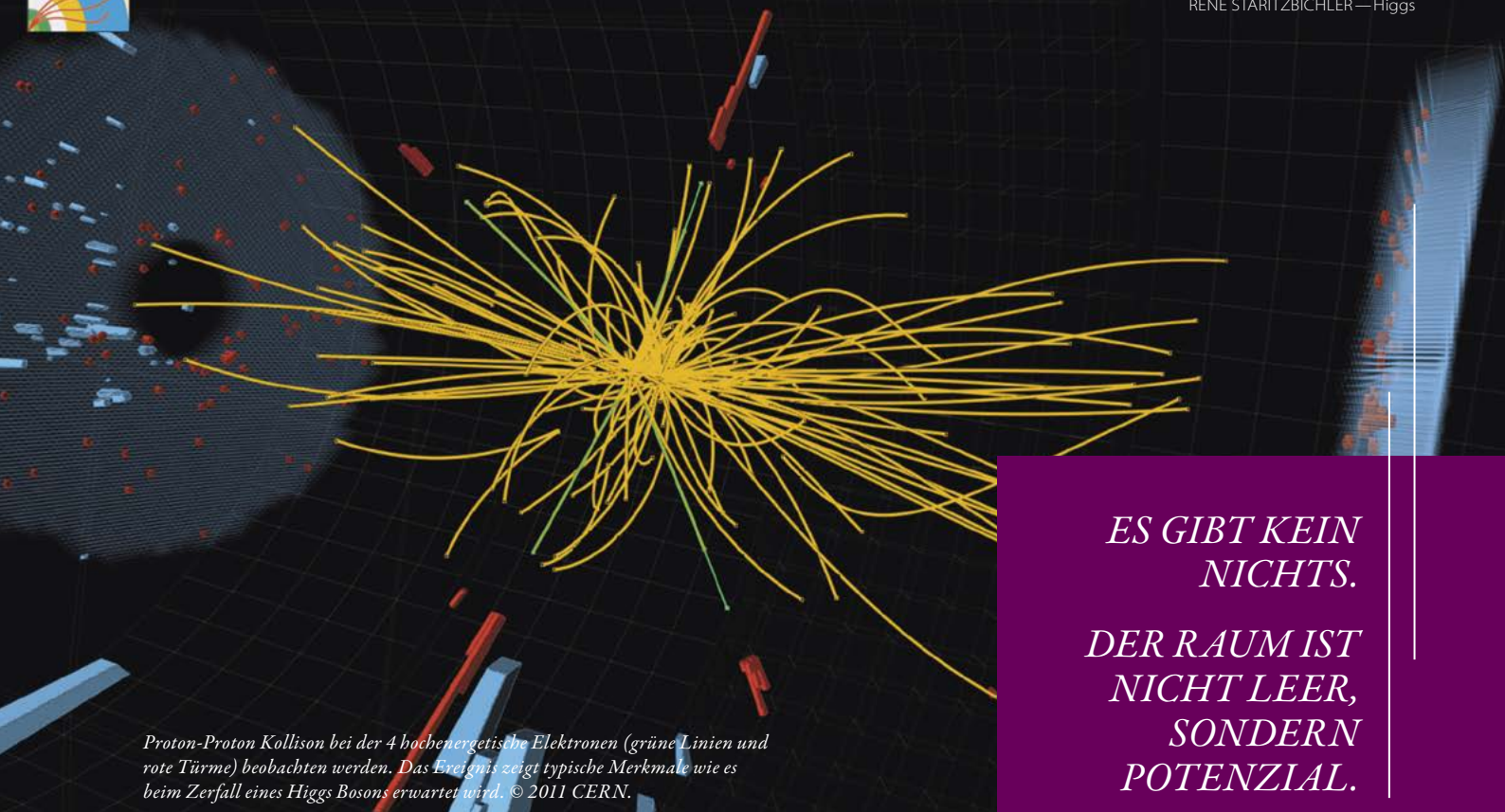
Ich mag Physik. Ich mag Bier. Neulich in Genf, als ich meinen Studienfreund Krisztian besuchte, der zu dem riesigen Team von Physikern gehört, die am CERN kürzlich für Schlagzeilen sorgten, kamen unerwartet meine Vorlieben zusammen. Von einer Flasche „Higgs Boson Ale“ schaute mir das nicht übertrieben werbewirksame Gesicht Peter Higgs entgegen. Vor zwei Jahren wäre das sicher nicht passiert. Wer weiß schon, was ein Boson ist?

Mit Sicherheit ist es kein Beweis für die Existenz oder Nichtexistenz eines Gottes. Es war das fehlende Glied einer physikalischen Theorie. Alle anderen Teilchen des sogenannten Standardmodells der Teilchenphysik waren gefunden. Nur das „Higgs-Teilchen“ hielt sich hartnäckig versteckt und trieb so die zur Verzweiflung, die danach suchten. Als darum Max Lederman sein Buch „The Goddamn Particle“ nennen wollte, machte ihm der Verlag einen Strich durch die Rechnung und benannte es in „The God Particle: If the Universe Is the Answer, What Is the Question?“ um. Den Beweis für einen allmächtigen Schöpfer muss man sich wohl oder übel woanders suchen. Der Titel war kommerzieller Natur.

Worum geht es also? Die Jäger des Higgs waren auf der Suche nach dem Grund, warum einige Teilchen Masse haben und andere nicht. Laut Standardmodell war es der Higgs-Mechanismus, der den fundamentalen Bausteinen der Materie Masse verleiht. Dass es Dinge mit Masse gibt, wird niemanden verwundern, eher, dass es solche ohne geben soll. Ein Beispiel ist das Photon, das Licht-Teilchen, aus dem sich alle elektromagnetische Strahlung zusammensetzt.

Dabei war es nicht die Idee von Peter Higgs allein. Ungefähr zeitgleich hatten zwei andere Gruppen unabhängig den gleichen Mechanismus vorgeschlagen. Eigentlich müsste es Higgs-Englert-Brout-Guralnik-Hagen-Kibble-Teilchen heißen. Der Name würde sehr lang werden, wollte man alle Namen anfügen, die wesentlich zu dem Ruhm des Teilchens durch ihre Arbeit und Ideen beigetragen haben. Die Idee der sechs Urväter war, dass es ein Feld gibt, jetzt praktischerweise nur Higgs-Feld genannt, das einigen Teilchen Masse verleiht und anderen nicht.

Interessant an diesem Feld ist, dass es den gesamten Raum durchdringt, ohne dass es so etwas wie eine Quelle hätte. Das elektromagnetische Feld zum Beispiel entspringt einer Ladung.



Proton-Proton Kollision bei der 4 hochenergetische Elektronen (grüne Linien und rote Türme) beobachtet werden. Das Ereignis zeigt typische Merkmale wie es beim Zerfall eines Higgs Bosons erwartet wird. © 2011 CERN.

*ES GIBT KEIN
NICHTS.*

*DER RAUM IST
NICHT LEER,
SONDERN
POTENZIAL.*

Folglich ist das Higgs-Feld allgegenwärtig, kann nicht vom Raum getrennt werden. Die meisten Teilchen wechselwirken mit diesem Feld und bekommen so ihre Masse. Andere, wie das Photon, nicht.

Hieraus kann man zweierlei lernen. Erstens, die fundamentalen Bausteine aller Erscheinungen haben selbst keine der Eigenschaften, wie wir sie erleben. Vielmehr erhalten sie diese aus dem Zusammenspiel, das heißt aus gegenseitiger Bedingtheit. Zweitens, es gibt kein Nichts. Der Raum ist nicht leer, sondern Potenzial. Nicht nur verleiht er manchen Teilchen Masse, es entstehen auch die ganze Zeit und überall Paare von Teilchen und Antiteilchen und verschwinden nach sehr kurzer Zeit wieder. Diese sogenannten Vakuumfluktuationen haben keine andere Ursache, als dass es dem Raum möglich ist, Materie zu erzeugen.

Um den ersten Punkt zu verstehen, hilft es sich klar zu machen, wie wir üblicherweise Dinge wahrnehmen. Alle Dinge der Erscheinungswelt haben Eigenschaften wie Größe, Gewicht und Farbe. Gewicht kommt von der Eigenschaft Masse. Wenn man dem Standardmodell trauen darf, haben die Bausteine selbst keine Masse, sondern bekommen sie als Resultat der Wechselwirkung mit dem Higgs-Feld. Eine Größe haben diese Teilchen auch nicht, sie werden als punktförmig gesehen, das heißt ohne Ausmaße. Es gibt auch keine grünen Quarks oder blaue Elektronen. Farbe ist eine Wahrnehmung, die erst in unserem Gehirn erzeugt wird. Insgesamt ist die Welt, so wie wir sie erleben, ein Produkt unserer Wahrnehmung, geprägt durch ihre zeitliche und räumliche Auflösung. Durch unsere Sinne bekommen wir Signale, in der Verarbeitung durch unser Gehirn wird daraus das, was uns als Farbe, Klang und Geruch erscheint.

Die Art, wie wir die Dinge erleben, hat wenig mit dem zu tun, wie ihre Natur ist.

Nachdem das Higgs wenig mit Gott zu tun hat, haben Christen wahrscheinlich eher individuelle Reaktionen auf diese Erkenntnisse. Buddhisten jedenfalls werden ein sehr breites Grinsen bekommen, scheint die moderne Physik geradezu aus den Erklärungen zu der Natur der Dinge des historischen Buddha, Siddharta Gautama, vorzulesen.

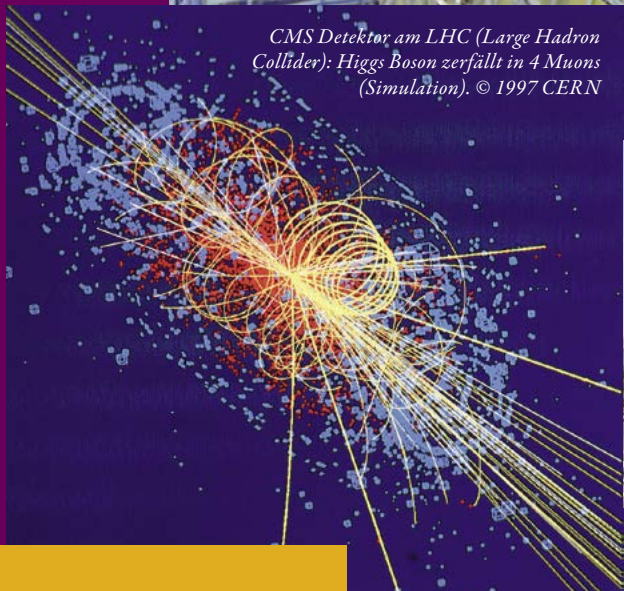
Was ist nun „das Higgs“? Wir haben vom Higgs-Teilchen, vom Higgs-Feld und vom Higgs-Mechanismus gesprochen. Um zu verstehen, wie diese drei zusammenhängen, müssen wir etwas weiter in die Physik eintauchen. Der Higgs-Mechanismus ist, dass an sich masselose Teilchen durch die Wechselwirkung mit dem Higgs-Feld Masse bekommen. Laut Quantenphysik sind Felder quantisiert, das heißt sie bestehen nicht aus einem kontinuierlichen Fluss von Wirkung, sondern aus Paketen. Diese Pakete der Felder sind selbst Teilchen, genauer gesagt, Welle-Teilchen.

Bei dreien der vier Kräfte der Natur hat man ihre sogenannten Austauschteilchen direkt nachweisen können. Erst vor kurzem konnte man für die Gravitation zeigen, dass auch sie ein Quantenfeld ist – durch die Messung der Muster der Gravitationswellen in der Hintergrundstrahlung.

Das Higgs-Teilchen ist also das kleinste Quant des Higgs-Feldes. Da das Higgs-Feld allgegenwärtig und alldurchdringend ist, hat es Ähnlichkeit mit einem Konzept, das in der Physik über die Jahrhunderte immer wieder diskutiert und verworfen wurde: dem Äther – einem unsichtbaren Medium, in dem alle Planeten und Dinge „schwimmen“ sollten. Die Relativitätstheorie hatte den Äther aus der Physik vertrieben, da es keinen absoluten Referenzrahmen geben durfte. Das heißt, gleichgültig in welche Richtung und wie schnell wir uns bewegen, es müssen die gleichen Naturgesetze gelten. Dass das Higgs-Feld dennoch



CMS Detektor am LHC (Large Hadron Collider): Higgs Boson zerfällt in 4 Muons (Simulation). © 1997 CERN



*DIE ART, WIE
WIR DIE DINGE
ERLEBEN,
HAT WENIG MIT
DEM ZU TUN, WIE
IHRE NATUR IST.*

nicht gegen die Relativitätstheorie verstößt, wird so erklärt, dass es ein Feld ohne Quelle und Richtung ist. Ein elektrisches Feld verbindet dagegen Ladungen, ist damit gerichtet, geht von A nach B. Das heißt, wie man sich auch durch den Raum bewegt, man „sieht“ das gleiche Higgs-Feld und damit gibt es keinen bevorzugten Ruhepunkt im Weltall. Die ungerichtete – mathematisch ausgedrückt „skalare“ – Natur des Feldes gestattet wohl auch, dass die Wechselwirkung von Teilchen mit dem Feld reibungsfrei, also ohne Energieverlust, stattfindet.

Das Higgs-Teilchen hat eine überraschend hohe Energie von $125 \text{ GeV}/c^2$ – weswegen es so schwierig war, es zu messen –, besonders für ein Teilchen, das man im Weltall glatt übersehen würde. Im Vergleich hat das Proton, der Atomkern eines Wasserstoffatoms, die Masse $938 \text{ MeV}/c^2$. Ein Higgs ist also so schwer wie mehr als 130 Protonen. Das heißt, die meisten Teilchen erhalten von dem Higgs-Feld eine Masse, welche geringer ist als die Masse eines Higgs-Teilchen. Von den schweren Higgs würde man im Vakuum nicht allzu viele erwarten, würde es dem Vakuum ja eine gewaltige Energie zusprechen. Erklärt wird dies damit, dass das Higgs ein angeregter Zustand des Higgs-Feldes sei. Damit kann das Higgs-Teilchen im Grundzustand eine weit geringere Masse haben, und die Energie des Higgs-Feldes wäre nicht völlig ausufernd. Das Higgs-Teilchen selbst hat eine recht geringe Lebenserwartung: 10^{-22} Sekunden. Dies ist so kurz, dass es völlig außerhalb menschlicher Vorstellungskraft ist.

Zum Ende noch ein paar Worte zum Boson. Man kann alle Teilchen in zwei Klassen einteilen, Fermionen und Bosonen. Ein fast subtiler Unterschied lässt die beiden Klassen völlig verschieden ticken: ihr „innerer Drehimpuls“. Nur, was soll

sich drehen bei Dingen, die keine Größe haben? Der Spin hat eigentlich nichts mit Drehungen, wie wir sie kennen, zu tun.

Bosonen sind die Fußballfans des Teilchenzoos, Fermionen die Snobs. Bosonen sind gerne beliebig dicht gedrängt mit anderen, die genauso ticken wie sie selbst. Fermionen sind wählerisch und wollen niemanden, der vollkommen identisch ist, bei sich haben und halten wohldefinierten Abstand. Ein Feld besteht aus sehr vielen gleichen Teilchen, das heißt Bosonen. Materie hingegen braucht Struktur, Atome und Moleküle bestehen also aus Fermionen.

Passt also ganz gut ein „Higgs Boson Ale“ zu brauen, für Fermionen wäre Champagner angebrachter: „Fermion Champagner – Brut du Quark“. Natürlich mit einem vornehmeren Label.



RENÉ STARITZBICHLER

*Seit 1997 Buddhist. Physik in Hamburg studiert, nebenbei allein mit dem Fahrrad durch Kanada, Afrika, Indien. Diplomarbeit am DESY. Doktorarbeit am Max Planck Institut für Biophysik. Seitdem Forschung, Methodenentwicklung in rechnerbasierter Biophysik, zuletzt in der Krebsforschung.
Email: reneDominik@yahoo.de*