

Wissen

«Was wir jetzt sehen, ist völlig neu»

Aufregung bei Cern-Forschern In Genf stehen neue Messungen an. Sie könnten zur grössten Sensation in der Teilchenphysik seit Jahrzehnten führen: Die Entdeckung einer neuen Naturkraft.

Joachim Laukenmann

Für Schlagzeilen war der weltgrösste Beschleuniger am Europäischen Kernforschungszentrum (Cern) bei Genf immer wieder gut. Etwa im Sommer 2008, als Kritiker die unsinnige Befürchtung verbreiteten, am Large Hadron Collider (LHC) könnten winzige schwarze Löcher entstehen und die ganze Erde verschlingen. Prominent in den Medien war der LHC auch im Juli 2012, als dort das «Gottesteilchen» genannte Higgs-Boson nachgewiesen wurde. Für eine kuriose Schlagzeile sorgte im April 2016 ein Marder: Er hatte am LHC einen Kurzschluss verursacht und die unterirdische Riesenmaschine lahmgelegt.

All das verblasst jedoch im Vergleich zur möglichen Sensation, der Forschende am LHC seit einigen Jahren auf der Spur sind. «Wenn sich das bestätigt, wäre es die grösste Entdeckung in der Teilchenphysik innerhalb der letzten Jahrzehnte», sagt Nico Serra von der Universität Zürich, der an Messungen mit dem Detektor Namens LHCb beteiligt ist. «Es wäre die Entdeckung einer neuen Naturkraft und könnte unser Verständnis des Universums grundlegend verändern.»

Ähnlich euphorisch klingt Gino Isidori, theoretischer Teilchenphysiker an der Universität Zürich: «Noch nie zuvor in meinem Leben war ich so gespannt, es ist eine extrem aufregende Zeit für die Teilchenphysik.» Er räumt allerdings ein, dass die Gemeinschaft der Teilchenphysiker geteilter Meinung sei, ob sie tatsächlich auf der Spur einer neuen Naturkraft seien.

Für Andreas Crivellin vom Paul-Scherrer-Institut in Villigen war das Higgs-Boson «sicher eine grosse Entdeckung, aber sie war bis zu einem gewissen Grad erwartet worden. Was wir jetzt sehen, ist etwas völlig Neues und völlig Unerwartetes.»

Leptoquarks wären hilfreich

Die Aufregung steigt derzeit vor allem, weil der LHC in den kommenden Wochen nach mehr als drei Jahren Aufrüstung wieder hochgefahren wird, um in seiner dritten Messperiode erneut die Spuren von Myriaden kollidierender Teilchen aufzuzeichnen. Darin werden die Forschenden insbesondere nach seltenen Zerfällen sogenannter B-Mesonen Ausschau halten – das sind Teilchen aus zwei verschiedenen Quarks, den elementaren Bausteinen eines Atomkerns. Denn darin scheint sich die neue Physik zu offenbaren.

Eine plausible Erklärung für die neue Physik wäre die Existenz sogenannter Leptoquarks. Vereinfacht ausgedrückt würden diese Teilchen das Standardmodell der Teilchenphysik einerseits um eine neue Naturkraft erweitern und das Modell zugleich etwas aufräumen. Denn die hypothetischen Leptoquarks stellen eine Verbindung zwischen zwei heute im Standardmodell getrennten Teilchenfamilien her.

Leptoquarks wären auch ein Anknüpfungspunkt für die Lösung kosmischer Rätsel. Denn gemäss einigen Theorien kön-



Ein Teil des Detektors LHCb am Cern bei Genf, in dem Hinweise auf neue Physik zum Vorschein kamen. Foto: Peter Ginter

«Es braucht eine Bestätigung von einem zweiten, unabhängigen Experiment.»

Andreas Crivellin
Paul-Scherrer-Institut

nen Leptoquarks im Gegensatz zu den heute bekannten Teilchen mit den Kandidaten der dunklen Materie wechselwirken und sie damit sichtbar machen.

Die Aufregung über die Leptoquarks ist auch deshalb so gross, weil die Fachwelt etwas ganz anderes erwartet hatte. Nach dem 2012 gelungenen Nachweis des Higgs-Teilchens – dem letzten fehlenden Baustein des Standardmodells der Teilchenphysik – hatten Teilchenforschende zwar nach Physik jenseits des Standardmodells gesucht. Jedoch bei den höchsten Energien.

Doch nichts kam zum Vorschein. Kein Hinweis auf supersymmetrische Teilchen, die eine Erklärung für die dunkle Materie sein könnten, kein Hinweis auf höhere Raumdimensionen und auch keine winzigen schwarzen Löcher. «Daher machte sich

nach der Entdeckung des Higgs-Bosons bei vielen Teilchenforschenden eine gewisse Ernüchterung breit», sagt Isidori. Statt bei den höchsten Energien hat ein Forscherteam vom LHCb bei niedrigeren Energien nachgeschaut, dafür aber mit höchster Präzision. Der überraschende Befund: Bei den Zerfällen der erwähnten B-Mesonen könnte sich der seit langem gesuchte Bruch im Standardmodell der Teilchenphysik zeigen. Das Forscherteam des LHCb hatte im März letzten Jahres die bisher deutlichsten Hinweise auf neue Physik bekannt gegeben. Ähnliche, wenn auch nicht ganz so deutliche Hinweise zeigten sich auch bei anderen Experimenten, etwa am Fermilab bei Chicago und jüngst sogar auch bei höheren Energien in den Daten des CMS-Detektors am LHC.

«Mehrere Messungen zeigen ein konsistentes Bild», sagt Isidori. «Die Statistik wird immer besser. Daher bin ich sehr zuversichtlich, dass hier etwas Interessantes passiert.»

Verkompliziert wird die Situation allerdings dadurch, dass es sich um indirekte Hinweise auf neue Physik handelt. Während man beim Nachweis des Higgs-Bosons das Teilchen selbst vor Augen hatte, sehen die Forschenden hier quasi nur den Schattenwurf der neuen Physik. «In der Gemeinde der Teilchenforschenden wird gerade intensiv disku-

tiert, wie man die indirekte Entdeckung neuer Physik genau definieren sollte», sagt Crivellin. Daran anschliessend stelle sich die Frage: «Wie können wir die verschiedenen Messungen kombinieren, um die für eine indirekte Entdeckung nötige Stichhaltigkeit zu erreichen?»

Unabhängiges Experiment

Nach der Aufrüstung kann der LHC in der dritten Messperiode so viele Teilchenkollisionen analysieren wie in den ersten beiden Messperioden zusammen. «Die grosse Hoffnung ist, dass das Phänomen am LHCb jetzt mit einer höheren statistischen Signifikanz gesehen wird», sagt Isidori. Um auszuschliessen, dass der Detektor einen systematischen Fehler erzeugt, der fälschlicher-

Erweiterung des LHC zum High-Luminosity LHC

Im Dezember 2018 wurde der Large Hadron Collider am Cern bei Genf abgeschaltet, um ihn zu optimieren. Die inneren Detektoren der drei Experimente Alice, CMS und LHCb wurden für eine noch höhere Auflösung erneuert. Mehr als 20 supraleitende Magnete im Beschleuniger wurden ausgetauscht. Zudem wurde die nächste, grössere Aufrüstung vorbereitet: Voraussichtlich ab 2025 soll der LHC zum sogenannten High-Luminosity

LHC ausgebaut werden, der etwa zehnmal so viele Teilchenkollisionen pro Sekunde erlauben wird. Er könnte Ende 2027 in Betrieb gehen.

Für die fernere Zukunft gibt es Pläne, den LHC für noch höhere Energien umzurüsten. Für diesen High Energy LHC bräuchte es deutlich stärkere Magnete, die erst noch entwickelt werden müssen. Der Betrieb des Beschleunigers soll voraussichtlich 2035 eingestellt werden. (jof)

weise als Signal neuer Physik missverstanden wird, wollen ihn die Forschenden um Serra in den kommenden Wochen nochmals auf Herz und Nieren prüfen. «Um einen systematischen Fehler gänzlich auszuschliessen, bräuchte es aber eine Bestätigung von einem zweiten, unabhängigen Experiment», sagt Crivellin. «Am besten dafür geeignet ist das Experiment Belle 2 am japanischen Forschungszentrum für Teilchenphysik KEK. Aber es dürfte noch rund zwei Jahre dauern, bis dort genug Daten beisammen sind.»

Selbst wenn die neuen Messungen am LHC in den kommenden Monaten unmissverständlich auf neue Physik deuten – zu Ende ist die Geschichte damit noch lange nicht. «Sollte das

Leptoquark existieren, können wir am LHC allenfalls einen Blick auf den Schwanz des Teilchens erhaschen», sagt Isidori. «Um das hypothetische Teilchen in seinem vollen Glanz zu sehen, brauchen wir eine grössere Maschine wie den am Cern geplanten Full Circular Collider.»

2020 hat das beratende Gremium des Cern den Bau des Full Circular Collider (FCC) bereits einstimmig empfohlen. Die Hinweise auf neue Physik liefern neue Argumente für den FCC. «Nach der Entdeckung des Higgs-Bosons wussten wir nicht, ob am aufgerüsteten LHC oder später selbst am FCC neue Teilchen auftauchen würden», sagt Serra. «Das dürfte jetzt mit den möglichen Hinweisen auf Leptoquarks anders sein.»

Wenn die Mitgliedsstaaten des Cern zustimmen, könnte der FCC in einem 100 Kilometer langen unterirdischen Ringtunnel installiert werden und circa 2038 in Betrieb gehen. Zunächst wäre das eine hochpräzise Maschine, die Elektronen auf Elektronen schießt. Um 2060 könnte im FCC-Tunnel eine neue «Entdeckungsmaschine» Protonen kollidieren lassen wie heute der LHC. Spätestens dann sollten sich die Leptoquarks im Detail zeigen. «Ich brauche einen sehr gesunden Lebensstil», sagt Crivellin, 41-jährig, «um den direkten Nachweis der neuen Teilchen noch miterleben zu können.»