

Einleitung

Seit Tausenden von Jahren stellen sich Menschen die Frage: aus was bestehen wir? [Einblendung: aus was besteht die Welt?] Mit unzähligen Experimenten haben Physiker herausgefunden: Materie ist aus Atomen aufgebaut. Die einzelnen Atome besitzen einen Atomkern, der von Elektronen umkreist wird. Der Atomkern setzt sich aus Protonen und Neutronen zusammen. Protonen und Neutronen bestehen aus noch kleineren Teilchen, den Quarks. Das Proton besteht aus zwei up- und einem down-Quark, das Neutron aus zwei down- und einem up-Quark.

[Animation LHC-Spuren] Schießt man z.B. Protonen mit hoher Energie aufeinander, so zerplatzen sie und zerfallen sie in unzählige neue Teilchen. Wie wenn beim Zusammenstoß von zwei extrem schnellen Erdbeeren Birnen, Bananen und Nüsse, also völlig neue Dinge, entstünden. Aber genau so ist es bei den kleinsten Teilchen, und dies ist auch gar nicht so verwunderlich: nach Einstein sind Energie und Masse äquivalent, Energie lässt sich also in Masse umwandeln. Nichts anderes geschieht bei der Kollision stark beschleunigter Protonen: die kinetische Energie der Protonen wird in neue Teilchen, also Masse, umgesetzt. [noch mal ATLAS, evtl. $E=mc^2$ stehen lassen].

Außer Elektron, up- und down-Quark haben sich bei solchen Teilchenkollisionen viele weitere, allerdings sehr kurzlebige Teilchen bemerkbar gemacht: das Myon und das Tauon, etwas schwerer als das Elektron. Für Elektron, Myon und Tauon jeweils ein sehr leichtes Neutrino. Die Liste der Quarks musste um strange-Quark, bottom-Quark, charm-Quark und top-Quark ergänzt werden. Mit diesen Teilchen lässt sich unsere Welt ziemlich gut erklären. Doch eines wissen wir bis heute nicht: Woher bekommen diese Teilchen ihre Masse [Einblendung: was ist Masse?] Das altbekannte Phänomen, dass Gegenstände ein Gewicht haben, stellt die Physiker vor schier unlösbare Schwierigkeiten.

Higgs-Teilchen

[Video Higgs-Feld] Die Rettung könnte das Higgs-Feld sein, 1964 von Peter Higgs eingeführt. Das Higgs-Feld soll das gesamte Universum als eine Art „Hintergrundfeld“ ausfüllen, man kann es sich als eine Party-Gesellschaft vorstellen, die den gesamten Raum ausfüllt. Ein berühmter Gast will den Raum durchqueren – der Gast steht z.B. für ein Elektron oder ein Quark. Der berühmte Gast wird aber von den Gästen umringt und kommt deshalb nur schwer voran – analog macht das Higgs-Feld die Teilchen schwer. Dies ist der Higgs-Mechanismus, der Elektronen, Quarks und den anderen Teilchen ihre Masse verleihen soll.

Ruft man ein Gerücht in die Party-Gesellschaft, unser Beispiel für das Higgs-Feld, hinein, so kommen alle zusammen, um über die Nachricht zu tuscheln. Genauso sollte es auch möglich sein, [Video Higgs-Boson] durch eine Teilchenkollision bei hohen Energien ein Higgs-Teilchen zu erzeugen. Dies ist bisher allerdings noch nicht gelungen, so dass der Higgs-Mechanismus reine Theorie ist.

Dunkle Materie und dunkle Energie

Doch dies ist nicht die einzige ungeklärte Frage: seit einigen hundert Jahren können wir die Bahnen der Planeten mit den Gravitationsgesetzen genau berechnen. Astronomen und Astrophysiker stießen aber auf das Problem, dass viele Galaxien den Gravitationsgesetzen NICHT gehorchen: ihre Rotationsgeschwindigkeit ist viel größer, als es die Masse der Himmelskörper erlaubt. Es musste also noch eine weitere Form von Materie geben, die unsichtbar ist, aber Gravitationskräfte ausübt, „dunkle Materie“ genannt. Nach den Berechnungen müsste sogar der größte Teil des Universums aus dunkler Materie und dunkler Energie bestehen, während die sichtbare, uns bekannte Materie lediglich 4% des Universums ausmacht. Doch aus welchen Teilchen besteht dunkle Materie? Kurz: wir wissen es nicht, genauso wenig wie wir das Higgs-Teilchen kennen, das eine Erklärung für die Masse aller Teilchen liefern würde. Bei einer Kollision zweier extrem stark beschleunigter Protonen, mit viel höherer Energie als bei früheren Experimenten, könnten allerdings Teilchen der dunklen Materie oder das Higgs-Teilchen entstehen, was einige der fundamentalsten Fragen beantworten könnte.

Der Large Hadron Collider

Aus diesem Grund wurde am europäischen Kernforschungszentrum CERN bei Genf der größte und stärkste Teilchenbeschleuniger der Welt gebaut: der Large Hadron Collider. In einem 27 km langen unterirdischen Tunnel werden Protonen mit einer Energie von 14 Teraelektronenvolt aufeinander geschossen. [Video LHC] Vier Detektoren untersuchen die bei den Teilchenkollisionen entstehenden neuen Teilchen, Higgs-Teilchen und Teilchen der Dunklen Materie stehen ganz oben auf deren Fahndungsliste des Large Hadron Colliders, abgekürzt LHC.