

Large Hadron Collider

[Hintergrund: Travelling...] Das ist er also: der Large Hadron Collider, abgekürzt LHC. Mit einer Länge von 27 Kilometern ist der LHC der größte und stärkste Teilchenbeschleuniger der Welt. Wir befinden uns hier in einem kreisförmigen Tunnel 100 Meter unter der Erde, an der Oberfläche hätte man im dicht besiedelten Europa einen derart großen Beschleuniger sicher nicht bauen können. Eigentlich besteht der LHC aus den gleichen Komponenten wie seine Vorbeschleuniger Proton Synchrotron und Super Proton Synchrotron. Ablenkmagnete bringen die Teilchen auf eine Kreisbahn, beschleunigt werden die Protonen in Beschleunigungsstrecken. Zur Fokussierung werden Quadrupol-Magnete eingesetzt. Im Gegensatz zu den Vorbeschleunigern werden die Protonen im Large Hadron Collider allerdings in zwei getrennten Strahlrohren beschleunigt, und zwar in entgegengesetzten Richtungen. Dadurch wird es möglich, gegenläufige Teilchen kollidieren zu lassen. Beim Frontalzusammenstoß zweier mit 7 Tera-Elektronenvolt beschleunigten Protonen steht die doppelte Energie, also 14 Teraelektronenvolt, zur Verfügung.

[Animation ATLAS] Verfolgen wir jetzt den Weg der Protonen am CERN: nach der Beschleunigung im LINAC2 und im Booster kommen sie ins Proton Synchrotron, anschließend ins Super Proton Synchrotron, und dann in die beiden Strahlrohre des Large Hadron Colliders. An vier Stellen werden die gegenläufigen Teilchen zur Kollision gebracht – dort stehen die Teilchendetektoren, die bei der Kollision neue entstandene Teilchen beobachten und vermessen.

[live] Wie die anderen Beschleuniger auch, ist der Large Hadron Collider eine lange Röhre voller Magnete in einem Tunnel. Doch die Komponenten des LHC unterscheiden sich grundlegend von denen anderer Beschleunigern. Nehmen wir als Beispiel die blauen, 14 Meter langen Ablenkmagnete, von denen es im LHC 1232 Stück gibt. Sie sind es, die die Protonen auf die Kreisbahn bringen. Doch in diesen Röhren sind keine gewöhnlichen Magnetspulen. Um die hohe Energie von 7 Teraelektronenvolt zu erreichen, wird ein Magnetfeld von 4 Tesla benötigt – mit normalen Elektromagneten lässt sich eine so hohe Feldstärke nicht erreichen. Es werden deshalb supraleitende Spulen verwendet: mit supraflüssigem Helium werden die Spulendrähte auf eine Temperatur von 2 Kelvin, also -271 Grad Celsius, heruntergekühlt, so dass das Material supraleitend wird. Supraleitung heißt, dass der elektrische Widerstand auf Null sinkt. Dadurch kann ein sehr starker Strom fließen und ein Magnetfeld von 4 Tesla erreicht werden. Dies alles auf einer Länge von 27 Kilometern – der LHC ist damit der größte Kühlschranks der Welt.

Auch die Quadrupol-Magnete, die wie beim Super Proton Synchrotron für die Fokussierung des Strahls verantwortlich sind, sind beim Large Hadron Collider supraleitend. 500 der 3 Meter langen Quadrupole, hier haben wir gerade einen solchen gesehen, sind zwischen den 1200 blauen Ablenk Magneten verteilt.

[Bilder einblenden] Beschleunigt werden die Protonen im LHC mit diesen zwei Beschleunigungs-Modulen. Jedes Modul enthält vier Hohlraumresonatoren, in denen Radiowellen mit einer Frequenzen von 400 MHz die Teilchen vorantreiben.

[live] 15 Minuten lang dauert es, bis der Large Hadron Collider mit 12 Füllungen des Super Proton Synchrotrons vollständig gefüllt ist. Dann kann die Beschleunigung beginnen. Innerhalb von 30 Minuten erreichen die Protonen eine kinetische Energie von 7 Tera-Elektronenvolt. Mit dieser Energie laufen sie 10 bis 20 Stunden im LHC um. In den vier Teilchendetektoren ATLAS, CMS, ALICE und LHCb kreuzen sich die Strahlrohre, die Protonen kollidieren, wodurch neue Teilchen entstehen, die allerdings schon nach wenigen Sekundenbruchteilen wieder zerfallen. Doch Millionen von Sensoren in den Detektoren können die Teilchen trotzdem registrieren und vermessen. Die Physiker hoffen, dass sich in den Daten auch neue, bisher unbekannte Teilchen wie z.B. das lang erwartete Higgs-Teilchen bemerkbar machen.