



SKRIPT ZUM FILM



[ATLAS_Intro]: Einführung (0:00-3:22)

In einem 27 km langen Tunnel tief unter dem CERN-Laboratorium wurde der 7 Stockwerke hohe ATLAS-Detektor gebaut. Er erlaubt den Wissenschaftlern, die Bedingungen im frühen Universum zu erforschen.

Schauen wir uns an, wie ATLAS funktioniert. Bei Teilchenkollisionen im Zentrum des Detektors entstehen verschiedene Typen von Elementarteilchen, die danach den ATLAS-Detektor durchqueren. Der Detektor besteht aus vielen Komponenten. Jede soll einen anderen Teilchentyp nachweisen. Die inneren Komponenten messen die Spuren geladener Teilchen, die vom Magnetfeld eines dünnen supraleitenden Solenoid-Magneten gekrümmt werden. Weiter außerhalb messen zwei Kalorimeter die Energien der Teilchen. Schließlich misst das Myon-Spektrometer die Spuren von Myonen, die im Feld der supraleitenden Toroid-Magneten abgelenkt werden.

Und so weist ATLAS die verschiedenen Teilchenarten nach: Ein Elektron durchfliegt den inneren Detektor und hinterlässt eine Spur, bevor es im elektromagnetischen Kalorimeter absorbiert wird. Ein Photon verhält sich ähnlich, hinterlässt jedoch keine Spur. Ein Proton erzeugt eine Spur und wechselwirkt hauptsächlich im Hadron-Kalorimeter. Ein Neutron verhält sich ähnlich, hinterlässt jedoch keine Spur. Ein Myon durchquert den gesamten ATLAS-Detektor und hinterlässt eine Spur. Ein Neutrino schließlich durchfliegt den gesamten ATLAS-Detektor, ohne eine Spur zu hinterlassen. Viele Milliarden Protonen fliegen fast mit Lichtgeschwindigkeit aus entgegengesetzten Richtungen aufeinander zu. Wenn zwei Protonen kollidieren, entstehen aus der Kollisionsenergie Hunderte neue Teilchen. Solche Kollisionen geschehen eine Milliarde mal pro Sekunde.

[ATLAS_1a]: Halbleiterdetektor und Pixeldetektor (3:35-6:37)

Der Innendetektor von ATLAS misst die Spuren geladener Teilchen. Er besteht aus dem Übergangsstrahlungsdetektor, dem Halbleiter-Detektor sowie ganz innen dem Pixeldetektor.

Jetzt zoomen wir in den Halbleiter- und den Pixeldetektor. Beide sind aus mehreren tausend Modulen aufgebaut und weisen die in der Kollision erzeugten Teilchen nach. Der Halbleiterdetektor und der Pixeldetektor funktionieren ganz ähnlich.

Schauen wir uns an, wie der Pixeldetektor arbeitet und betrachten eines der elektronischen Module im Detail. Die dünne obere Siliziumstruktur ist mit der unteren Elektronikstruktur durch ein ausgedehntes Raster aus Lötperlen verbunden.

Wir wollen jetzt sehen, was im Silizium geschieht, wenn es von einem geladenen Teilchen durchquert wird. Dazu zoomen wir bis auf die Größe der Mole-

küle hinunter. Ein geladenes Teilchen setzt im Silizium Elektronen frei. Diese Elektronen bewegen sich zur Unterseite des Streifens und erzeugen einen elektrischen Strom, der durch eine oder mehrere Kugeln fließt. Die stromdurchflossene Kugel zeigt den Ort des Teilchendurchgangs an. Das Signal wird in binäre Zahlen umgewandelt, die gespeichert und von den Wissenschaftlern analysiert werden.

Mit seinem Innendetektor misst ATLAS die Spuren geladener Teilchen, die vom Magnetfeld gekrümmt werden. Aus dieser Krümmung berechnet man die Impulse der geladenen Teilchen.

[ATLAS_1b]: Übergangsstrahlungsdetektor (6:38-7:50)

Der Innendetektor von ATLAS misst die Spuren geladener Teilchen. Er besteht aus dem Übergangsstrahlungsdetektor, dem Halbleiter-Detektor sowie ganz innen dem Pixeldetektor.

Sehen wir uns jetzt den Übergangsstrahlungsdetektor an, der sich an die Siliziumdetektoren anschließt. Dieser Detektor erlaubt es, verschiedene Arten von Teilchen zu unterscheiden. Er besteht aus einer Vielzahl gasgefüllter Röhren. Sobald ein geladenes Teilchen das Material zwischen den Röhren durchfliegt, werden Photonen erzeugt.

Betrachten wir den Unterschied zwischen Pionen und Elektronen. Ein Pion ionisiert das Gas in der Röhre und wird von abgestrahlten Photonen begleitet. Diese wechselwirken mit den Gasmolekülen und setzen weitere Elektronen frei, die zu einem Golddraht in der Mitte der Röhre driften, wo sie registriert werden. Ein Elektron strahlt wesentlich mehr Photonen ab als ein Pion. Deshalb wird auf dem Draht mehr negative Ladung gemessen. Diese Messung erlaubt es dem ATLAS-Detektor zwischen verschiedenen Arten von Teilchen zu unterscheiden.

Mit seinem Innendetektor misst ATLAS die Spuren geladener Teilchen, die vom Magnetfeld gekrümmt werden. Aus dieser Krümmung berechnet man die Impulse der geladenen Teilchen.



SKRIPT ZUM FILM



[ATLAS_2a]: Elektromagnetisches Kalorimeter (7:50-9:39)

ATLAS verfügt außerdem über Detektoren, die die Energie neutraler und geladener Teilchen messen. Sie werden Kalorimeter genannt. Das elektromagnetische Kalorimeter misst hauptsächlich die Energie von Elektronen und Photonen. Seine akkordartige Struktur besteht aus vielen Lagen von Blei und Edelstahl, die die Teilchen absorbieren. Dazwischen befindet sich flüssiges Argon mit einer Temperatur von -180 Grad. Im flüssigen Argon befindet sich eine Kupferstruktur, die als Elektrode dient und die durchgehenden Teilchen nachweist. Wir verfolgen jetzt ein hochenergetisches Elektron durch das elektromagnetische Kalorimeter. Sobald das Elektron auf die Absorber trifft, wechselwirkt es mit dem Material und erzeugt einen Schauer niederenergetischer Elektronen, Positronen und Photonen. So durchquert ein hochenergetisches Elektron mehrere Absorberlagen und erzeugt einen großen Schauer, der am Ende erlischt. Dieser Schauer niederenergetischer Teilchen gelangt in das flüssige Argon, ionisiert dessen Atome und erzeugt dabei immer mehr negative Elektronen und positive Ionen. Die negative Ladung wandert zu den Kupferelektroden und wird dort nachgewiesen. Die auf den Elektroden deponierte Ladungsmenge erlaubt es, die Energie zu messen, die das ursprüngliche Elektron oder Photon besaßen, als sie das elektromagnetische Kalorimeter erreichten.

[ATLAS_2b]: Hadronisches Kalorimeter (9:40-11:10)

Jetzt sehen wir das große äußere Kalorimeter, das Hadron-Kalorimeter. Es bestimmt die Energien von sogenannten Hadronen, zu denen Neutronen, Protonen und Mesonen gehören. Es besteht abwechselnd aus Stahl und Szintillatorplatten, die in Paketen angeordnet sind. Ein Szintillator ist ein Material, das Licht aussendet, wenn es von einem geladenen Teilchen getroffen wird. Wenn ein hochenergetisches Hadron, wie zum Beispiel ein Proton, die Stahlplatten durchquert, wechselwirkt es mit den Atomkernen. Diese Kernreaktionen führen zur Erzeugung vieler neuer Teilchen, die ihrerseits weitere Wechselwirkungen verursachen. So entstehen ausgedehnte Teilchenschauer.

Diese Teilchenschauer erreichen danach den Szintillator und bringen ihn zum Leuchten. Lange Glasfasern transportieren das Licht dann zu Sensoren, die die Lichtintensität mehrerer Kalorimeterpakete messen und in einen elektrischen Impuls verwandeln. Aus dieser Lichtintensität schließt man auf die Energie des hochenergetischen Hadrons im Kalorimeter.

[ATLAS_3]: Myonenkammern (11:10-12:20)

Myonen jedoch durchfliegen die Kalorimeter fast ungehindert und gelangen so in den äußersten Teil von ATLAS, den Myon-Detektor. Die ATLAS-Myonenkammern haben die Fläche mehrerer Fußballfelder. Ein Segment einer Myonenkammer besteht aus vielen gasgefüllten Röhren. Wenn ein Myon diese Röhren durchfliegt, hinterlässt es eine Spur elektrisch geladener Ionen und Elektronen, die zum Rand bzw. zur Mitte der Röhre driften. Die Kreise zeigen den Ausgangspunkt dieser Drift in den Röhren. Aus der Driftzeit dieser Ladungen bestimmt man den Ort, an dem das Myon die Röhre durchflog hat.