

Myonenkammern

Detektoraufbau

[live] Die einzelnen Schichten des Detektors messen nicht nur verschiedene Eigenschaften der Teilchen, für jeden Teilchentyp gibt es einen eigenen Subdetektor. Zum Beispiel gibt es zwei Kalorimeter, die die Energie der Teilchen messen. Im innern, direkt nach Strahlrohr und Spurdetektor, misst das elektromagnetische Kalorimeter die Energie von Elektronen und Photonen. Protonen, Neutronen und andere aus Quarks zusammengesetzte Teilchen, Hadronen genannt, bleiben im Hadronkalorimeter hängen. Schauen wir uns dies in der Simulation an. [Simulation] Elektronen hinterlassen eine im Magnetfeld der Spule gekrümmte Spur im Silizium-Spuredetektor, aus der sich der Impuls des Elektrons berechnen lässt. Im elektromagnetischen Kalorimeter werden sie gestoppt und seine Energie gemessen. Die Energie eines Photons wird auch im elektromagnetischen Kalorimeter gemessen, vom Spuredetektor wird das ungeladene Photon allerdings nicht erfasst. Geladene Hadronen wie z.B. Protonen hinterlassen eine gekrümmte Spur im Spurdetektor und deponieren ihre Energie im Hadronkalorimeter. Ungeladene Hadronen, z.B. das Neutron, zerfallen ebenfalls im Hadronkalorimeter, hinterlassen aber wieder keine Spur im Spurdetektor und haben im Magnetfeld eine geradlinige Bahn. Myonen hingegen fliegen auch durch die dicken Stahlschichten der Spule hindurch. Trotzdem gibt es eine Möglichkeit, sie zu vermessen, und zwar in den großen Myonenkammern außen am Detektor.

Myonenkammern

[Video1] Letztendlich funktionieren die Myonenkammern genauso wie ein Geiger-Müller-Zähler. Grundlage eines Geigerzählers ist der Effekt, dass schnelle Teilchen Elektronen aus der Atomhülle von Gasatomen herausschlagen. Dadurch entstehen positiv geladene Ionen und freie Elektronen. Fliegt ein Teilchen durch den gasgefüllten Zylinder eines Geiger-Müller-Zählrohres, tritt genau dieser Effekt auf. Elektronen werden aus den Gasatomen herausgeschlagen, so dass freie Elektronen und positive Ionen im Gas vorhanden sind. Die Besonderheit des Geiger-Müller-Zählrohres ist die Innenelektrode. Zwischen einem dünnen Draht in der Mitte des Zylinders und den metallischen Außenwänden liegt eine Hochspannung an. Die positiven Ionen wandern zu den Außenwänden, während die freien Elektronen von dem positiv geladenen Draht angezogen werden. Dabei werden sie sogar so stark beschleunigt, dass sie ausreichend Energie erhalten, um Elektronen aus weiteren Gasatomen herausszuschlagen. Dadurch vervielfacht sich die Anzahl der Ladungsträger, so dass ein starkes elektrisches Signal gemessen wird.

[Video2] Mit dem Geigerzähler lässt sich zwar feststellen, ob und wann ein Teilchen das Zählrohr passiert hat, an welcher Stelle es aber genau durchgeflogen ist, wird natürlich nicht angezeigt. Um trotzdem den Ort der Teilchenbahn bestimmen zu können, baut man sozusagen viele Geiger-Müller-Zählrohre nebeneinander, eine sogenannte Vieldraht-Proportionalkammer. In einer großen, mit Gas gefüllten Kammer sind positiv und negativ geladene Drähte gespannt. Fliegt ein Teilchen durch das Füllgas, so wandern die entlang der Teilchenbahn entstehenden Ionen und Elektronen zu den nächstgelegenen Drähten. Ein Signal wird also nur bei den Drähten registriert, die entlang der Flugbahn liegen, wodurch die Teilchenbahn rekonstruierbar wird. Detektoren dieser oder ähnlicher Bauart bilden die Myonkammern des CMS-Detektors. [Video] Die Myonkammern sind die äußerste Schicht.

Mit einem kurzen Umweg über die dritte Etage, direkt über mir, gehen wir wieder zurück zur Erdoberfläche.

[Video] Über 2000 Wissenschaftler aus der ganzen Welt haben den CMS-Detektor gebaut. 37 Länder sind beteiligt, ohne internationale Zusammenarbeit wäre ein solches Projekt nicht realisierbar gewesen. 500 Gigabyte an Daten verarbeitet die Elektronik des Detektors pro Sekunde, das ist soviel wie die Datenmenge des weltweiten Telefonverkehrs.

Nachdem wir die Sicherheitsschleuse passiert haben, kommen wir wieder in die Service-Kaverne, in der alle Daten zusammenlaufen. Hier stehen auch die Geräte, die den Detektor überwachen. Sobald mehrere Sensoren gleichzeitig zum Beispiel eine zu hohe Temperatur anzeigen, wird Alarm ausgelöst.

An den Wänden des Aufzugs: Sicherheitshinweise und Pläne für die einzelnen Bauabschnitte. Während der Bauphase gab es für jeden Tag einen eigenen Übersichtsplan, auf dem genau vermerkt ist, an welchen Stellen gearbeitet wird und wo eine Arbeitsplattform steht.