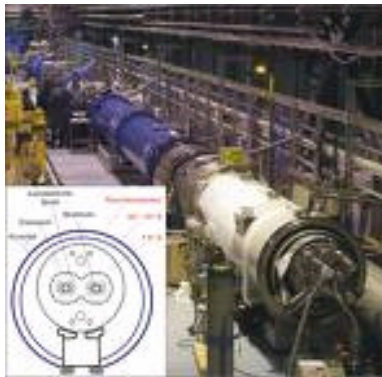


Das CMS- Experiment

Das Compact Muon Solenoid Experiment (CMS) am neugebauten Large Hadron Collider (LHC) am CERN ist ein hochpräziser Teilchendetektor mit dessen Hilfe das bis jetzt nicht experimentell entdeckte Higgs-Teilchen sowie Supersymmetrische-Teilchen nachgewiesen werden sollen.

Das CMS- Experiment ist eines von vier Experimenten, das derzeit am LHC aufgebaut wird. Das riesige, aus einer Vielzahl von Einzelkomponenten zusammengesetzte Nachweisgerät wurde zunächst an der Erdoberfläche in einer großen Halle vier Jahre lang aufgebaut und getestet, bevor es erneut in verschiedene Teile zerlegt und am 18. Dezember 2007 in die unterirdische Experimentierhalle hinabgelassen wurde.

Mit diesem großen Detektor für Elementarteilchen wird ab 2008 die Kollisionen von zwei hochenergetischen Protonenstrahlen vermessen werden. Ab diesem Zeitpunkt beginnt die Suche nach bisher unbekanntem Elementarteilchen und neuen Kräften. Die Protonen zirkulieren in dem neuen ringförmigen Teilchenbeschleuniger, der etwa 100 Meter unter der Erdoberfläche liegt. Mit Hilfe extrem starker supraleitender Dipolmagnete werden die Protonen auf eine 27 km umfassende Kreisbahnen gezwungen.



Insgesamt besteht das Beschleunigungsrohr aus über 12000 15 Meter langen Dipolmagneten (Abbildung), die bei einer Temperatur von 1,9 K betrieben werden und ein Magnetfeld von 8,33 T erzeugt. Die Kühlung erfolgt durch insgesamt 96t Helium, die mittels 8 Kühlaggregaten auf der kompletten Kreisbahn verteilt werden.

Der LHC beschleunigt Protonen auf eine Energie von 7000 GeV. Die Geschwindigkeit beträgt dann mehr als 99.9999 % der Lichtgeschwindigkeit.

Bei der Kollision zweier Protonen wird eine Energie von 14000 GeV frei, die nach Einsteins Gleichung $E = mc^2$ ausreichen würde, um 15000 neue Protonen zu erzeugen.

Bei der Kollision entsteht eine Vielzahl neuer Teilchen, von denen allerdings der Großteil als „uninteressant“ gelten kann, da es sich um die bekannten Teilchen handelt. Da die Leistung des LHC- Beschleunigerring deutlich höher als die der bisherigen Beschleuniger ist, erhoffen sich die CMS Wissenschaftler neue, schwerere Teilchen zu entdecken, deren Erzeugung bisher nicht möglich war.

Das Higgs- Teilchen:

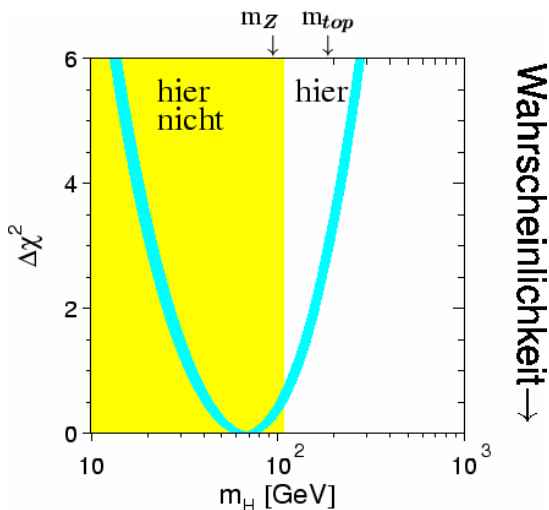
Das nach dem britischen Physiker Peter Higgs benannte Higgs-Boson oder Higgs-Teilchen ist ein hypothetisches Elementarteilchen, das im Standardmodell der Elementarteilchenphysik vorhergesagt wird.

In der Von Higgs 1964 Theorie bekommen alle zunächst masselosen Teilchen ihre Masse über die Wechselwirkung mit einem skalaren Hintergrundfeld, dem so genannten Higgs-Feld. Interessant dabei ist, dass eine ursprünglich als fundamental angesehenene Eigenschaft (eben die Masse) der Teilchen sich nunmehr als "Nebeneffekt" einer Wechselwirkung darstellt.

Die Wechselwirkung der Teilchen mit dem Higgs- Feld erfolgt nun über den Higgs-Mechanismus, das Wechselwirkungsteilchen ist das Higgs- Boson.

Nach der Theorie hat das Higgs-Teilchen keine elektrische Ladung sowie einen ganzzahligen Spin, nämlich Spin Null, und gehört somit zur Klasse der Bosonen.

Die Masse des Higgs-Teilchens lässt sich mit verschiedenen Argumenten stark eingrenzen. Eine ganz allgemeine obere Grenze von etwa 1 TeV folgt aus theoretischen Konsistenzbedingungen. Wenn man zudem fordert, dass das Standard-Modell bis in die Nähe der Planck-Skala fortgesetzt werden kann, lässt sich diese obere Massengrenze auf 200 GeV herabsetzen. Auf der anderen Seite konnten Experimente am ehemaligen CERN-Beschleuniger LEP zeigen, dass das Higgs-Teilchen schwerer als 114 GeV sein muss.



Hypothese für die
Masse des Higgs-Teilchens

Supersymmetrische Teilchen:

Die minimal mögliche, mit bisherigen Erkenntnissen kompatible Erweiterung des Standardmodells der Teilchenphysik (SM), das Minimale Supersymmetrische Standardmodell (MSSM), ist der meistuntersuchte Kandidat für Physik jenseits des Standardmodells. Allerdings konnte trotz viel versprechender theoretischer Argumente

bis heute kein experimenteller Beweis erbracht werden, dass Supersymmetrie tatsächlich in der Natur existiert - insbesondere wurden noch keine Superpartner bekannter Teilchen beobachtet.

Weitere Punkte zu Susy-Teilchen:

- Eichbosonen erhalten die Endung -ino
- Zahl der Elementarteilchen verdoppelt sich
- Neue Quantenzahl: R Parität

- $$R = (-1)^{3B+L+2S}$$

mit B: Baryonenzahl, L: Leptonenzahl, S: Spin

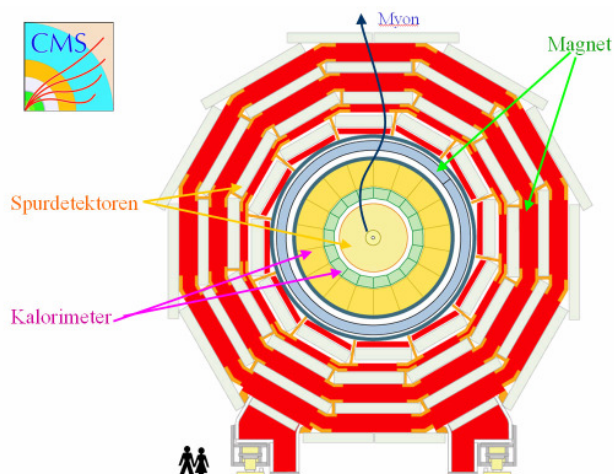
- Für SM Teilchen: $R=+1$ Für ihre Susy-Partner $R=-1$
- Wenn man die R-Paritätserhaltung annimmt zerfallen Susy-Teilchen nicht in SM Teilchen

Ein weiterer Vorteil des MSSM ist, dass es möglich ist eine Vereinheitlichung der Grundkräfte bei sehr hohen Energien zu erreichen. Im Standardmodell ist dies aufgrund von Kopplungskonstanten nicht möglich.

Die Entdeckung der Susy-Teilchen würde zudem heiße Kandidaten für die so genannte „Dunkle Materie“ bieten, da angenommen wird, dass das leichteste Susy-Teilchen, das Neutralino, stabil ist.

Der CMS-Detektor:

Der 12500 Tonnen schwere CMS-Detektor wird die bei Proton-Proton-Kollisionen entstehenden Teilchen nachweisen und genau vermessen und so nach neuer Physik fahnden. Der abgebildete Querschnitt durch den CMS-Detektor zeigt schematisch, wie im Kollisionspunkt im Zentrum entstehende Teilchen in den verschiedenen Lagen des Detektorsystems identifiziert und ihre Energien bestimmt werden können.



Aufbau des CMS- Detektors:

Spurendetektor:

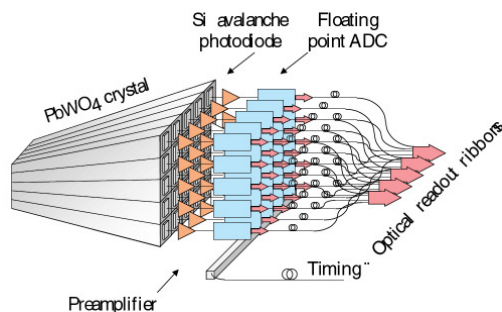
Der Spurendetektor besteht aus fein segmentierten Sensoren aus Silizium (Streifen- und Pixeldetektoren).

Der Pixeldetektor befindet sich in 4cm Abstand von der Strahlachse und es ist durch ihn möglich, eine sehr hohe Ortsauflösung zu erreichen (15 μm). Direkt im Anschluss an den Pixeldetektor befinden sich die insgesamt 15148 Streifendetektormodule. Insgesamt verfügt der CMS-Tracker über 25000 Silizium Streifen Sensoren auf einer Fläche von 210m².

Elektromagnetisches Kalorimeter:

Das elektromagnetisch Kalorimeter ist ein homogenes Kalorimeter und bestehend aus 61000 PbWO₄ Kristallen (kurze Strahlungslänge $X_0 < 1\text{cm}$ und hohe Strahlenhärte). Die Wechselwirkung der Teilchen mit den Kristallen erfolgt über Bremsstrahlung, Photoeffekt, Compton-Effekt und Paarbildung, was zur Ausbildung elektromagnetischer Schauer im Kalorimeter führt.

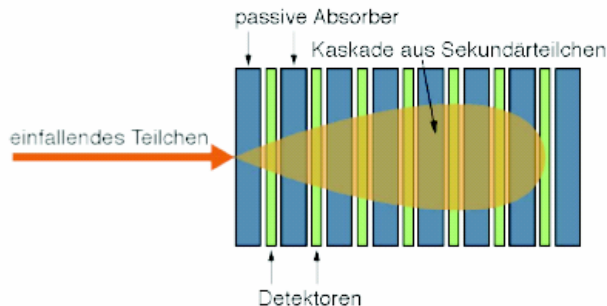
Die Energie des Primärteilchens ist proportional zur Intensität des Fluoreszenzlichts und kann somit sehr genau bestimmt werden.



Hadronisches Kalorimeter:

Hierbei handelt es sich um ein inhomogenes (Sampling-) Kalorimeter und besteht in diesem Fall aus Kupfer bzw. Stahl. Als Nachweismedium dienen Plastiksintillator bzw. Quarzfasern.

Die Schauerbildung ist bei einem hadronischen Kalorimeter deutlich komplizierter als im elektromagnetischen Kalorimeter da zusätzlich verschiedene Mesonen entstehen können.



Myonendetektor:

Die Driftkammern des Myonendetektors sind mit einem Ar-Co₂ Gasgemisch gefüllt. Beim Durchgang eines Myons ionisiert dieses das Gas und die freigesetzten e⁻ driften zur Anode. Der genaue Ort des Durchgangs lässt sich durch Messung der Driftzeit berechnen da eine Beschleunigung der Elektronen erst nahe beim Draht erfolgt.

Quellen:

- <https://ptweb.desy.de/berichte>
- <http://www.desy.de/f/jb2006/104-108.pdf>
- <http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~mullerth/CMS-LHC-08.pdf>
- <http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~mullerth/FZK-Nachrichten.pdf>
- <http://www.gsi.de/beschleuniger/sis18/pdf/cern.pdf>
- <http://www-linux.gsi.de/~wolle/Schuelerlabor/TALKS/DETEKTOREN/VO-6-Kalorimeter.pdf>
- <http://www.cms.cern.ch>
- <http://de.wikipedia.org/>