

# CMS

## Das Experiment „Compact Muon Solenoid“

### Kollisionen

von Protonen und schweren Ionen mit bisher unerreicht hohen Energien

### Erzeugung

von Bedingungen, wie sie zum Zeitpunkt eines Bruchteils einer Milliardstelsekunde nach dem Urknall existierten

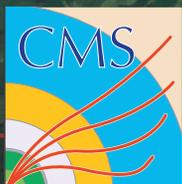
### Suche

nach neuen Teilchen wie dem Higgsboson, Gravitonen, supersymmetrischen Teilchen, mikroskopisch kleinen schwarzen Löchern, neuen Zuständen von sehr heißer und dichter Materie ...

### Verständnis

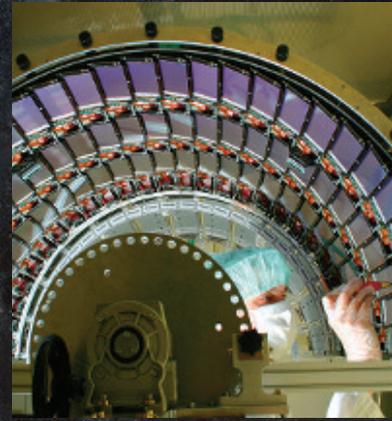
warum die Welt so ist, wie sie ist;  
warum einige Teilchen schwerer sind als andere;  
woraus die dunkle Materie des Universums besteht;  
ob es mehr als drei Raumdimensionen gibt;  
der Eigenschaften der heißen, dichten Materie, die im jungen Universum existierte;  
wie wir einer vereinigten Theorie näher kommen können, die ALLE physikalischen Phänomene erklären kann.

Nur Ergebnisse von Experimenten können die Geheimnisse der Natur offenbaren. CMS ist ein solches Experiment.



## Der Detektor und die Detektive

CMS ist ein großer, technologisch hoch entwickelter Detektor. Er besteht aus mehreren Lagen, von denen jede eine spezielle Aufgabe hat. Zusammen ermöglichen sie den Wissenschaftlern von CMS, die bei den Kollisionen am großen Hadronen-Speicherring LHC des CERN entstehenden Teilchen zu identifizieren und ihre Energien und Impulse genau zu messen.



### Das elektromagnetische Kalorimeter

Etwa 80 000 Kristalle aus Bleiwolframat ( $\text{PbWO}_4$ ) messen die Energien von Elektronen und Photonen mit hoher Präzision. Ein „Preshower-Detektor“ aus Silizium-Sensoren verbessert die Teilchenidentifikation in den Endkappen.



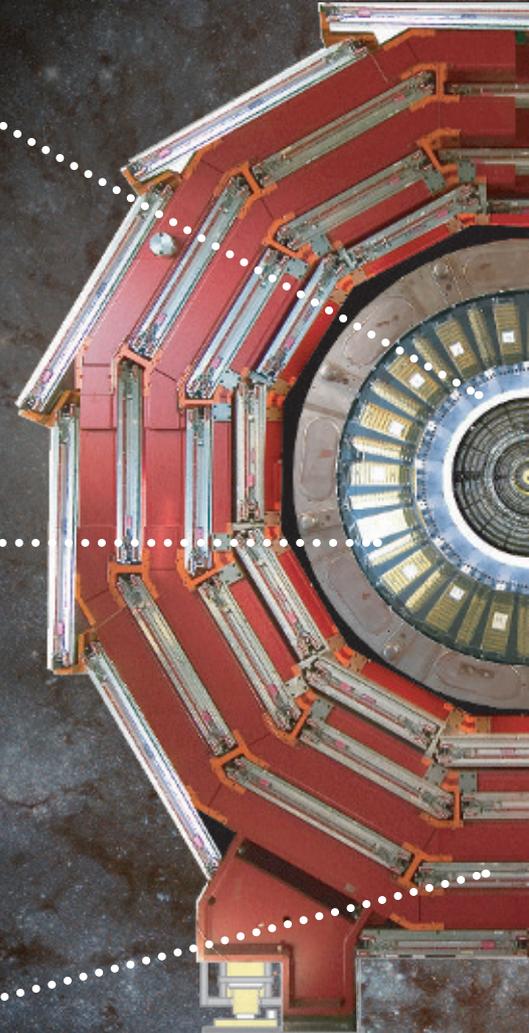
### Das Hadronkalorimeter

Abwechselnde Lagen aus einem Material mit hoher Dichte (Messing oder Stahl) und Kunststoffszintillatoren oder Quarzfasern erlauben die Bestimmung der Energien von Hadronen, also Teilchen wie Protonen, Neutronen, Pionen und Kaonen.



### Myondetektoren

Zur Identifikation und Impulsmessung von Myonen (den Elektronen ähnliche, aber schwerere Teilchen) werden bei CMS drei Detektortypen verwendet: Driftröhrenkammern, Kathodenstreifenkammern und Widerstandsplattenkammern.



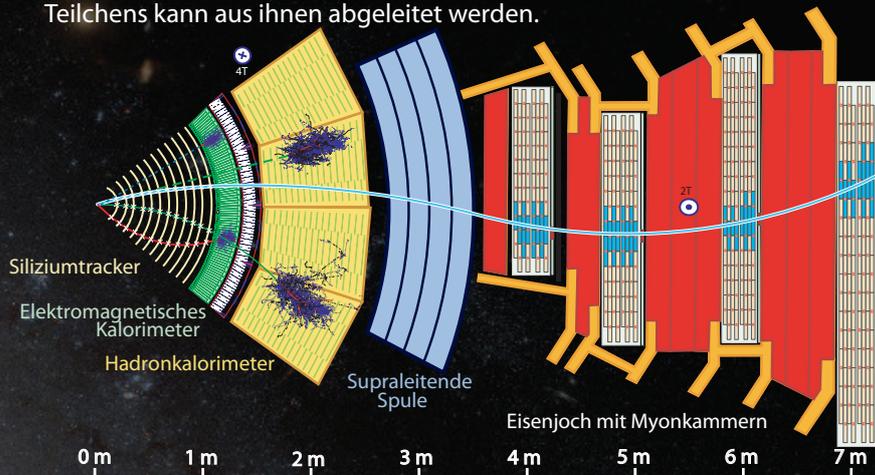
## Spurendetektor (Tracker)

Fein segmentierte Sensoren aus Silizium (Streifen und Pixel) ermöglichen die Rekonstruktion von Teilchenspuren und die Bestimmung ihrer Impulse. Sie erlauben auch die Ermittlung der Zerfallsorte von langlebigen, instabilen Teilchen.



## Mustererkennung

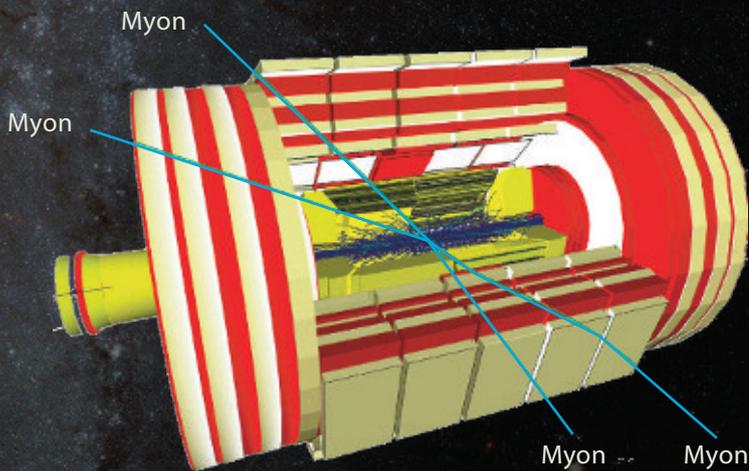
Neue Teilchen, die CMS entdeckt, werden normalerweise instabil sein und schnell in eine Kaskade von leichteren, langlebigeren und besser verstandenen Teilchen zerfallen. Teilchen, die CMS durchqueren, hinterlassen charakteristische Muster oder „Signaturen“ in den verschiedenen Detektorlagen, wodurch sie identifiziert werden können. Das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein eines neuen Teilchens kann aus ihnen abgeleitet werden.



- Legende:
- Myon
  - Elektron
  - Geladenes Hadron (z.B. Pion)
  - - - Neutrales Hadron (z.B. Neutron)
  - - - Photon

## Triggersystem

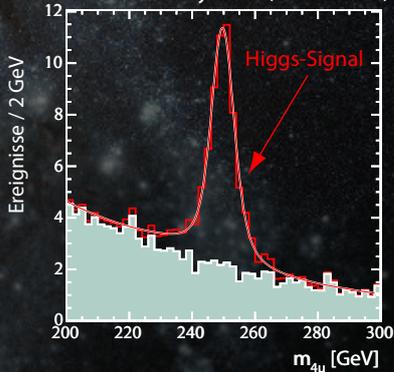
Um eine hohe Wahrscheinlichkeit für die Produktion eines Teilchens wie des Higgsbosons zu erreichen, werden die Teilchenpakete im LHC bis zu 40 Millionen Mal pro Sekunde zur Kollision gebracht. Teilchensignaturen werden mithilfe schneller Elektronik analysiert. Zur Bewältigung der hohen Datenraten werden vorzugsweise nur Ereignisse selektiert (getriggert), die neuer Physik zugeordnet werden können (ca. 100 pro Sekunde), zum Beispiel einem Higgsteilchen, das wie in der untenstehenden Abbildung in vier Myonen zerfällt. Diese Ereignisse werden für die weitere detaillierte Analyse gespeichert.



## Supraleitende Spule

Die Spule hat eine Länge von 13 m und einen Durchmesser von 6 m. In ihrem auf -270 °C gekühlten Supraleiter aus Niob-Titan fließt ein Strom von 20 000 Ampère, der ein Magnetfeld mit einer Flussdichte von 4 Tesla (etwa 100 000 Mal größer als das Magnetfeld der Erde) erzeugt. Dieses Feld krümmt die Flugbahnen von geladenen Teilchen und ermöglicht dadurch ihre räumliche Trennung sowie die Messung ihrer Impulse.

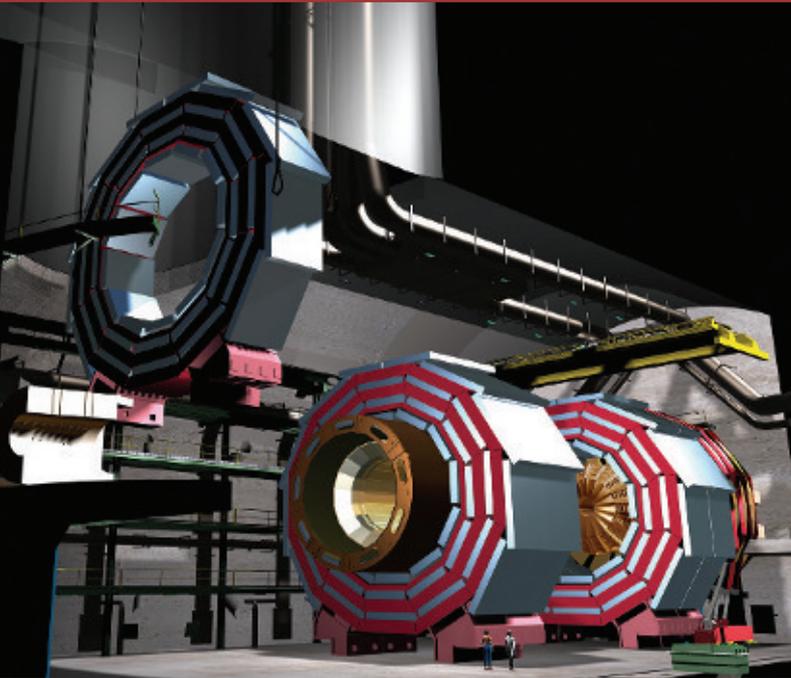
Ein 250 GeV schweres Higgsteilchen zerfällt in 4 Myonen (Simulation)



## Datenanalyse

Physiker auf der ganzen Welt verwenden neueste Techniken (wie das Grid), um Millionen von CMS-Ereignissen zu durchforsten und Diagramme wie das linke (eine Simulation) zu produzieren, welches ein neues Teilchen oder ein neues Phänomen verraten könnte.

**Der CMS-Detektor** enthält 100 Millionen Einzelmesserelemente, die alle bei der Suche nach verräterischen Signalen von neuen Teilchen oder Phänomenen mitwirken - 40 Millionen Mal pro Sekunde. Er ist eines der komplexesten und präzisesten wissenschaftlichen Instrumente, die jemals gebaut wurden. Er liegt 100 m unter der Erde im französischen Dorf Cessy in der Nähe der Stadt Genf, unmittelbar an der Grenze zur Schweiz. CMS wird ab Ende 2007 mindestens zehn Jahre lang in Betrieb sein.



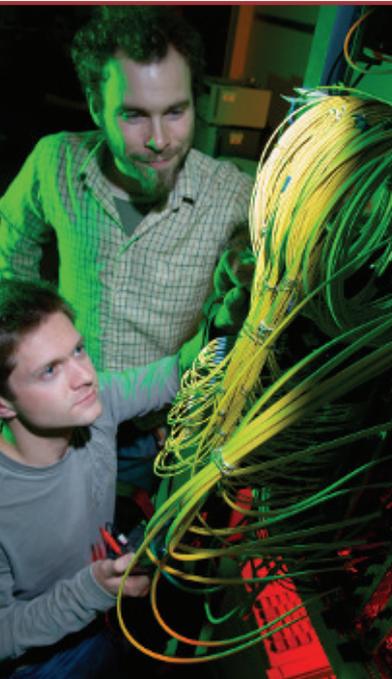
Abmessungen  
12 500 Tonnen  
21 m Länge  
15 m Durchmesser

Die riesigen Ausmaße von CMS verbergen die innewohnende Komplexität. Ein Techniker baut mit 5 Mikrometer dicken Drähten eine der Komponenten des Trackers.

Die großen Teile von CMS, von denen jeder zwischen 200 und 2000 Tonnen wiegt, werden 100 m tief in die Kaverne hinabgelassen und dann vor Ort zusammgebaut.



**Ein weltweites Abenteuer** Die Klärung einiger Mysterien des Universums ist nur durch den Einsatz von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Studenten aus einer Vielzahl an Fachgebieten möglich. Die Teile von CMS wurden an Instituten oder in Industriebetrieben der ganzen Welt entworfen und gebaut, bevor sie für den endgültigen Einbau zum CERN gebracht werden. Die Datenanalyse wird ebenfalls ein weltweites Unterfangen sein, das durch Innovationen in der Computertechnologie wie durch das Grid ermöglicht wird.



Ein Forscher und ein Doktorand arbeiten gemeinsam an der Verkabelung und Erprobung von Teilen der Ausleseelektronik von CMS.



Einige Mitarbeiter feiern in der Montagehalle die Fertigstellung eines Bestandteiles von CMS.

**CMS-Mitglieder**  
37 Länder, 155 Institute  
2000 Wissenschaftler, davon etwa 450 Studenten

**Weitere Informationen über alle Aspekte von CMS gibt es auf unserer Webseite:**  
<http://cms.cern.ch>

CERN  
Europäische Organisation  
für Kernforschung  
CH-1211 Genf, Schweiz

Kommunikationsgruppe  
September 2007  
CERN-Brochure-2006-007-Ger

