

LHCb

Das **Large Hadron Collider beauty** Experiment

Unser Universum ist vor 13,7 Milliarden Jahren im Urknall entstanden. Ein großer Teil der freigesetzten, unvorstellbar großen Energie hat sich dabei zu gleichen Teilen in Materie und Antimaterie verwandelt.

Am Large Hadron Collider des CERN in Genf werden Protonen bis fast zur Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und dann zur Kollision gebracht, wobei dem Urknall ähnliche Bedingungen hergestellt werden. An einem der vier Kollisionspunkte befindet sich das LHCb-Experiment.



Das LHCb-Experiment

Willkommen in der Welt der Quantenphänomene, in der Teilchen spontan entstehen und wieder vernichtet werden können. Das Studium dieser „Quantenfluktuationen“ ermöglicht neue Entdeckungen und gibt aufregende Einblicke in die Entstehungsgeschichte unseres Universums.



Ein kosmisches Mysterium...

Sobald Materie und Antimaterie miteinander in Kontakt kommen, vernichten sie sich gegenseitig und erzeugen einen gewaltigen Energieblitz. Daraus ergeben sich aber eine Reihe von Fragen: Weshalb befinden wir uns in einer gänzlich aus Materie bestehenden Welt, wenn Materie und Antimaterie im Urknall doch zu gleichen Teilen entstanden sind? Welcher unbekannte Mechanismus hat die Materie vor der vollständigen Vernichtung bewahrt – und wo ist die Antimaterie geblieben?

...mit Beauty-Quarks af der Spur

Das LHCb-Experiment untersucht den subtilen Unterschied im Verhalten von Teilchen und Antiteilchen, um so mögliche Antworten auf eines der fundamentalsten Rätsel unseres Universums zu finden. Bei LHCb benutzt man so genannte „Beauty-Quarks“: fundamentale Teilchen, die zusammen mit ihren Antiteilchen paarweise produziert werden. Obwohl diese Teilchen im heutigen Universum nicht natürlich auftreten, hat es sie kurz nach dem Urknall gegeben. Im Zentrum des LHCb-Detektors werden jede Sekunde Hunderttausende dieser Beauty-Quarks zusammen mit ihren Antiteilchen erzeugt.

Das LHCb-Experiment ist 100 Meter tief unter der Erde in einer riesigen Kaverne am Kollisionspunkt der Protonenstrahlen aufgebaut. In der Kollision der Protonenstrahlen entstehen Teilchen, die Beauty-Quarks oder Anti-Beauty-Quarks enthalten. Diese fliegen fast parallel zu den Protonenstrahlen im Strahlrohr weiter. Daher sind die verschiedenen Lagen des LHCb-Detektors entlang des Protonenstrahls über eine Länge von 20 Metern hintereinander aufgereiht. Jede Detektorlage übernimmt eine spezielle Aufgabe bei der Rekonstruktion und Vermessung der in der Protonenkollision erzeugten Teilchen.

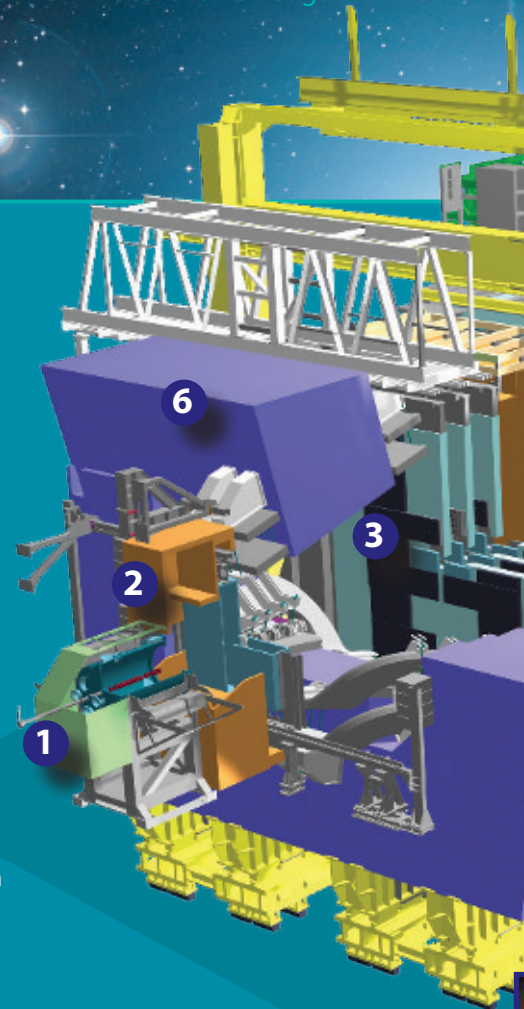
1) Der Vertexdetektor misst die Entfernung zwischen Erzeugung und Zerfall der Beauty-Quarks mit einer Genauigkeit von einem hundertstel Millimeter.



2) Zwei Cerenkov-Detektoren messen die Geschwindigkeit der Teilchen.



3) Die Spurkammern messen die genaue Flugbahn der Teilchen, wobei etwa 40 Messpunkte über die gesamte Länge des Detektors verwendet werden.



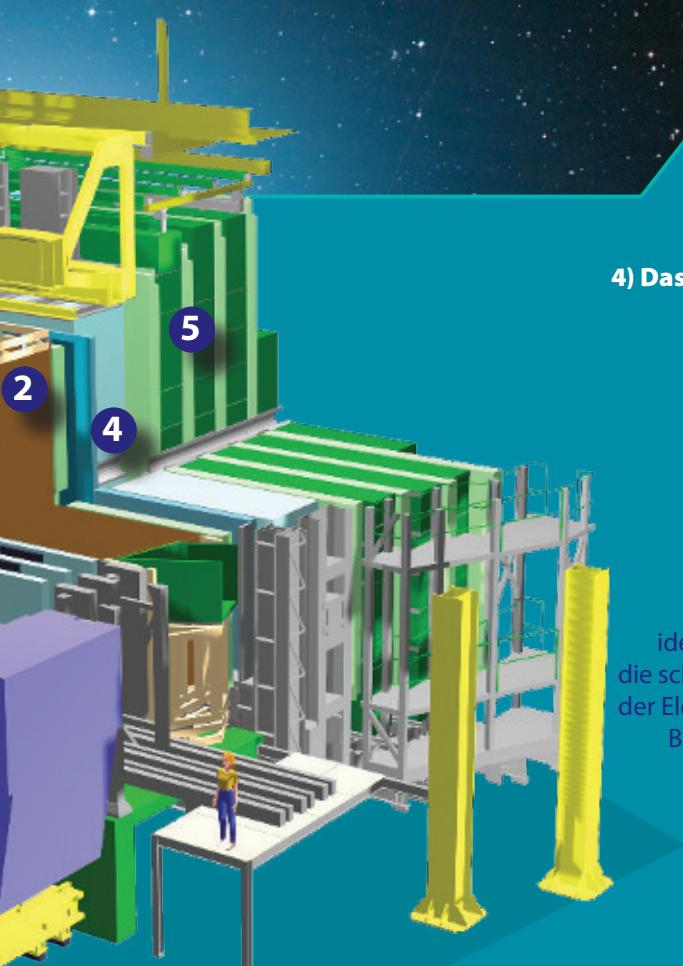
Physik mit Quanten-Pinguinen

Die relativ schweren und sehr instabilen Beauty-Quarks zerfallen innerhalb des millionsten Teiles einer Millionstel Sekunde in leichtere Teilchen. Diese kurze Zeitspanne reicht dennoch aus, um den Zerfall durch Quantenfluktuationen zu beeinflussen. Ein Beispiel für solche Effekte sind „Pinguin-Zerfälle“, so genannt, weil in der Sprache der Feynman-Diagramme dieser Zerfall einem Pinguin gleicht.

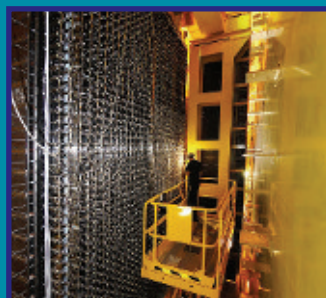
In den Quantenfluktuationen der „Pinguin-Zerfälle“ treten virtuelle, zum Teil sehr schwere Teilchen auf, die das Verhalten der Beauty-Quarks verändern. Genau vermessen, können Wissenschaftler vom Verhalten der Beauty-

Quarks Rückschlüsse auf die Eigenschaften dieser virtuellen Teilchen ziehen, auch für neue sehr schwere Teilchen, die nur in den Quantenfluktuationen auftreten und auf andere Weise bisher experimentell nicht zugänglich sind.

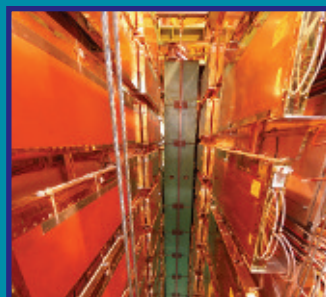
LHCb sucht nach einer kompletten Familie neuer Teilchen. Unter anderem könnten diese neuen Teilchen für die dunkle Materie unseres Universums verantwortlich sein. Dunkle Materie konnte bisher nicht direkt beobachtet werden, sie beeinflusst aber die Ausbreitung des Lichts der Sterne und die Drehgeschwindigkeit der Galaxien.



4) Das Kalorimetersystem
bestimmt die Teilchenenergie



5) Das Myonsystem
identifiziert die Myonen, die schwereren Geschwister der Elektronen, die in vielen Beauty-Quark-Zerfällen auftreten.



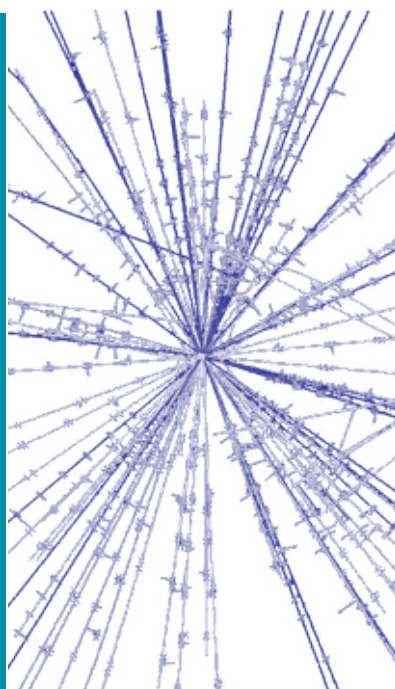
6) Der Dipolmagnet
krümmt die Flugbahn von geladenen Teilchen, was die Messung des Impulses und die Bestimmung der Ladung eines Teilchens ermöglicht.



Schnelle Entscheidungen

Im LHCb-Detektor kollidieren die Protonenstrahlen in jeder Sekunde etwa 10 Millionen Mal, aber nur 2000 dieser Kollisionsereignisse können abgespeichert werden. Mit Hilfe einer extrem schnellen Analyse einiger Schlüsselkomponenten des Detektors werden die interessantesten Ereignisse ausgewählt. Um die enorme Datenrate zu verarbeiten, muss diese Auswahl für jedes Ereignis innerhalb von vier Millionsteln einer Sekunde getroffen werden.

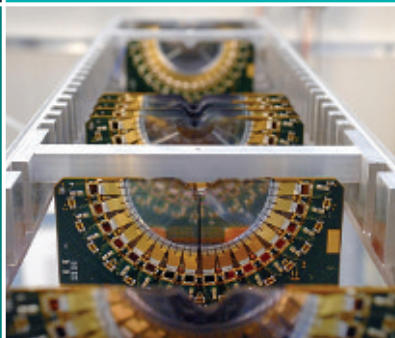
Eine weitere Herausforderung neben der Ereignisfilterung ist auch die abzuspeichernde Datenmenge, sie entspricht 300 CDs pro Stunde. Diese Datenmenge wird über ein Netzwerk auf über 100 Rechenzentren weltweit verteilt. Zehntausende Computer, die alle im so genannten Grid miteinander vernetzt sind, analysieren die Daten parallel.



Internationale Zusammenarbeit

LHCb ist eine internationale Kollaboration: Über 700 Wissenschaftler aus 50 verschiedenen Laboren und Universitäten in 15 Ländern forschen am LHCb-Experiment, unterstützt von vielen Hundert Technikern und Ingenieuren. Ein Großteil des Detektors wurde außerhalb von CERN entwickelt und gebaut.

Die VELO-Detektoren sind extrem empfindlich, trotzdem haben sie ihre 1300 Kilometer lange Reise quer durch Europa ohne Schaden überstanden.



Ebenso delikat ist der große Cerenkov-Detektor, der seine acht Kilometer lange Reise vom CERN-Gelände zum Experiment im Schneckentempo zurücklegen musste.



Der schwerste Teil des Detektors ist der 1600 Tonnen schwere Dipolmagnet, der in der Experimentierhalle tief unter der Erde zusammengebaut wurde.

CERN, die Europäische Organisation für Kernforschung, hat sich seit der Gründung im Jahr 1954 zu einem herausragenden Vorbild internationaler Zusammenarbeit entwickelt, und zählt heute 20 Mitgliedsstaaten. Nahe Genf, zu beiden Seiten der schweizerisch-französischen Grenze gelegen, ist es das größte Forschungszentrum für Teilchenphysik weltweit.

CERN
Europäische Organisation für Kernforschung
CH-1211 Genf 23

Mehr Informationen über das LHCb-Experiment und seine Entdeckungen finden Sie unter

<http://cern.ch/lhcb-public>

Kommunikationsgruppe, November 2009
CERN-Brochure-2009-007-Ger

Fotos: CERN Photo Service

