

Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin
Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung
Band: - (2003)
Heft: 57

Artikel: Eine Kathedrale für die kleinsten Teilchen
Autor: Dessibourg, Olivier
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-551371>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

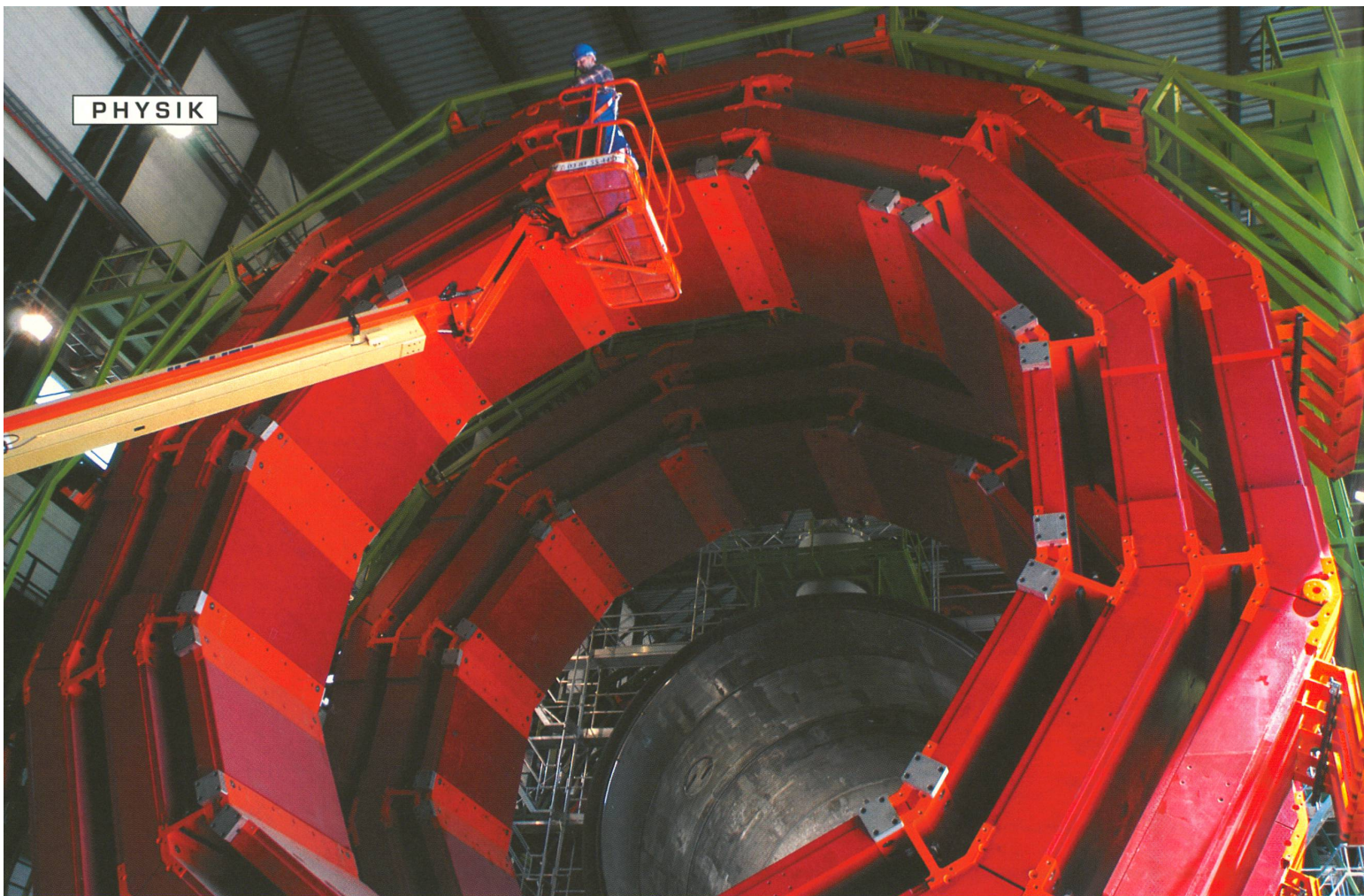
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Eine Kathedrale für die kleinsten Teilchen

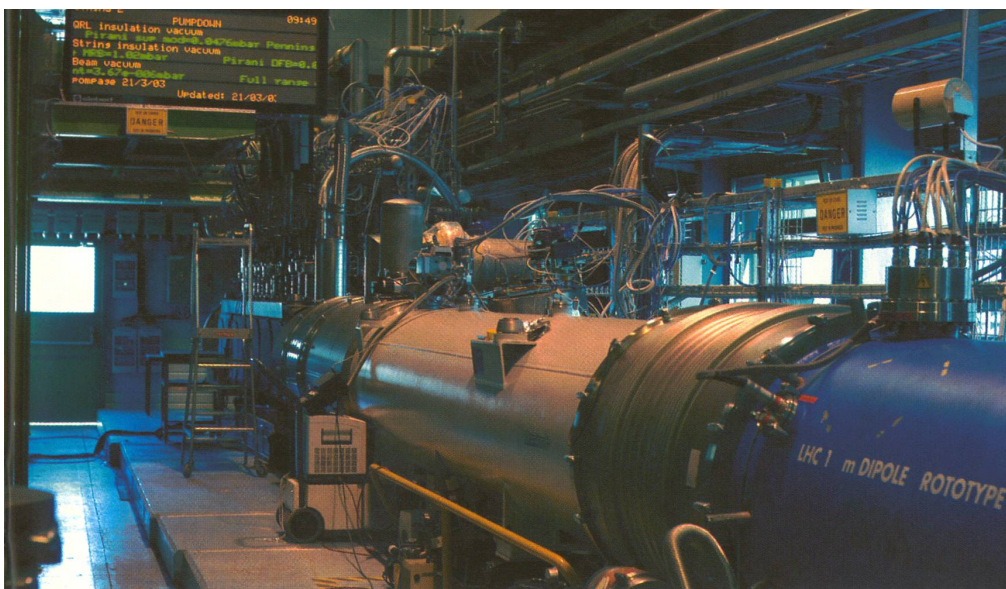
Eine immense Anlage, riesige Detektoren und Tausende von Forschenden auf der Jagd nach winzigen Teilchen.

Dies sind die Merkmale des ausgeklügeltsten Teilchenbeschleunigers aller Zeiten, der zurzeit in Genf entsteht.

Ein Besuch mit der Physikerin Susanna Cucciarelli.

VON OLIVIER DESSIBOURG
FOTOS ALDO ELLENA

Endlose Zahlenkolonnen, die wie die Kurse an der Börse über den Kontrollbildschirm flimmern. In einiger Entfernung blinkt das Symbol «Danger!» und betont die angespannte Atmosphäre in dieser Halle im europäischen Labor für Teilchenphysik (Cern), die bis unters Dach mit elektronischen Instrumenten und sich windenden Kabelbündeln gefüllt ist. Doch die Physikerin Susanna Cucciarelli scheint nicht beunruhigt, viel eher ist sie neugierig: «Ich sehe sie das erste Mal!» Ihre Aufmerksamkeit gilt den langen blauen Stahlrohren, dem zukünftigen Herzen des LHC (Large Hadron Collider). Dieser Teilchenbeschleuniger wird es der Wissenschaft ab 2007 ermöglichen, ungeklärte Phänomene des Universums zu erforschen.



Die Röhren des Teilchenbeschleunigers und ihr aufwendiges Kühlungssystem werden Stück für Stück getestet (links). Vier Detektoren, darunter der CMS (Bild ganz links), zeichnen die Spuren der Teilchenkollisionen auf.

Die Physikerin Susanna Cucciarelli entwickelt Programme, um die Folgen der Teilchenkollisionen zu analysieren.

Die Röhrenabschnitte werden in naher Zukunft zu einem Ring zusammengefügt werden, der in dem bereits früher benutzten 27 Kilometer langen Tunnelsystem in ungefähr 100 Meter Tiefe zu liegen kommt. Zuvor werden die Komponenten aber einzeln auf ihren Inhalt geprüft: supraleitende Magnete aus Niobium-Titan-Kabeln welche die fünf Zentimeter dicke Leitung umschliessen. In dieser werden die Teilchen ihre Bahnen ziehen. «Um die Leistungsfähigkeit der Magnete zu gewährleisten, müssen sie auf -271°C abgekühlt werden», führt die Forscherin aus und erklärt die revolutionäre Kältetechnik, bei der Stickstoff und flüssiges Helium in einem komplizierten Röhrensystem befördert werden. Deshalb die Warnsignale. Die Rolle dieser 1248 Magnete besteht darin, die Flugbahn der Teilchen zu lenken, die im Rohr mit einer enormen Energie beschleunigt werden (sie ist 70 Mal grösser als im Vorgänger des LHC). Dies ist ein Meisterwerk der Präzision, denn die Magnete dürfen höchstens um 0,01 Prozent voneinander abweichen!

Millionen von Kollisionen

Im Rohr werden Protonen in Paketen auf ihre Reise geschickt, die sich 40 Millionen Mal pro Sekunde kreuzen. «Bei jedem Aufeinandertreffen ereignen sich rund 20 Zusammenstösse zwischen zwei Protonen», fährt die Physikerin fort. Bei jeder dieser 800 Millionen Kollisionen pro Sekunde entstehen Tausende von Trümmern, unter anderem das mysteriöse Higgs-Boson (siehe Kasten). An den Spuren dieser kleinsten Teilchen, das heisst ihren Eigenschaften, sind die Physiker interessiert. Die Messdaten

würden Jahr für Jahr einen mehrere Kilometer hohen Turm von CD-ROMs füllen! «Wir können natürlich nicht alle Daten bearbeiten», erklärt Susanna Cucciarelli. Ihre Aufgabe ist es, Programme zu entwickeln, mit denen sich die Ereignisse analysieren und rekonstruieren lassen.

Weil diese Teilchen nur einen Milliardstel eines Stecknadelkopfs messen, braucht es ganz besondere «Lupen», um sie zu sehen: vier riesige, entlang dem Ring positionierte Detektoren. Einer davon, der CMS, ist 21,5 Meter lang, hat einen Durchmesser von 15 Metern und wiegt 12 500 Tonnen, so viel wie der Eiffelturm! Rund 1940 Wissenschaftler von 150 Instituten aus 36 Ländern beteiligten sich an seiner Entwicklung. Gegenwärtig wird der CMS in einer Halle zusammengesetzt, in der die Lifte widerhallen, so gross ist sie. Die farbige Maschine sieht aus wie ein Spielzeug und gleicht einer Babuschka: Verschiedene zylindrische Schichten, die wie Ziegel um den Kollisionspunkt angeordnet und mit Detektoren gespickt sind, sollen die Teilchen stoppen und ihre Spuren aufzeichnen.

Dieses «Metallmonster» ist denn auch ein wahres technologisches Bijou. «Bei der Anpassung der einzelnen Bauteile muss millimetergenau gearbeitet werden», erklärt Susanna Cucciarelli. «Zudem waren zu Beginn des Projekts 1996 die sich abzeichnenden technologischen und elektronischen Entwicklungen zu berücksichtigen», fährt sie fort und zeigt einige Bündel der Tausende von Kilometern Kabel, die den Detektor wie Nervenbahnen durchziehen werden. Das zusammengebaute «Monster» wird dann als Ganzes durch



einen Schacht in seine Höhle in 100 Metern Tiefe hinabgelassen.

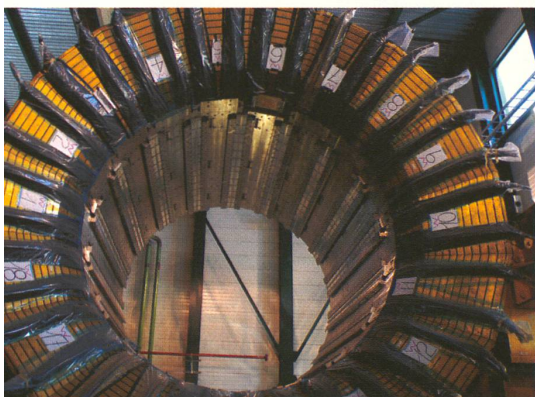
Der Detektor der «Konkurrenz» – sie verfolgt die gleichen wissenschaftlichen Ziele mit unterschiedlichen Konzepten – wird an die gegenüberliegende Seite des Rings zu liegen kommen und weit schwieriger zu bändigen sein. Der Atlas-Detektor ist weniger kompakt als der CMS und wird deshalb zuerst demontiert und am Bestimmungsort in der Tiefe wieder aufgebaut werden. Die dafür vorgesehene Höhle ist 35 Meter hoch, riecht immer noch nach frischem Beton, hallt wie eine Kathedrale – und hat die Architekten einigen Einfallsreichtum gekostet: Zuerst musste das Gewölbe gesichert werden, bevor die insgesamt 450 000 Tonnen Molasse in 93 Metern Tiefe ausgehoben werden konnten.

«Heute ist ein besonderer Tag, da uns die verantwortlichen Ingenieure die Schlüssel übergeben werden», erklärt Marzio Nessi, technischer Koordinator des Projekts. Nun müssen die Einzelteile des 7000 Tonnen schweren «Puzzles», die zum Teil nur knapp durch die Zugangsschächte passen, nur noch in die Tiefe gebracht und dort zusammenge-

Der Teilchenbeschleuniger LHC wird wie ein riesiges Puzzle zusammengesetzt: das Herz des Detektors CMS, ein Röhrenabschnitt des LHC, in dem die Teilchen zirkulieren, Magnete des Detektors Atlas (von oben nach unten).

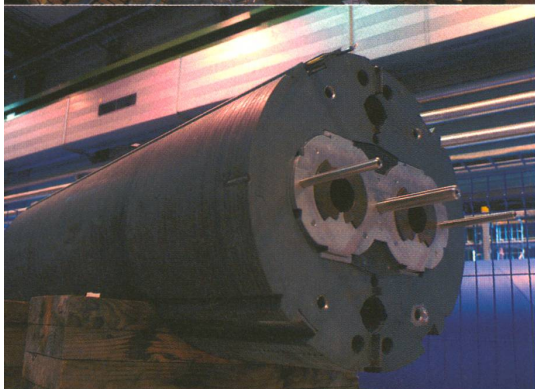


Durch Zugangsschächte wie diesen werden die Einzelteile des Detektors Atlas in die Tiefe gebracht.



fügt werden. Begonnen wurde damit letzten Monat. Etwas Kopfzerbrechen bereitet allerdings die Tatsache, dass die Einzelstücke nach der Montage nicht mehr an die Oberfläche gebracht und repariert werden können. Deshalb wurde alles gewissenhaft getestet und nochmals getestet. Weiter oben in der Montagehalle reinigt ein Mann mit

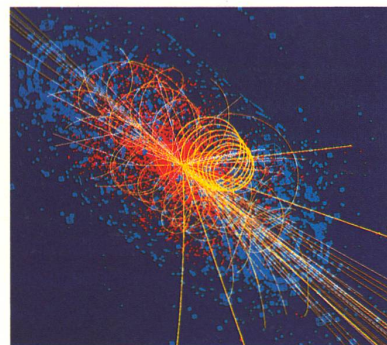
einem Staubsauger einen der acht riesigen Atlas-Magnete. Ihr Magnetfeld wird die Flugbahn der bei den Kollisionen entstandenen Teilchen lenken. «Das ist ein Forscher!», ruft Marzio Nesi. «Wenn einer dieser Magnete, die unter Vakuum stehen, aufgrund eines einzigen Staubkörnchens nicht richtig funktioniert, gerät der ganze Atlas-



VERSTECKSPIEL MIT EINEM BOSON

So gut versteckt, dass es noch nie gesehen wurde, ist das Higgs-Boson so etwas wie der Gral der Teilchenphysik. Es ist Teil des «Standardmodells», jener Theorie, die seit 30 Jahren die Funktionsweise des Universums, die Materieteilchen, aus denen es besteht, und deren Wechselwirkungen beschreibt. Die Beschreibung ist allerdings nicht ganz vollständig. Eines der ungelösten Rätsel betrifft die Masse: Weshalb weisen Elementarteilchen wie Elektronen oder Quarks eine Masse auf? Die Theorie schlägt vor, dass ein «Higgs-Feld» den gesamten Raum durchdringt und die Teilchen ihre Masse durch die Wechselwirkung mit diesem Feld erwerben, so wie sich ein Schwamm im Wasser vollsaugt und schwer wird (Peter Higgs war der schottische Physiker, der die Idee zusammen mit zwei belgischen Kollegen entwickelte). Neben diesem Feld sieht das Modell ausserdem ein virtuelles Teilchen – das sogenannte Higgs-Boson – vor, dessen Spuren im LHC verfolgt werden sollen. Dieses Teilchen könnte erklären, weshalb die

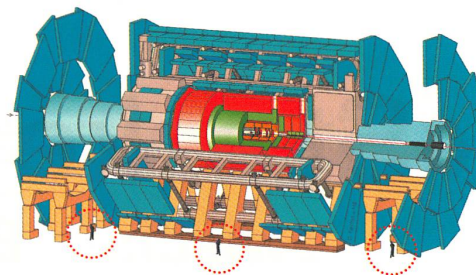
anderen Teilchen eine Masse haben. So könnte der LHC die Erklärung liefern, wo die 95 Prozent der geschätzten Masse des Universums nach dem Urknall verblieben sind. Vielleicht gelingt damit auch der Beweis der Supersymmetrie, der ultimativen Theorie, die alle Gesetze der Physik zu einem Ganzen zusammenfügt. Entdeckungen, die das bisherige Verständnis des Universums auf den Kopf stellen könnten.



Simulation einer Kollision von zwei Protonen.

Detektor ins Wanken!» Aber die Herausforderung ist nicht nur technischer Natur. Für die Montage von Atlas müssen rund 2000 verschiedene Aufgaben erfüllt werden. «Das ist auch sozial enorm anspruchsvoll», gibt der Forscher zu bedenken und weist darauf hin, dass bei diesem Projekt gleichzeitig 1800 Forschende aus 35 Ländern mitden-

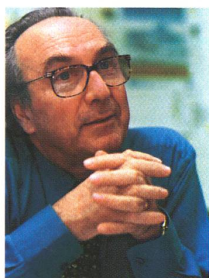
ken. Zu Füßen des Kolosses sitzt ein Physiker mit krausem, graumeliertem Haar auf einer Kiste und packt geduldig Dutzende elektronischer Komponenten aus. «Für viele Forschende, die hier seit Jahren arbeiten, ist dieses Projekt quasi ihr Lebenswerk», schliesst Nessi und zieht seinen weissen Baustellenhelm.



Neben dem Detektor Atlas erscheinen die Menschen winzig.

«Das Cern wird zum Mekka der Teilchenphysik»

VON OLIVIER DESSIBOURG
FOTO CERN



Die Hoffnung auf bahnbrechende Entdeckungen rechtfertigte die Kosten des neuen Teilchenbeschleunigers (LHC) von heute drei Milliarden Franken, sagt Luciano Maiani, Generaldirektor des Cern.

HORIZONTE: Wie lässt sich der LHC aus wissenschaftlicher Sicht begründen?

Luciano Maiani: Dieses Projekt ist ein wichtiger Schritt, um die Theorie des sogenannten Standardmodells zu prüfen. Eine Analogie: Sobald sich die Menschen bewusst wurden, dass die Erde rund ist und sie ihren Radius schätzen konnten, gewannen sie eine Vorstellung der Distanzen zu neuem Land, während sie bei der Annahme einer flachen Scheibe nie wussten, wie weit sie fahren konnten. Auch hier haben wir Vorstellungen darüber, was wir finden werden. Der LHC wurde aufgrund genauer Indizien zu den erforderlichen, bisher nicht erreichten Energieniveaus entworfen. Es ist also wahrscheinlich, dass man finden wird, was man sucht. Vielleicht aber auch mehr! Sicher ist nur, was wirklich überprüft ist.

Diese Neugier ist aber ziemlich kostspielig... Wenn man die Zahl der beteiligten Forschenden bedenkt, 6000 aus der ganzen

Welt, so sind die Kosten gar nicht so hoch. Ausserdem wurde recht häuslicherisch vorgegangen und ein Teil der bestehenden Infrastruktur wie der Tunnel, Injektorbeschleuniger, Forschungspersonal usw. genutzt. Bei einer vollständigen Neukonstruktion wären die Kosten zwei bis drei Mal höher. Vor allem aber ist es doch erfreulich, dass es noch Menschen gibt, die von einer einzigen Kraft getrieben werden: der Neugier. Schliesslich hat die Grundlagenforschung immer auch nützliche Nebeneffekte in Form verschiedenster Anwendungen wie des Internets, das am Cern entstanden ist.

Im letzten Jahr fehlten 880 Millionen des gesamten Anfangsbudgets von 2,6 Milliarden, was einen Stellenabbau befürchten liess. Wie steht es heute?

Die Kostenschätzung ist nun seit einem Jahr stabil, und wir gehen davon aus, dass sie auch langfristig gilt. Betreffend Stellen ist im vergangenen Jahr einiges falsch dargestellt worden. Der Stellenabbau war nämlich bereits in der Planung von 1996 vorgesehen. Es stimmt hingegen, dass wir Forschungstätigkeiten, die nicht im Zusammenhang mit dem LHC stehen, reduzieren mussten. Wir stellten den 20 Mitgliedsländern die Frage, ob sie bereit seien, ihre finanziellen Beiträge ans Cern zu erhöhen, um eine breite Palette von

Forschungstätigkeiten aufrechtzuerhalten. Ihre Antwort fiel negativ aus, die Kräfte sollten auf den LHC konzentriert werden. Das war eine rein politische Entscheidung.

Die Vereinigten Staaten sind am Projekt beteiligt. Ist die Konkurrenz mit den USA weggefallen?

Wegen der vom LHC erreichten Energieniveaus wird das Cern in den nächsten zehn Jahren sicher das Mekka der Teilchenphysik. Es gibt allerdings Bemühungen zum Bau eines weiteren – diesmal linearen – Beschleunigers, der möglicherweise in den USA stehen wird. Er nimmt aber frühestens 2015 den Betrieb auf.

Doch der Beschleuniger des Fermilab in Chicago, der wieder in Betrieb genommen wurde, könnte das berühmte Higgs-Boson vor dem Cern aufspüren. Wäre dann der LHC nicht in Frage gestellt?

Wegen der Anzahl Teilchenkollisionen, die nötig sind, um das Higgs-Boson eindeutig nachzuweisen, hat das Fermilab geringe Aussichten auf Erfolg. Und selbst wenn es ihm gelingen sollte, wird es für den LHC noch viel zu tun geben, denn der LHC bietet viel mehr Möglichkeiten. Dank den hohen Energiemengen, mit denen er funktioniert, wird er ein wirklich entscheidendes Werkzeug werden.