

amerikanische Teilchenphysiker zur großen Überraschung entdeckt, dass die CP-Symmetrie beim Zerfall der neutralen K-Mesonen verletzt ist, ohne dass die Theorie dafür eine Erklärung hatte. Nicola Cabibbo hatte 1963 das Konzept der Quarkmischung eingeführt, um den Zerfall der K-Mesonen über die schwache Wechselwirkung zu erklären, und postulierte dazu, dass der Eigenzustand der schwachen Wechselwirkung eine Linearkombination

der Quarks ist. Dieses Konzept verallgemeinerten 1973 Kobayashi und Maskawa auf drei Quarkfamilien (d. h. sechs Quarks) und zeigten, wie sich damit eine CP-Verletzung erklären lässt – dies war eine kühne Spekulation angesichts der Tatsache, dass zu diesem Zeitpunkt erst drei Quarks (u, d, s) bekannt waren. Seither wurden die damals fehlenden Quarks (c, b, t) entdeckt und die CP-Verletzung mit K- und B-Mesonen intensiv

untersucht.<sup>4)</sup> Insbesondere die in den letzten Jahren durchgeführten Experimente mit B-Mesonen an den Detektoren BaBar und Belle haben die Theorie der diesjährigen Nobellaureaten präzise bestätigt. Allerdings reicht die beobachtete CP-Verletzung nicht aus, um den Materieüberschuss im Universum zu erklären – dazu ist offenbar neue Physik jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik notwendig.

Stefan Jorda

<sup>4)</sup> vgl. K. Kleinknecht, Physik Journal, August/September 2008, S. 37 und A. Höcker und H. Lacker, ibid. Juli 2006, S. 33

## ■ Zeremonie trotz Zwangspause

Am 21. Oktober wurde der Large Hadron Collider am CERN offiziell eingeweiht.

Die Euphorie über den erfolgreichen Start des Large Hadron Collider (LHC) am CERN währte nur kurz: Wenige Tage nach der Inbetriebnahme am 10. September legte eine fehlerhafte Schweißverbindung den LHC auf Monate hinaus lahm. Entsprechend gedämpft war denn auch die Stimmung bei der offiziellen Einweihung am 21. Oktober, und der scheidende CERN-Generaldirektor Robert Aymar machte aus seiner „großen Enttäuschung“ keinen Hehl. Dennoch wollten sich die rund 2000 geladenen Gäste angesichts eines inzwischen identifizierten und eingegrenzten Defekts die Feierlaune nicht ganz vermiesen lassen. Das CERN und die Teilchenphysiker weltweit könnten stolz darauf sein, innerhalb einer 20-jährigen Planungs- und Bauzeit dieses „kühne Projekt“ realisiert zu haben, sagte Aymar bei dem Festakt. Zugleich bedankte er sich bei den hochrangigen Repräsentanten der 20 Mitgliedsstaaten für deren kontinuierliche Unterstützung der Grundlagenforschung.

Mit einem Anteil von 20 Prozent am CERN-Budget ist Deutschland der größte Beitragszahler. Bundesforschungsministerin Annette Schavan zeigte sich in ihrer Ansprache fasziniert von der Vorstellung, dass dieses „größte jemals durchgeführte Experiment“ Erkenntnisse liefern soll, die „unser Weltbild revolutionieren“ könnten.



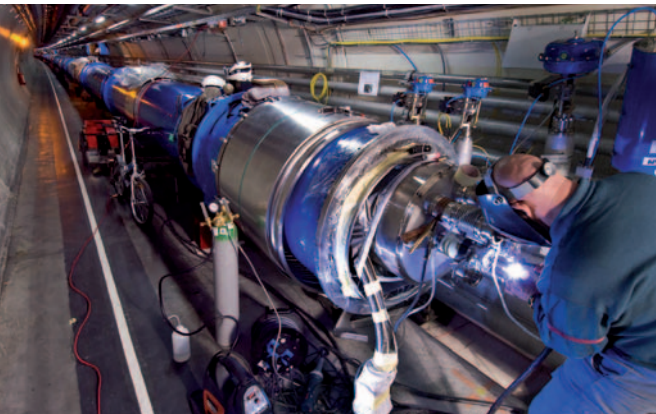
Zugleich freute sie sich über das öffentliche Interesse am CERN. Damit komme die Wissenschaft dort an, wohin sie gehöre: „in die Mitte der Gesellschaft – als Quelle unseres künftigen intellektuellen, kulturellen und ökonomischen Fortschritts und Wohlstands.“ Mehrere der Festredner betonten die besondere Rolle des LHC für Europa. Für Lyndon Evans, den Projektleiter, ist der LHC ein Modell für künftige internationale Kollaborationen, während der portugiesische Wissenschaftsminister Jose Mariano Gago, der selbst als Physiker jahrelang am CERN gearbeitet hat, im LHC sogar „eines der Wunder der modernen Welt“ und „ein Monument der menschlichen Zivilisation“ sieht.

Den großen Fragen nach dem Ursprung des Universums

näherten sich zum Abschluss der Zeremonie der Fotograf Frans Lanting und das Orchestre de la Suisse Romande auf künstlerische Weise: Mit dem eigens für diesen Anlass vorbereiteten audiovisuellen Konzert „Origins“, das die Musik von Philip Glass mit großformatigen Fotos des Weltraumteleskops Hubble, Abbildungen von Teilchenkollisionen („Events“) und grandiosen Naturfotografien verknüpft, entführten sie die Gäste auf eine faszinierende „Zeitreise vom Urknall bis heute.“<sup>5)</sup> Anschließend lud der italienische Koch Ettore Bocchia, der Erkenntnisse aus Physik und Chemie mit feinsten italienischer Küche verbindet, zu einem „Molekularen Buffet“, das auch dem Geschmackssinn überraschende Eigenschaften von Materie zugänglich machte.

Hochrangige Repräsentanten der am CERN engagierten Länder, darunter Bundesministerin Annette Schavan (vorne, 3. v. l.), stellten sich bei der LHC-Einweihung gemeinsam mit Generaldirektor Robert Aymar (6. v. l.) dem Fotografen zum „Familienfoto“.

<sup>5)</sup> Origins ist eine Adaption von „Life: A Journey Through Time“, vgl. www.lifethroughtime.com



CERN

Aufgrund einer fehlerhaften Schweißverbindung zwischen zwei Magneten sind umfangreiche Reparaturen am LHC notwendig.

### Kettenreaktion im Tunnel

Einige Tage zuvor hatte das CERN einen ersten Bericht über den am 19. September eingetretenen Defekt veröffentlicht.<sup>5)</sup> An diesem Tag sollten die supraleitenden Magnete in einem der acht jeweils 3,3 Kilometer langen Sektoren des Beschleunigers erstmals mit bis zu 9,3 kA betrieben werden, dem Strom, der einer Strahlenergie von 5,5 TeV entspricht. Dies war bei den anderen sieben Sektoren bereits vor dem 10. September geschehen. Kurz nach 11 Uhr trat bei einem Strom von 8,7 kA an einer fehlerhaften

elektrischen Verbindung zwischen zwei Magneten ein Spannungsabfall auf, der rasch anstieg. Innerhalb einer Sekunde entwickelte sich ein elektrischer Lichtbogen, der das Heliumgefäß durchschlug. Helium entwich zunächst in das Isolationsvakuum des Kryostaten, und nur Sekunden später waren bereits benachbarte Magnete beeinträchtigt. Da der Druck aufgrund des verdampfenden Heliums stark anstieg, öffneten sich mehrere Sicherheitsventile, wodurch sechs Tonnen Helium in den Tunnel entwichen. Dennoch waren die auftretenden Druckkräfte so groß, dass mehrere Magnete beschädigt oder sogar aus ihrer Verankerung gerissen wurden. Bis zu fünf Quadrupol- und 24 Dipolmagnete müssen nun aus dem Tunnel entfernt und repariert werden. Aufgrund einer „rußähnlichen Verunreinigung“ in den Strahlrohren, deren Ausmaß noch nicht genau bekannt ist, sind möglicherweise sogar noch mehr Magnete betroffen. Das CERN betonte, dass eine ausreichende Anzahl an Ersatzmagneten bereit steht. So ent-

täuschend der Stillstand des LHC auch sein mag, so lasse sich ein solcher Vorfall „an der Grenze des Wissens und der Technologie“ doch nicht a priori ausschließen, betonte Robert Aymar.

Ungeachtet dieses Schadens ging Anfang Oktober das weltweite LHC Computing Grid in Betrieb, das die Rechenleistung von über 140 Rechenzentren in 33 Ländern bündelt, um die jährlich erwartete Datenmenge von 15 Millionen Gigabyte zu speichern und zu analysieren. Diese „unerlässliche Säule des LHC-Projekts“ sei das Ergebnis einer „stillen Revolution“ im Supercomputing, sagte Jos Engelen, Chief Scientific Officer am CERN.

Statt am 21. Oktober, wie ursprünglich geplant, ist mit ersten Teilchenkollisionen und damit Daten nun nicht vor dem Frühjahr 2009 zu rechnen. Mit Rolf-Dieter Heuer wird dann 20 Jahre nach Herwig Schopper, in dessen Amtszeit die ersten Workshops zum LHC stattfanden, wieder ein Deutscher CERN-Generaldirektor sein.<sup>8)</sup>

Stefan Jorda

5) siehe [http://edms.cern.ch/file/973073/1/Report\\_on\\_080919\\_incident\\_at\\_LHC\\_2\\_2\\_.pdf](http://edms.cern.ch/file/973073/1/Report_on_080919_incident_at_LHC_2_2_.pdf)

8) vgl. Physik Journal, Oktober 2008, S. 20

## ■ Sieben auf einen Streich

Die aktualisierte Roadmap für die Astroteilchenphysik in Europa konkretisiert sieben Schlüsselprojekte.

Erst vor rund 20 Jahren wurde ein Grenzgebiet erschlossen, das viele unbekannte Wege durchsetzt. Zahlreiche dunkle Flecken zieren die Landkarte dieses „Drei-Länder-Ecks“, an dem sich Teilchenphysik, Kosmologie und Astronomie treffen. Genau hier ist die Astroteilchenphysik angesiedelt, um Licht in dieses bislang unerforschte Land zu bringen. Eine Straßenkarte, welche die sieben Hauptwege durch das Drei-Länder-Eck auszeichnet, soll europäischen Astroteilchenphysikern dabei den rechten Weg weisen.

Das Roadmap-Komitee der ApPEC (Astroparticle Physics European Coordination) hat auf einem Workshop in Brüssel die aktualisierte „Straßenkarte“ zur Astroteilchenphysik in Europa vorgelegt.<sup>#)</sup> Die Forscher selbst hatten sich eine solche Karte gewünscht,

um darin die vielversprechendsten Bereiche zu identifizieren und zu konkretisieren. „ASPERA,<sup>+)</sup> also das von ApPEC initiierte und von der EU finanzierte Projekt zur Vernetzung der europäischen Geldgeber, hat hierbei die Bühne aufgebaut, auf der die Forscher ihr Theaterstück – die Roadmap – aufführen konnten“, erläutert Thomas Berghöfer, der stellvertretende Koordinator von ASPERA. Inhaltlich haben die Geldgeber, in Deutschland sind das der Projektträger DESY und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), aber nicht interveniert. „Diese Roadmap wird allein von den Forschern getragen“, unterstreicht Berghöfer. Bereits vor rund eineinhalb Jahren war eine erste Fassung veröffentlicht worden.<sup>\*)</sup> Damals hatten die Forscher ihre wissenschaftlichen

Ziele formuliert und das Gebiet der Astroteilchenphysik auf die sieben wichtigsten Bereiche eingegrenzt, die sie genauer erkunden wollen.

„In der zweiten Phase haben sie sich Gedanken darüber gemacht, welche Geräte und Detektoren sie dazu benötigen, wie diese zu realisieren sind und welche Investitionen man braucht“, beschreibt Berghöfer den Fortschritt seit der letzten Fassung.

Sieben Forschungsprojekte sollen helfen, Schlüsselfragen des Universums zu klären:

- Das Cherenkov Telescope Array (CTA) zur Detektion hochenergetischer kosmischer Gammastrahlung. Die Standortfrage ist noch ungeklärt.
- Der Neutrinospektrometer KM3NeT im Mittelmeer. Dank Fördermitteln aus dem Siebten Rahmenprogramm der Europäischen Union ist die

#) [www.aspera-eu.org/images/stories/roadmap/aspera\\_roadmap.pdf](http://www.aspera-eu.org/images/stories/roadmap/aspera_roadmap.pdf)

+) s. [www.aspera-eu.org](http://www.aspera-eu.org)

\*) vgl. Physik Journal, März 2007, S. 6