

Gezielt kollidiert

Vor 50 Jahren gelangen die ersten Experimente mit kollidierenden Protonenstrahlen.



Am CERN kollidierten in den letzten 50 Jahren Hadronen in den Intersecting Storage Rings, im Super Proton Synchrotron sowie im Large Hadron Collider (von links nach rechts).

Am 27. Januar 1971 kollidierten weltweit erstmals zwei Protonenstrahlen in einem Hadronencollider:¹⁾ Die Intersecting Storage Rings am CERN läuteten damit eine neue Ära der experimentellen Teilchenphysik ein und wurden zum Vorläufer weiterer „Entdeckungsmaschinen“ wie dem Large Hadron Collider.²⁾ Das Konzept dieser Anlagen geht auf den Norweger Rolf Widerøe zurück, der bereits 1943 ausarbeitete, wie man die gesamte Energie zweier kollidierender Teilchenstrahlen nutzen könnte, um neue Teilchen zu erzeugen.

Umsetzen ließ sich Widerøes Vorschlag zunächst nicht, weil die Intensität der Protonenstrahlen nicht für nachweisbare Ereignisraten ausreichte. Ende der 1950er-Jahre entstanden daher zunächst Collider für Elektronen und Positronen, die sich leichter zu intensiven Strahlpaketen bündeln ließen. Am CERN konstituierte sich 1964 das European Committee for Future Accelerators, um zu diskutieren, ob ein Protonencollider oder ein Protonensynchrotron mit einem festen Target für neue Experimente entstehen sollte. Nach intensiven Beratungen genehmigte das CERN Council im Dezember 1965 den Bau

der Intersecting Storage Rings. Aber auch das Super Proton Synchrotron wurde später gebaut – und spielt noch heute eine wichtige Rolle als Vorbeschleuniger des Large Hadron Colliders.

Obwohl einige anerkannte Teilchenphysiker bezweifelten, dass sich ein Hadronencollider realisieren lässt, waren die Intersecting Storage Rings nach nur fünf Jahren Bauzeit einsatzbereit. Während ihrer 13-jährigen Laufzeit nutzten zahlreiche Kollaborationen die Schwerpunktsenergie von 63 GeV, um mit verschiedensten Detektoren Neuland in der Teilchenphysik zu betreten.³⁾ Die großen Entdeckungen gelangen aber während der 1970er-Jahre in den USA: der Nachweis des J/ψ -Mesons in Brookhaven und am SLAC sowie die Entdeckung des Y -Mesons am Fermilab.

Bei der Arbeit mit den Intersecting Storage Rings wurde 1972 erstmals das Schottky-Rauschen nachgewiesen, das die Grundlage des stochastischen Kühlens darstellt. Damit gelang es, die Intensität der Protonenstrahlen deutlich zu erhöhen – und auch Antiprotonenstrahlen mit diesen Dichten zu erzeugen. Durch den Umbau des Super Proton Synchrotron zum Protonen-Antiprotonen-Collider Sp \bar{p} S mit den beiden Hauptexperimenten UA1 und UA2 gelang es, die W- und Z-Bosonen 1983 direkt nachzuweisen. In den USA entstand mit dem Tevatron am Fermilab zu dieser Zeit das erste

große Synchrotron mit supraleitenden Magneten.

Die Idee eines supraleitenden Hadronencolliders verfolgten die USA mit dem Superconducting Super Collider und Europa mit dem Large Hadron Collider zunächst unabhängig voneinander. In den 1990er-Jahren zeichnete sich ab, dass nur eine solche Anlage weltweit finanzierbar wäre. Schließlich kreisten im LHC am 10. September 2008 erstmals Protonen. Auch die gleich darauffolgende einjährige Reparaturphase nach der Explosion eines Heliumtanks konnte nicht verhindern, dass der LHC mit seinen vier großen Experimenten ATLAS, CMS, ALICE und LHCb bis heute entscheidende Beiträge zur Teilchenphysik liefert – inklusive der Entdeckung des Higgs-Bosons 2012. Der Beschleuniger und die Detektoren basieren auf Erfahrungen, die zuvor weltweit an verschiedenen Anlagen gesammelt wurden.

Obwohl der LHC noch mindestens 15 Jahre lang in Betrieb sein wird, stellt sich in der Teilchenphysik aufgrund der langen Planungs- und Bauzeit schon heute die Frage, wohin die Reise geht. Im letzten Jahr hat das CERN Council zugestimmt, die technische und finanzielle Umsetzbarkeit eines Future Circular Colliders mit hundert Kilometern Umfang und einer Schwerpunktsenergie von 100 TeV auszuloten.

Kerstin Sonnabend

1) Physikalische Blätter, April 1971, S. 180

2) Physik Journal Dossier „Large Hadron Collider LHC“: www.pro-physik.de/dossiers/large-hadron-collider-lhc

3) Physikalische Blätter, Februar 1986, S. 45