

Proton Synchrotron

Wir befinden uns hier vor dem Proton Synchrotron, dem zweiten Synchrotron in der Kette der Vorbeschleuniger des Large Hadron Colliders. Die Protonen werden nämlich nicht allein vom LHC von Null auf 14 Teraelektronenvolt beschleunigt, sondern schrittweise mit mehreren Synchrotrons vorbeschleunigt. Nach dem LINAC2 kommt der Proton Synchrotron Booster mit einem Radius von 25 Metern, anschließend das Proton Synchrotron. Dieses ist schon deutlich größer als der Booster, der Radius beträgt 100 Meter.

Doch aus welchen Bauteilen besteht ein Synchrotron? Wie wir sehen, sind entlang der Bahn verschiedene Geräte hintereinander angeordnet. Welche Funktion haben diese?

Herzstück jedes Beschleunigers sind die Ablenkmagnete. Sie sind es, die die Teilchen auf eine Kreisbahn lenken. [Video Kreisbahn1] Damit entsprechen sie den großen Helmholtz-Spulen der Fadenstrahlröhre, deren Magnetfeld die Kreisbahn verursacht.

[live] Hier sehen wir zwei der Ablenkmagnete des Proton Synchrotrons. Zwischen diesen Ablenkmagneten, die die Teilchenbahn biegen, sind allerdings immer mal wieder Lücken, in denen die Protonen geradlinig fliegen. Dort stehen wichtige Geräte: zum einen muss der Strahl ins Synchrotron ein- und wieder ausgeschleust werden. Dies geschieht mit sogenannten „Kickermagneten“. Die Kickermagnete erzeugen für extrem kurze Zeiträume von 10^{-7} Sekunden ein Ablenkkfeld, das die Teilchenpakete einzeln auf die Kreisbahn kickt. Das geht natürlich nur mit ganz speziellen Materialien, normale Elektromagnete sind dafür viel zu langsam.

Jetzt haben wir die Protonen ins Synchrotron eingeschleust und mit Ablenkmagneten auf eine Kreisbahn gelenkt, schneller werden die Teilchen dadurch allerdings nicht. Um sie zu beschleunigen, baut man zwischen die Ablenkmagnete hin und wieder Beschleunigungsstrecken. Dort wird eine elektromagnetische Welle hoher Frequenz, vergleichbar einer Radiowelle, in einen ca. 1 Meter langen metallischen, gut leitenden Hohlraum eingespeist. Die Welle breitet sich im Rohr normalerweise mit Lichtgeschwindigkeit aus, wird aber mit einigen Blenden etwas abgebremst, so dass sie nur einen Tick schneller als die Teilchen ist, die wir beschleunigen wollen. Die Protonen fliegen ebenfalls durch den Hohlraum, so dass folgendes Phänomen auftritt:

Wie ein Surfer auf einer Wasserwelle „reitet“, werden die Teilchen Teilchen auf der Flanke der elektromagnetischen Welle beschleunigt. Ein positiver Berg der Senderwelle stößt die Protonen ab und treibt diese voran.

[live] Mit diesem Mechanismus werden die Protonen hier im Proton Synchrotron auf 25 Gigaelektronenvolt beschleunigt, 99,9 Prozent der Lichtgeschwindigkeit. Eine Beschleunigungsphase dauert 3,6 Sekunden, 3,6 Sekunden lang kreisen die Teilchen also in diesem Beschleuniger. Das Proton Synchrotron ist übrigens schon etwas älter: es wurde 1959 gebaut, ist also circa 50 Jahre alt, aber immer noch in Betrieb und als Vorbeschleuniger für den Large Hadron Collider unverzichtbar. Hier werden auch die Protonen neu aufgeteilt, und zwar in 72 Teilchenpakete mit einer Länge von 4 Nanosekunden und einem Abstand von 25 Nanosekunden.