

# Undersökning av en ny kompressionsmetod för hadronacceleratorer

Världens mest berömda partikelaccelerator är Large Hadron Collider (LHC) vid CERN i Genève, som används av fysiker världen över för att undersöka universums minsta beståndsdelar. När protoner kolliderar med hög energi kan stora detektorer användas för att se processer som bara sker på mikroskopiska skalor. Där fungerar inte fysikens lagar på det sätt vi är vana vid, och forskare vill förstå dessa fundamentala processer som bara sker i partikelacceleratorer och kosmiska strålar. Det räcker dock inte att nå höga energier för att göra nya upptäckter, det är också nödvändigt att ha god precision i sina mätningar. På grund av de otaliga interaktioner som sker i en kollision mellan protoner förekommer mycket brus som kan dölja de verkligt intressanta processerna. Av det skälet vill man gärna utföra liknande experiment med elektroner, som är punktformiga partiklar till skillnad från protoner. Elektroner är dock avsevärt lättare än protoner vilket gör dem svåra att accelerera till höga energier i en cirkulär accelerator eftersom de avger en stor mängd strålning när de böjs. För att råda bot på detta vore det möjligt att använda myoner, en tyngre "kusin" till elektronen, som av just detta skäl är en bra kandidat för experiment inom högenergifysik. Detta har sedan en tid lett till ett intresse för en *myon-kolliderare*. Det finns dock ett krus, myonerna har en halveringstid på 2.2  $\mu\text{s}$ , vilket gör det svårt att samla en tillräcklig mängd för att utföra sådana experiment.

För att kringgå detta problem måste oerhörda mängder myoner produceras samtidigt, så att de kan fångas in och accelereras innan de sönderfaller. Detta kan göras genom att beskjuta ett mål (ett stort block av exempelvis grafit) med en intensiv och väldigt kort protonstråle. Genom att accelerera protonerna i en linjäraccelerator och sedan komprimera protonbuntens kan behovet tillgodoses. Kompressionen sker genom att bygga en cirkulär accelerator där snabba protoner färdas en längre sträcka och hinns ikapp av de långsammare. Genom att variera protonernas energi utifrån deras position i strålen kan den således komprimeras. I vanliga fall kommer denna energi från ett kraftigt elektriskt fält i ringen, men till följd av den korta längden som ska uppnås måste det fältet vara oerhört starkt. För att ana hur starkt kan sägas att samma antal protoner som i den 27 km långa LHC ska komprimeras till en längd på 60 cm.

Denna utmaning görs desto värre av att protoner är positivt laddade partiklar som repellerar varandra. Det är alltså eftersträvänsvärt att finna en annan metod för denna kompression, och just en sådan har undersökts i detta projekt. Samma komprimerande accelerator används som ovan, men denna gång skapas energiskillnaden innan acceleratoren med ett fenomen som kallas *svävningar*. Två vågor med nästan samma frekvens samverkar nämligen och skapar en ny våg med en amplitud som varierar med frekvensskillnaden mellan de två vågorna. Samma koncept används för att stämma instrument, och även för AM-radio, men här appliceras den på det accelererande fältet i linjäracceleratoren. Protonbuntarna får på så vis olika energi beroende på deras position, och kan således komprimeras.

Denna idé utvecklades till en komplett metod inom detta projekt, från en enkel modell till en komplex simulation med miljontals partiklar. Särskilt studerades protonernas interaktion med varandra, alltså vilka effekter som uppstår när de repellerar varandra. Som följd av den höga intensiteten ledde dessa effekter till instabiliteter som slet sönder buntens innan den komprimerats. Således visades alltså att det inte är möjligt att använda denna metod till myon-kollideraren. Genom att minska antalet protoner per bunt visades dock att metoden kan vara användbar för exempelvis framtida neutrinoexperiment, där denna metod skulle minska storleken och energianvändningen på acceleratoren avsevärt.