

Hvad har vi lært af ”verdens største eksperiment” i CERN og hvad mangler vi endnu at erfare? Teoretisk fysiker ved Niels Bohr Institutet, Emil Bjerrum-Bohr, skriver om en opdagelsesrejse ind i partikelfysikken.

HIGGS-PARTIKLEN & NY FYSIK VED LHC

AF
N. EMIL J. BJERRUM-BOHR

NIELS BOHR INTERNATIONALE AKADEMI OG DISCOVERY CENTERET,
NIELS BOHR INSTITUTET

Den 10. september 2008 var en skelsættende begivenhed både for den teoretiske og den eksperimentelle forskning i partikel- og kernefysik. Her startede man for første gang det nyligt konstruerede eksperiment (Verdens største eksperiment!) kaldet ”the Large Hadron Collider” (LHC), ved det Europæiske Center for Kerne- og Partikelfysik (CERN). Ved LHC kollideres to stråler af kernepartikler (brintkerner, det vil sige protoner), i en 27 km lang ring, som er gravet 40-170 meter ned under jordoverfladen. De to stråler har en energitæthed og en intensitet, der er så kraftige, at det er muligt at afprøve nye muligheder for fysiske teorier og finde indtil nu ukendte partikler.

AFPRØVNING AF TEORIEN

Ved kollisionerne i LHC dannes der myriader af nye partikler, som vekselvirker på et utal af forskellige måder. Ved at følge de forskellige begivenheder (”events”), som sker ved kollisionerne, kan man observere, om Naturen opfører sig helt, som vi tror (det vil sige helt som teorien forudsiger), eller om der af og til

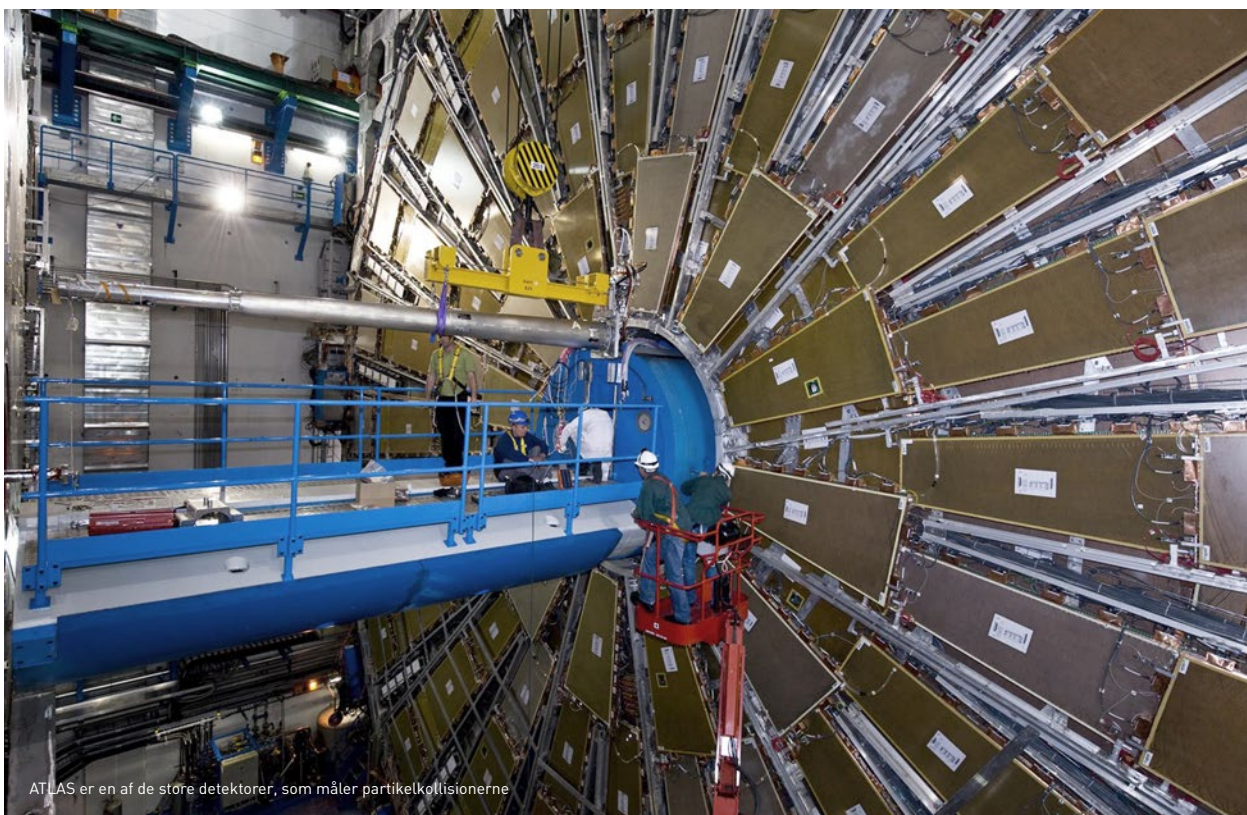
sker noget, som vi slet ikke forventer i forhold til vores teori. Grunden til, at LHC er så effektiv til at afprøve vores forståelse af naturen er, at antallet af kollisioner mange gange overgår alle tidligere eksperimenter, og at energiveauerne ved LHC er uset høje. Dermed får vi et langt bedre statistisk grundlag for at vurdere, om vi ser noget, som vi ikke forventer, og dermed øges mulighederne for konkludere, at vi har observeret ny fysik.

LHC acceleratoren har været under planlægning og opførelse i over tyve år, og den har krævet en enorm ingeniørindsats, mange ressourcer og nye teknologiske landvindinger på en lang række forskellige felter. Blandt andet skal de to protonstråler styres af et stort antal meget kraftige superledende magneter, hver med en styrke, som er tæt på grænsen for, hvad der overhovedet er teknologisk muligt. Hvert element af eksperimentet skal testes og korrigeres ned til mindste detalje med den størst mulige præcision, således at alle tekniske problemer og årsager til fejlmålinger er

Det Europæiske Center for Kerne- og Partikelfysik (CERN)



FOTO: DR. JAUS



ATLAS er en af de store detektorer, som måler partikkelkollisionerne

FOTO: CERN, MAXIMILIEN BRICE

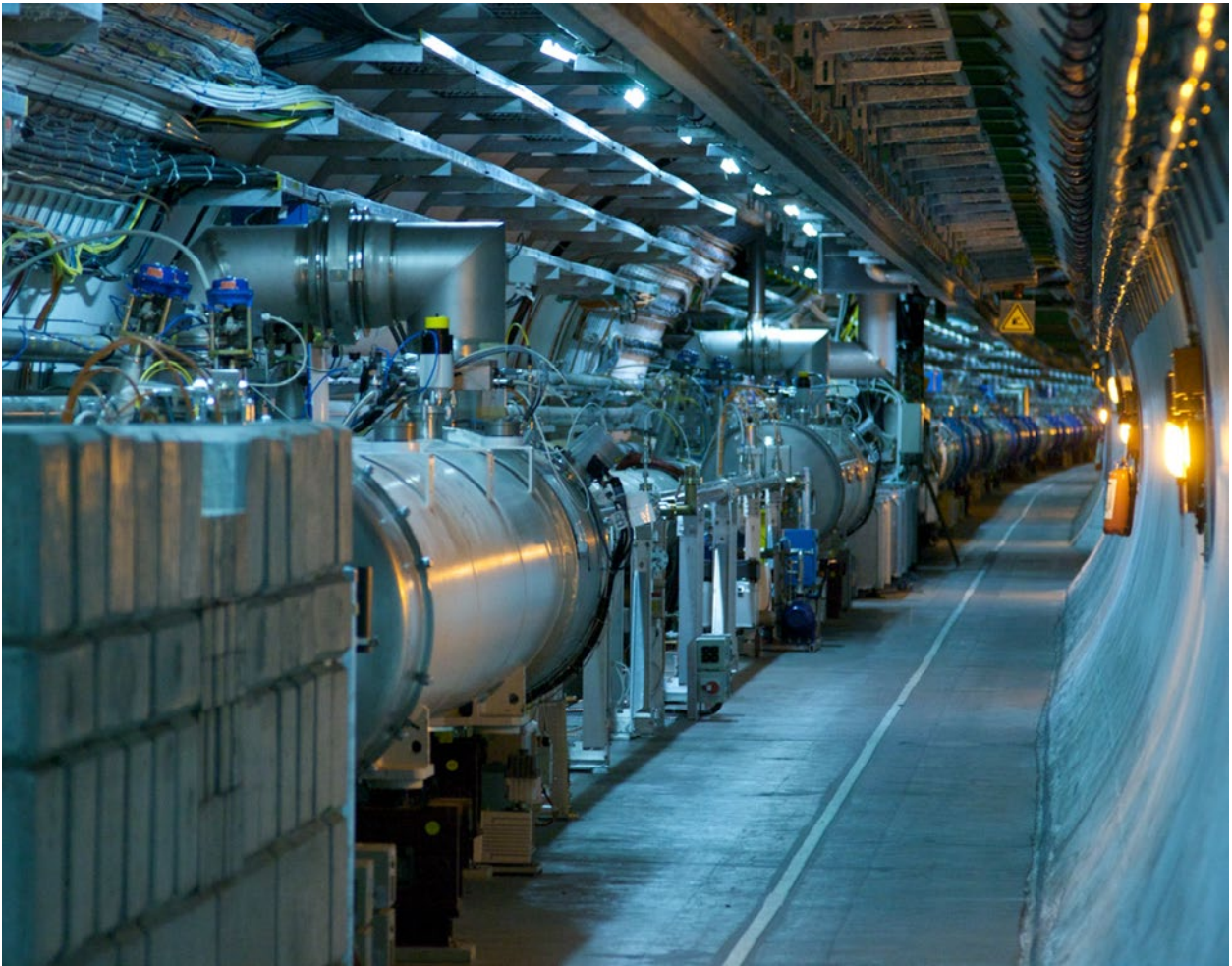


FOTO: MAMBOMANI

LHC tunnelen er 27 km. lang og befinder sig mellem 40 og 170 meter under jordens overflade.

under kontrol. Det er grunden til, at LHC har været så længe undervejs.

LHC involverer mange forskellige målestationer, blandt andet de store detektorer ATLAS og CMS, som uafhængigt af hinanden måler partikelkollisionerne på forskellig måde og som er konstrueret ved brug af forskellige principper. Her i København ved Discovery Centeret, på Niels Bohr Institutet har vores eksperimentelle grupper direkte adgang til de eksperimentelle data, som kommer fra detektorerne ATLAS og ALICE.

OPDAGELSEN AF EN NY PARTIKEL

Den 4. juli i år var den første store milepæl for LHC eksperimentet, da det blev bekræftet, at de to uafhængige eksperimenter ATLAS og CMS begge havde opdaget en ny partikel med en masse omkring 125 giga-elektron-Volt. Dette

svarer præcist til, hvad man ville forvente for en Higgs-partikel i Standardmodellen for partikelfysikken (ca. 130 gange massen af en proton med en masse på lige under 1 giga-elektron-Volt). Fundet af Higgs-signalet er kulminationen på flere årtiers forskning, som involverer mange banebrydende teoretiske og eksperimentelle arbejder, som er helt essentielle for den forståelse, vi har af fysik i dag.

LHC måler på den fysik, som sker i de inderste bestanddele af kernen. Alle atomkerner består af kerner, som er bygget op af protoner og neutroner, og inde i disse kernepartikler er der en yderligere struktur, som består af tre kvarker, der er holdt sammen af gluon-partikler (lim partikler). Vi har i dag en model, som beskriver fysikken i det område af fysikken kaldet Standardmodellen. Standardmodellen er en forening af de tre fundamentale hovedkræfter i fysikken;

Fundet af Higgs-signalet er kulminationen på flere årtiers forskning, som involverer mange banebrydende teoretiske og eksperimentelle arbejder

elektromagnetismen, og de svage og stærke kernekrafter. Standardmodellen er udviklet i en kombination af forskellige teoretiske landvinninger inden for kvanteteorier, som løbende er kombineret med og afpasset de forskellige eksperimentelle observationer af partikler og kræfter, efterhånden som vores forståelse af dette område af fysikken er vokset.

STANDARDMODELLEN

Den første byggesten til Standardmodellen var Sheldon Glashows kombination af elektromagnetiske og svage vekselvirkninger. Et arbejde, som han i øvrigt skrev, mens han var ved Niels Bohr Institutet i København i 1950'erne. Senere fulgte Steven Weinberg og Abdus Salam arbejdet op med at inkorporere Higgs-mekanismen fra Peter Higgs artikel ind i en samlet formalisme for de tre fundamentale hovedkræfter. Sheldon Glashow, Abdus Salam og Steven Weinberg delte nobelprisen i 1979. Hermed var den teoretiske baggrund for Standardmodellen skabt og med dens mange forudsigelser af forskellige partikler, som løbende er blevet fundet i forskellige eksperimenter, "bottom"-kvarken (1977), W og Z partiklerne (1983-84), "top"-kvarken (1995), tau neutrinoen (2000), må man konkludere, at det er en uovertruffen succesfuld teori. Dog manglede en eksperimentel bekræftelse af Higgs-partiklen for endeligt at kunne sige, at teorien var fuldstændig.

Det har dog med hensyn til Higgs-partiklen, siden Standardmodellens skabelse, stået klart, at den ville være den vanskeligste partikel at finde eksperimentelt, især fordi den nødvendigvis ville have en relativt høj masse i forhold til de andre partikler, og fordi den kun meget minimalt vekselvirker med andre partikler.

Selvom vi nu kan fejre Standardmodellens mange succeser, er det dog også klart, at

modellen har mangler, og derfor kræver nogle udvidelser og ændringer. De største problemer kommer fra kosmologien, som blandt andet kræver nye partikelkandidater for mørkt stof. Disse er essentielle for teoretisk at kunne forklare universets udvidelse fra Big Bang til nu, og er bekræftet af observationer. Eksistensen af det mørke stof kan dog forklares, hvis man antager, at alle partikler i Standardmodellen har en ekstra symmetri kaldet super-symmetri, hvorved alle partikler får en partnerpartikel, en såkaldt superpartner, og det er mulige kandidater for eksempelvis det mørke stof. Ved energier, som dem vi normalt oplever her på Jorden, er de super-symmetriske egenskaber af partiklerne brudte og symmetrien genskabes kun ved tilpas høje energier.

IKKE ALT ER, SOM VI FORVENTER

Der er også andre problemer af en mere teoretisk karakter. Kvantemekanikken, som Standardmodellen er en del af, er ikke direkte forenelig med den almene relativitetsteori, og det gør, at en formulering af en kvantemekanisk teori for tyngdekraften hurtigt løber ind i mange fundamentale problemer, for eksempel i forhold til vores forståelse af rum og tid.

Strengteorien giver på mange måder mening som en teori, der forener tyngdekraften og som samtidig har mulighed for at matche Standardmodellen ved tilpas lave energiniveauer. Det første tegn på en sådan forenende teori ville også her være en supersymmetrisk udvidelse af Standardmodellen.

En forhåbning er, at LHC vil finde bare en eller to sådanne superpartikler, og det er bestemt ikke umuligt givet de energiniveauer, som LHC er konstrueret til at operere ved. Men det er set før i fysikken, at ikke alt er, som vi forventer. Vi må vente i spænding, og se hvad det næste er, som eksperimenterne fortæller os!