

ALEPH – et avanceret ‘partikelkamera’

I udstillingen *Det nysgerrige menneske* på Steno Museet kan man se det danske bidrag til ALEPH-detektoren, som blev brugt på CERN i årene 1989-2000. Den er et eksempel på de enorme detektorer, som partikelfysikere bruger til at studere de allermindste partikler. Detektorerne er komplicerede måleinstrumenter, hvis opbygning og virkemåde kan være svær at forstå. Men her er et forsøg på en forklaring.

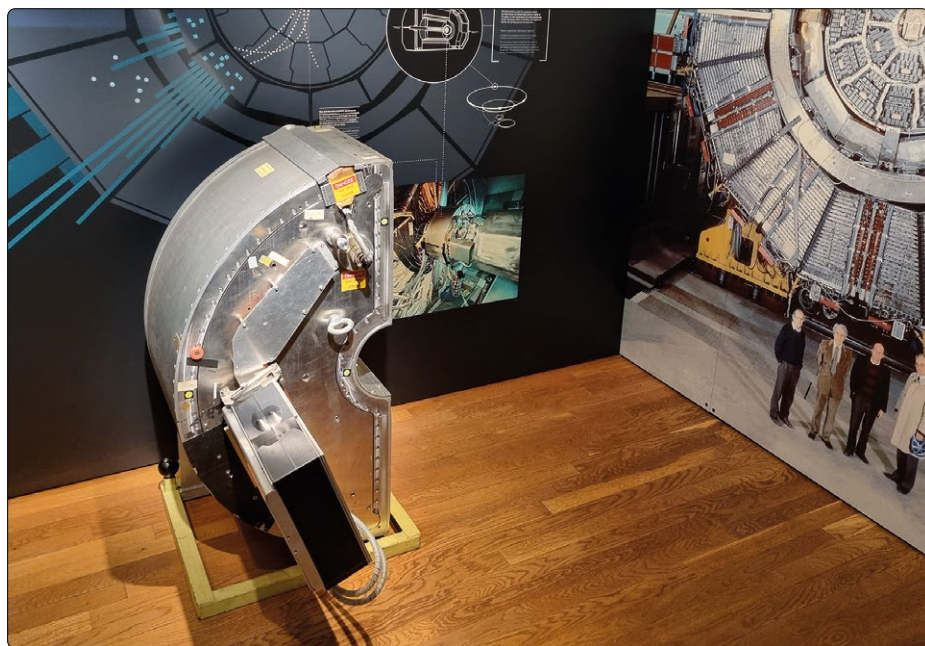
Når fysikere vil undersøge stoffets grundlæggende bestanddele – elementarpartiklerne – benytter de kæmpestore detektorer, som er det rene sammenskudsgilde.

Dels fordi de består af mange forskellige dele, som kan registrere hver sin type af partikler, dels fordi et anseeligt antal universiteter fra hele verden bidrager med for-

skellige dele til detektorerne. I gruppen bag ALEPH-detektoren var der f.eks. mange hundrede fysikere og ingeniører m.v. fra over 30 forskningsinstitutioner.

Little Big Bang

Mange af de elementarpartikler, som fysikerne ønsker at studere, eksisterer kun i ekstremt kort tid, inden de henfalder til andre partikler. Derfor må de til stadighed



I udstillingen *Det nysgerrige menneske* kan man se et af de detektormoduler, som Niels Bohr Institutet bidrog med til ALEPH-detektoren. Der var i alt fire moduler, som var placeret parvis i hver sin ende af detektoren. Hvert modul havde en diameter på ca. 1 m og en tykkelse på 45 cm. Foto: Hans Buhl.

skabes ved – populært sagt – at lave miniudgaver af Big Bang. Det gør fysikerne ved at accelerere elektroner eller protoner til næsten lysets hastighed i kilometerlange accelerators og derefter smadre dem imod hinanden. I disse sammenstød bliver de indgående partiklers bevægelsesenergi omdannet til nye elementarpartikler, som sprøjter ud i alle retninger. (Se “LEP – verdens hurtigste accelerator”, *Stenomusen* 84, 7-12)

Hovedparten af disse er eksotiske partikler, som de

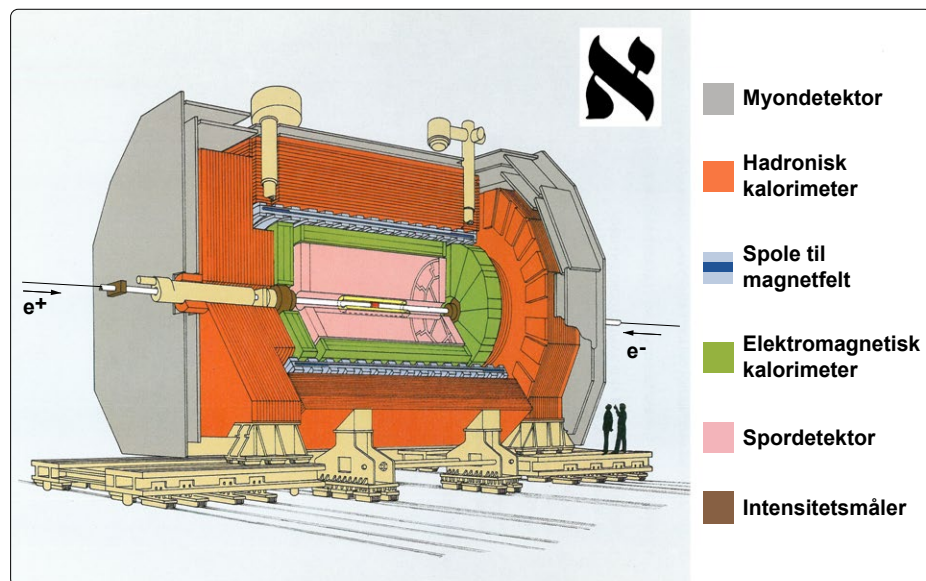
færreste nogensinde har hørt om. Det er heldigvis heller ikke nødvendigt at kende til dem for at forstå det følgende. Pointen er, at partiklerne har vidt forskellige egenskaber og derfor må detekteres på forskellige måder.

Sådan ‘ser’ man partiklerne

For at kunne registrere de dannede partikler bygger man en detektor, som fuldstændigt omslutter sammenstødsstedet. Den er opbygget i en løgstruktur med for-

skellige typer af detektorkomponenter inden i hinanden. (Se “Om at se det usynlige”, *Stenomusen* 85, 6-12)

Ved at lade computere registrere præcis, hvor partiklerne har påvirket de forskellige detektorkomponenter, er det muligt at danne sig et billede af, hvordan partiklerne har bevæget sig i detektoren. Derudfra kan fysikerne rekonstruere, hvad der skete i sammenstødet, og på den måde lære mere om partiklernes egenskaber.



ALEPH-detektoren var opbygget af forskellige detektorkomponenter inden i hinanden. Den samlede detektor var ca. 9,5 m i diameter og 10 m lang. Navnet ALEPH er en forkortelse for Apparatus for LEP PHysics, hvor LEP stod for Large Electron-Positron Collider. Kilde: The ALEPH Handbook, 1989.

Spørgsmål

Den inderste komponent af sådan en detektor er en spordetektor, som kan registrere ladede partiklers baner. Neutrale partikler som neutroner eller fotoner kan ikke 'ses' af denne detektor.

Ved at skabe et kraftigt magnetfelt i detektoren kan man få de ladede partiklers bane til at krumme – jo mere, desto lettere de er. Dermed kan man indirekte måle

partiklernes ladning og masse, hvilket kan bruges til at identificere dem.

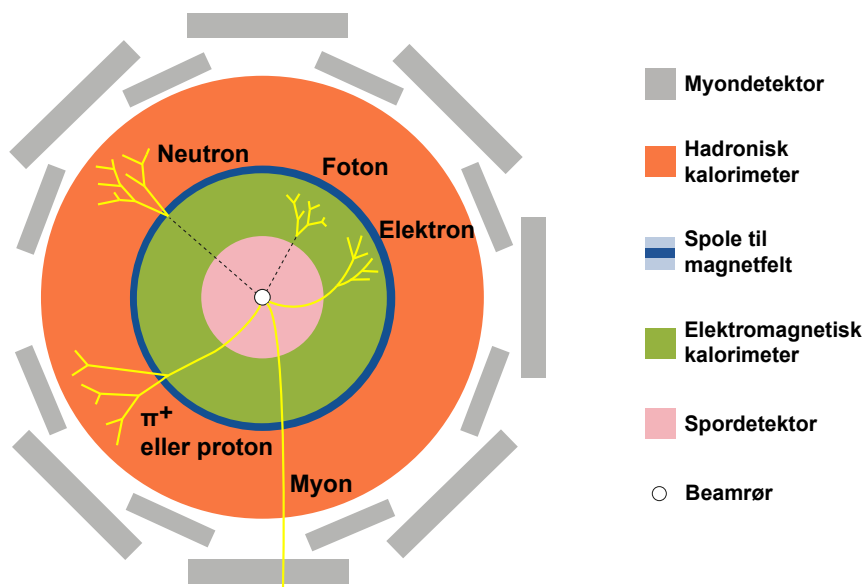
Energimåling

De næste to lag er såkaldte kalorimetre, som måler de dannede partiklers energi.

Det inderste er et elektromagnetisk kalorimeter, som er særligt følsomt for partikler, som vekselvirker ved hjælp af elektromagnetiske kræfter. Det yderste kalori-

meter er derimod designet til at registrere partikler, der vekselvirker via den stærke kernekraft. Da de samlet betegnes hadroner, kaldes det et hadronisk kalorimeter.

Begge typer kalorimetre virker efter det samme grundlæggende princip: Man bremser partiklerne ned i metalplader, hvilket giver anledning til en lavine af sekundære partikler. I



Skitsen viser, hvordan forskellige typer af partikler registreres af en moderne partikeldetektor. Neutrale fotoner 'ses' ikke af spordetektoren, men giver signal i det elektromagnetiske kalorimeter. Elektroner giver signal i både spordetektoren og det elektromagnetiske kalorimeter. Myoner går igennem det hele og giver som de eneste signal i alle detektorkomponenter. Protoner og alle andre ladede partikler, der består af kvarker, kan ses i både spordetektoren og det elektromagnetiske kalorimeter, men de registreres især af det hadroniske kalorimeter. Derimod registreres neutrale partikler af kvarker, f.eks. neutroner, udelukkende af det hadroniske kalorimeter. Ud fra disse karakteristiske signaler kan fysikerne kende forskel på de forskellige partikler, der dannes i kollisionerne. Grafik: Knud Erik Sørensen.

ALEPH benyttede man blyplader i det elektromagnetiske kalorimeter, mens det hadroniske var opbygget af jernplader. Da neutrale partikler, f.eks. neutroner, også kan skabe laviner, giver de signal i kalorimetrene, selv om de er usynlige for spordetektoren.

Mellem metalpladerne er der lag af strålingsdetektorer, hvor de sekundære partikler afsætter en del af deres energi. Ved at måle den samlede energi, der bliver afsat i detektorlagene, kan man beregne den oprindelige partikels energi. Da man netop er interesseret i at finde den samlede energi, laver man så mange lag, at selv de mest energirige partikler bliver stoppet. Det er især derfor, denne type partikeldetektorer bliver så store.

Da kalorimetrene er sammensat af hundredtusindvis af sektioner, kan man også relativt præcist måle, hvor i detektoren energien er afsat.

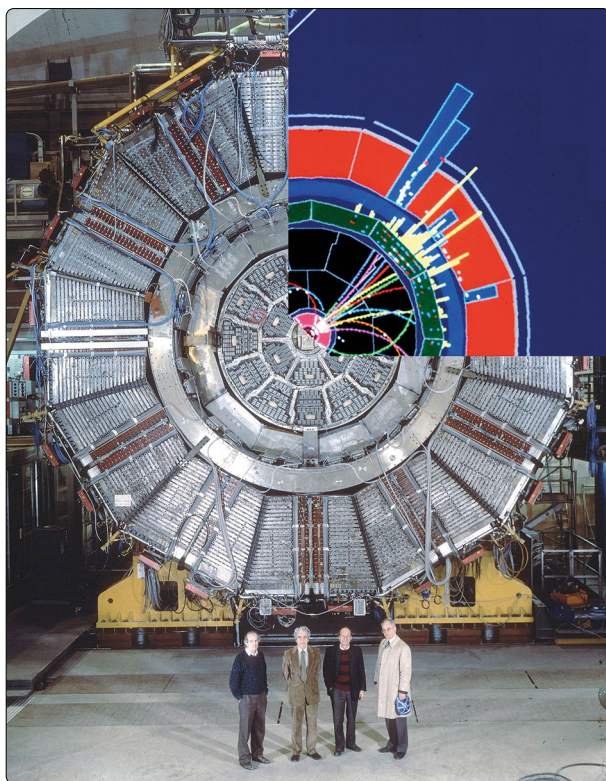
De ustoppelige og de usynlige

Det optimale ville være at stoppe alle partikler i kalorimetret, så man har fuldt overblik over, hvilke partikler der er blevet dannet. Men myoner går lige igennem, så

derfor er der alleryderst endu et detektorlag. Hvis der kommer signal fra det, ved man, at det var frembragt af en myon.

De meget lette neutrinoer giver slet intet signal i detektoren. Det skyldes, at de vekselvirker så svagt med almindeligt stof, at de f.eks.

kan gå gennem Jorden uden at "mærke" den. Men takket være den præcise energimåling i detektoren kan man alligevel se, om der har været en neutrino. Princippet om energibevarelse gælder nemlig også i partikelsammenstød. Så hvis der er afsat en masse energi i én ret-



Selv en stor fysiker som nobelpristageren Jack Steinberger (nr. to fra venstre) blev lille foran den enorme ALEPH-detektor. Han var talsmand for ALEPH-gruppen. Det indsatte billede viser, hvordan målingen af partiklers vej gennem detektoren kunne vises på en computerskærm. Foto: CERN.

ning i detektoren, men intet i den modsatte retning, kan man regne ud, at den "manglende" energi er båret væk i form af en eller flere neutrino(er).

Intensitetsmåler

Niels Bohr Institutets del af ALEPH-detektoren, som kan ses i udstillingen, er et særligt elektromagnetisk kalorimeter, som blev brugt til at måle intensiteten af elektronstrålerne i LEP-acceleratorerne. Det blev kaldt LCAL for *luminosity calorimeter*. Intensiteten var

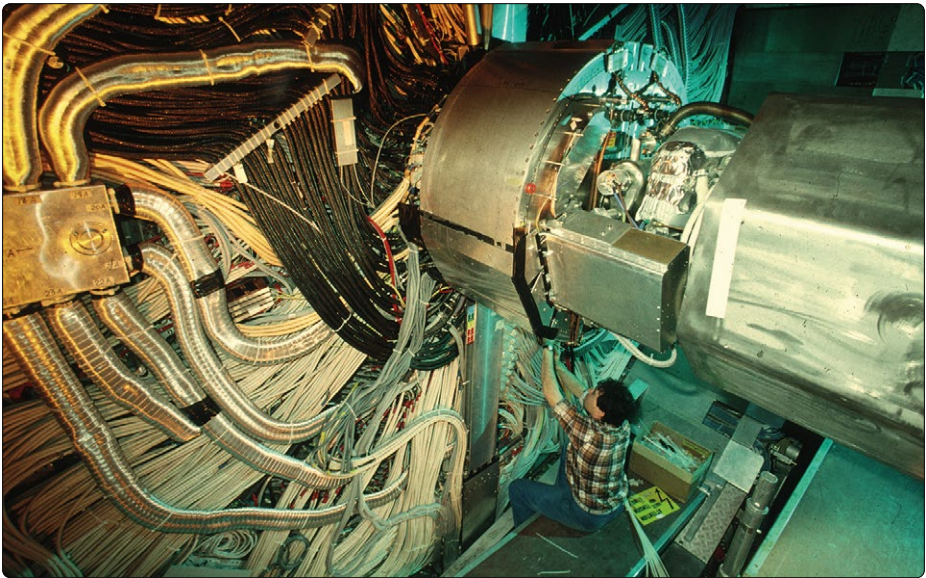
meget vigtig at kende for at kunne afstemme alle de andre målinger i detektoren. Så selv om den danske del ikke "kikkede" efter nydannede partikler, var den helt essentiel for, at alle de andre målinger kunne bruges til noget.

Man kunne udregne intensiteten af de modsattede elektronstråler ved at måle, hvor mange elektroner der blev afbøjet med ganske små vinkler. Derfor var det danske kalorimeter anbragt helt tæt omkring beamrøret i hver ende af detektoren.

ALEPH's betydning

ALEPH-detektoren blev designet og bygget i 1980'erne og var i brug fra 1989 til 2000. I den periode registrerede den millioner af partikelsammenstød. Herved blev det bl.a. muligt at foretage en meget præcis måling af Z- og W-partiklernes masse, hvilket var vigtigt for at kunne fintune de grundlæggende teorier for elementarpartikler.

ALEPH var også med til at vise, at der findes tre og kun tre slags neutrinoer, hvilket ligeledes var af stor



Intensitetsmåleren LCAL fra Niels Bohr Institutet på sin oprindelige, trange plads i ALEPH-detektoren. Det var sin sag at få plads til kabler til strømforsyning og dataudlæsning såvel som rør og slanger til gasserne i detektoren. Foto: CERN.

betydning for vores forståelse af elementarpartiklernes mikroverden. Alt i alt har resultaterne fra ALEPH-detektoren givet anledning til op mod 400 videnskabelige artikler og endnu flere konferenceindlæg og specialer m.v.

I slutningen af ALEPH's funktionsperiode registrerede den signaler, som måske kunne stamme fra den såkaldte Higgs-partikel, hvis

eksistens var forudsagt teoretisk. Man overvejede endda at lade LEP-acceleratoren køre lidt længere end planlagt for at undersøge dette nærmere. Men den blev alligevel lukket ned i efteråret 2000 for at give plads til LHC-acceleratoren, som kunne skabe sammenstød med langt mere energi. Derved lykkedes det i 2012 at skabe Higgs-partikler, som blev påvist ved hjælp

af detektorer, som var opbygget på samme måde som ALEPH, blot endnu større.

På det tidspunkt var det danske bidrag til ALEPH-detektoren for længst kommet på museum i Aarhus. Så nu kan det anskueliggøre, hvordan forskernes nysgerrighed kræver samarbejde og avancerede redskaber for at blive stillet.

Hans Buhl

25 års jubilæum



Steno Museet

3. november kl. 13:13 · 🌐

25 udstillinger på 25 år 🇩🇰🇩🇰🇩🇰 Tillykke til allestedsnærværende udstillings- og værkstedsmand Niels Dynæs, som i dag har været ansat 25 år på Steno Museet. Niels vurderer, at han nok har været med til at bygge 25 udstillinger gennem årene plus det løse. Ud fra før og efter billederne kan man konkludere, at middelalderuret måske har fået en smule mere patina siden da ... 😊



👍❤️ 89

9 kommentarer 6 delinger

👍 Synes godt om

💬 Kommenter

🔗 Del