



# CERN: 70 jaar zoeken en ontdekken

Deeltjeslab CERN in Genève is al sinds 1954 een bron van ontdekkingen, maar ook een magneet voor onderzoekers.



Jos Engelen, oud-directeur van Nikhef en voormalig onderzoeksdirecteur van CERN, bekijkt het lijstje dat Wikipedia heeft gemaakt van de historische prestaties van het lab in Genève. De ontdekking van het higgsdeeltje. De ontdekking van de W- en Z-bosonen. Antiwaterstof. CP-symmetrieschending. Eerste quarkgluonplasma. *Neutral currents*. En het *World Wide Web* natuurlijk ook.

Een mooie succesreeks, vol spannende natuurkunde, die reikt van de jaren vijftig van de vorige eeuw tot de dag van vandaag. 'Maar toch ook wel een beetje eenzijdig. Het CERN-werk draait niet alleen om doorbraken, maar ook om aanscherpingen en verfijningen van wat we al weten en technisch kunnen. Maar wat je vooral niet aan het lijstje ziet, is hoe het bestaan van CERN de deeltjesfysica zelf reusachtig heeft gestimuleerd.'

'Zeker ook voor Nederland', zegt Engelen. 'Wij hebben ons dankzij CERN als klein land kunnen ontwikkelen tot een land dat ertoe doet in de deeltjesfysica. Kijk naar de huidige research-agenda van

Nikhef, die tegelijk breed en ijzersterk is, van LHC tot astrodeeltjes en zwaartekrachtsgolven.'

CERN, de *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*, werd in 1954 opgericht, onder meer door Nederland, voor de wederopbouw van de Europese wetenschap na de oorlog en als een centrum voor vreedzame samenwerking. Internationale samenwerking staat van meet af aan hoog in het vaandel, en blijft zelfs tijdens de Koude Oorlog bestaan, terwijl oost en west elders lijnrecht tegenover elkaar staan.

#### Verdiensten

Jos Engelen was van 2004 tot 2008 onderzoeksdirecteur van CERN en plaatsvervangend directeur-generaal. Als geen ander weet hij wat de wetenschappelijke verdiensten van 70 jaar CERN zijn, en met name ook wat daarbij de Nederlandse invalshoeken waren.

Engelen: 'Ik liep als jonge student in Nijmegen college bij Van de Walle. Hij vertelde over de sterke kernkracht en zei

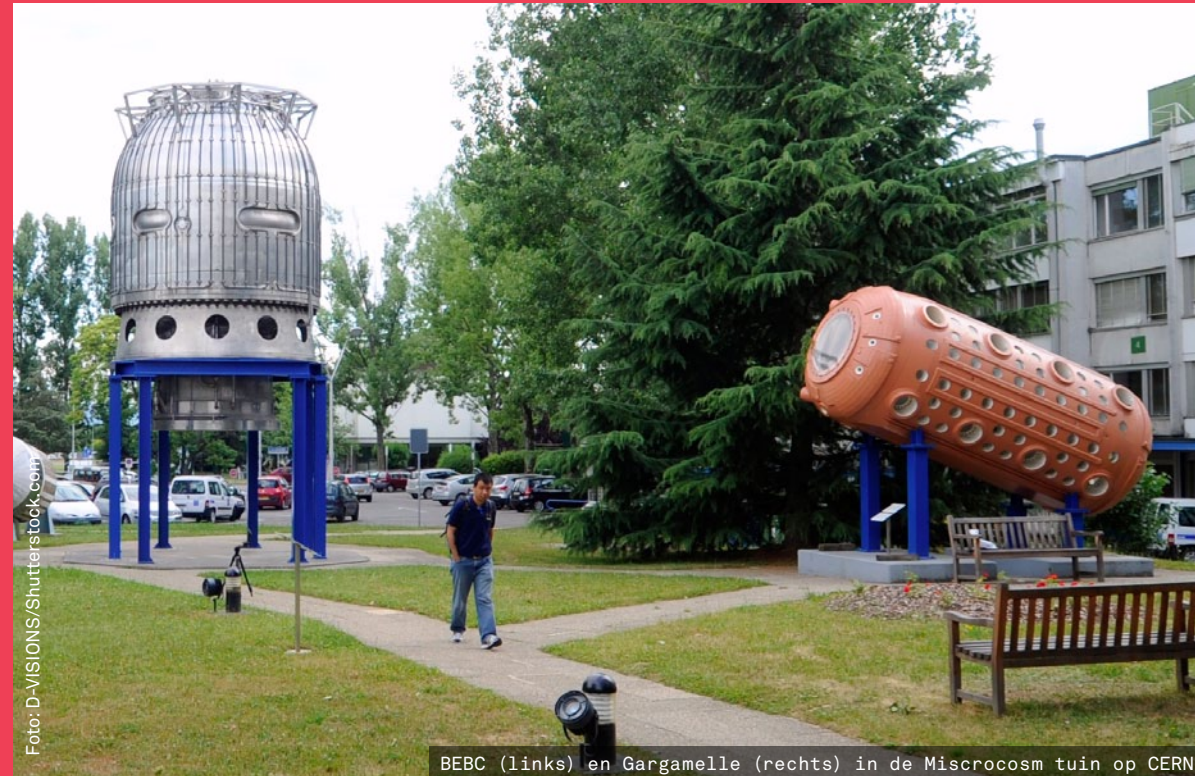
doodleuk dat daar nog geen theorie voor was. Die opmerking trok mij het vak in. Ik dacht: die theorie, die ga ik maken.'

#### Bellenvaten

Engelen raakte in de deeltjesfysica verzeild en arriveerde als student rond 1970 voor het eerst op CERN, waar Nijmegen in die tijd samen met Amsterdam een eigen bellenvatexperiment gestart was. 'Ik herinner me nog het donderende lawaai dat die dingen maakten bij elke opname. Heel indrukwekkend. Het venster van het vat lichtte blauw op en misschien verbeeld ik het me nu, maar je zag dan met het blote oog deeltjessporen in wit licht.'

Bellenvaten waren in die jaren de beste deeltjesdetectoren die er toen waren. De sporen van geladen deeltjes in de superkritische vloeistof werden op foto vastgelegd en nog met de hand en op het oog bekeken.

CERN bouwde het grootste bellenvat ter wereld van 12 kubieke meter, Gargamelle genoemd. En nog later de weer grotere BEBC, onder meer met hulp van



BEBC (links) en Gargamelle (rechts) in de Microcosm tuin op CERN

Nikhef-onderzoekers. Gargamelle en deze BEBC staan ook nu nog als een soort vreemde ruimteschepen op een voetstuk in de deeltjestuin van CERN in Genève.

Een innovatie op versnellergebied waren in de jaren zeventig de Intersecting Storage Rings. Deze ISR (1971) bestond uit twee ringen met tegengestelde bundels protonen die met elkaar in botsing werden gebracht. Dat is veel efficiënter dan bundels op vaste doelen schieten. Echte ontdekkingen, zegt Engelen, kwamen daar niet uit. 'In feite was het een fantastische nieuwe techniek, waarvan onderzoekers zich nog een beetje afvroegen wat ze er eigenlijk mee aan moesten.' De Nederlandse Nobelprijswinnaar Martinus Veltman zei later dat ze er het J/psi-deeltje (een Nobelprijs voor Richter en Ting) mee hadden kunnen vinden voordat de Amerikanen dat in 1974 deden. 'Een gemiste kans dus', denkt ook Engelen.

#### Neutrale stromen

In 1973 leverde bellenvat Gargamelle het eerste bewijs voor zogeheten neutrale stromen, interacties die een centrale rol spelen in de zwakke kernkracht. De zwakke wisselwerking is een kernkracht die radioactief bètaverval van atoomkernen beheerst. Sommige theoretici vermoedden dat daarbij uitwisseling van onbekende deeltjes een rol moest spelen, vergelijkbaar met fotonen in het elektro-

magnetisme. Neutrale stromen, worden die genoemd.

Op de tienduizenden opnames uit Gargamelle waren soms events te zien zonder muon met alleen sporen van hadronen die uit het niets leken op te duiken. In de zomer van 1973 trokken de onderzoekers uit een kleine 170 van zulke gebeurtenissen de conclusie dat hier werkelijk neutrale stromen aan het werk moesten zijn.

Dat resultaat werd de basis voor een verdere speurtocht naar de aard van deze interacties. Daarbij was belangrijk dat voor detectoren sinds eind jaren zestig heel nieuwe technieken waren ontwikkeld, waarin foto's van deeltjessporen in een vloeistof geen rol meer speelden. De dradenkamers van George Charpak (Nobelprijs 1992) betekenden dat snelle detectoren met bijbehorende elektronica en 'triggers' hun intrede deden in de deeltjesfysica.

#### Werkpaard

In 1976, vertelt Engelen, werd CERN definitief een onvermijdelijke wetenschappelijke faciliteit door de komst van de Super Proton Synchrotron, een ondergrondse versneller van zeven kilometer (voor het eerst onder Zwitserland en Frankrijk). Het werkpaard van de deeltjesfysici trok onderzoekers uit heel Europa en de hele wereld aan.

CERN's nieuwe dradendetectors plus deze SPS-versneller maakten nader onderzoek van neutrale stromen mogelijk. Theoretici als Glashow, Salam en Weinberg vermoedden dat daarbij een ongeladen Z-deeltje in het spel was, dat als krachtdrager in dat proces optrad. In 1983 vonden twee CERN-experimenten, genaamd UA1 en UA2, in proton-antiprotonbotsingen voldoende bewijs voor zo'n Z-deeltje, en ook voor een vergelijkbaar maar wel geladen W-deeltje. Anders dan de fotonen in het elektromagnetisme, hebben zulke kracht dragers een massa. Een deel van de elektronica voor UA1 werd bedacht door een jonge onderzoeker op Nikhef, Bob Hertzberger, later vooral een vooraanstaand pionier in de informatica in Nederland.

#### Simon van der Meer

De UA1- en UA2-experimenten gebruikten botsende protonen en antiprotonen voor hun metingen. Daaraan zat een Nederlands tintje. De in Delft opgeleide ingenieur Simon van der Meer vond op CERN de technieken uit om bundels protonen en antiprotonen te leveren in de SPS-versneller die uitgebreid werd tot botsende-bundelfaciliteit. Hij kreeg in 1984 samen met Carlo Rubbia een Nobelprijs voor de ontdekkingen van de W en Z die zijn idee mogelijk had gemaakt.

Nederland werkte onder Nikhef-directeur Walter Hoogland mee aan de



Jos Engelen als onderzoeksdirecteur van CERN in 2007

ACCMOR-detector op CERN, die bij SPS botsingen op een vast doelwit bestudeerde. De A in ACCMOR stond voor Amsterdam, waar de werkplaatsen het druk kregen met het project, maar uiteindelijk ging het experiment op CERN wat prozaïscher NA32 heten.

Engelen: 'Het was een voor Nikhef cruciale stap om prominent deel te nemen in een elektronisch 'teller-experiment'. Zo werden in Amsterdam voor het eerst grote dradenkamers gebouwd en bijbehorende elektronica ontwikkeld. Daarmee werd de basis gelegd voor het huidige Nikhef.'

#### LEP-versneller

Die praktische inbreng was ook de reden dat Nikhef een vooraanstaande rol op zich kon nemen bij het volgende project van CERN, de Large Electron Positron collider, of LEP-versneller. Daarvoor werd in een ondergrondse tunnel de grootste versneller ter wereld gebouwd: 27 kilometer in omtrek met 5176 magneten en 128 versnellerholtes. In het complex kwamen vier experimenten: ALEPH, OPAL, L3 en DELPHI met elk hun eigen ontwerp. Nederland zat via Nikhef voluit in zowel L3 als DELPHI.

De LEP-versneller kwam in 1989 in bedrijf en werd elf jaar lang gebruikt. Hetzelfde jaar overigens dat software-expert Tim Berners Lee bij CERN het World Wide Web-protocol bedacht, misschien wel het meest invloedrijke wat CERN ooit opleverde. Ooit bedacht om wetenschappers op afstand te laten samenwerken, maar nu niet meer weg te denken uit de samenleving en de economie.

Engelen: 'Cynici zeggen: LEP heeft niet iets totaal nieuws, onverwachts, ontdekt. Dat is strikt genomen waar, we hadden bijvoorbeeld toen al gehoopt op aanwijzingen

voor het Higgs-boson of supersymmetrie. Het grote succes van de versneller en de experimenten is dat zij het Standaardmodel in fantastisch detail konden toetsen. Het werk was een cruciale check voor het werk van Veltman en 't Hooft uit de jaren zeventig, en heeft eraan bijgedragen dat ze daarvoor in 1999 de Nobelprijs kregen.'

Als lid van een van CERN's wetenschapscommissies maakte Engelen van dichtbij de aankondiging van een totaal nieuwe vorm van materie mee, het plasma van quarks en gluonen als zware kernen op elkaar botsen.

#### Higgsdeeltje

Maar begin deze eeuw was Engelen vooral nauw betrokken bij de aanloop naar een nog ambitieuzere faciliteit voor de deeltjesfysica: de Large Hadron Collider, de huidige LHC. Een volledig supergeleidende botsingsmachine voor protonen bij een recordenergie, met vier nieuwe grote detectoren, allemaal in plaats van de bestaande LEP-versneller in dezelfde tunnel met een omtrek van 27 kilometer.

LEP stopte in 2000 en werd ontmanteld, de LHC was in 2008 een feit en leverde in 2010 de eerste bruikbare protonenbundels.

De belangrijkste inzet van de LHC was van begin af aan het vinden van het higgsdeeltje, vernoemd naar de begin april overleden theoreticus Peter Higgs. Het deeltje is in de jaren zestig voorspeld in een verklaring waarom elementaire deeltjes überhaupt massa hebben. Nikhef-onderzoekers waren op CERN vanaf de ontwerpfase bij maar liefst drie van de vier detectorprojecten betrokken: ATLAS, ALICE en LHCb. ATLAS is van die drie een zogenaamde 'multi-purpose' detector, en is min of meer gebouwd om het higgsdeeltje te ontdekken.

Als op 4 juli 2012 ATLAS en CMS samen de ontdekking melden van het higgsdeeltje, zit oud-directeur Engelen in het auditorium van CERN in Genève naast Peter Higgs die weer naast collega François Englert zit. "I think we have it", zegt CERN-directeur Rolf Heuer met veel gevoel voor understatement.

Het was een emotioneel moment voor velen, ook op Nikhef, waar velen als auteur op de ontdekkingspaper terecht komen. Engelen: 'Een triomf. En het bewijs hoe goed het concept van CERN werkt: een fantastische centrale faciliteit waar de wereld samenkomt om het onderste uit de kan te halen en dat dan ook doet. Een plek waar je heen wilt als natuurkundestudent met grote vragen. Net als ik destijds.'