



Martin Veltman over het higgsdeeltje: “Ik gis dat het wel goed zit”

Op 4 juli, de dag dat CERN de persconferentie gaf over de 5σ -meting van een deeltje dat mogelijk het higgsboson is, waren in het Duitse Lindau aan de Bodensee bijna 600 jonge fysici uit de hele wereld en 27 Nobelprijswinnaars bijeen tijdens de 62e Lindau Nobel Laureate Meeting [1]. In het programma was een live-verbinding met CERN opgenomen, tijdens de persconferentie. Martin Veltman zat in Lindau in een panel van Nobelprijswinnaars dat commentaar kon geven en vragen kon stellen aan CERN, met daarin verder David Gross, Carlo Rubbia en George Smoot. George Smoot verontschuldigde zich publiekelijk voor zijn eerdere kritiek op het higgsmodel. Ook Martin Veltman heeft ooit geopperd dat het higgsdeeltje niet bestaat. Ik spreek hem de dag na de persconferentie.

Claud Biemans

310

Gisteren tijdens de persconferentie zei je dat je nog geen gelegenheid had om je te verdiepen in het nieuws over de mogelijke meting van het higgsboson.

“De persconferentie over het higgsdeeltje was een opvoering voor mensen die er nog nooit van gehoord hadden. Het heeft op zich weinig toegevoegd aan wat ik al dacht of wist. Voor mij is het enige relevante feit dat ze iets gezien schijnen te hebben op 125 GeV en dat krijgt dan een plaatsje. De rest weten we al.”

Stralingscorrecties

Tijdens de lezing die je hier – twee dagen voor de persconferentie – hield over de LHC en het higgsboson [2] zei je dat de ontdekking van dit higgsdeeltje geen onverdeeld plezierige zaak is. De deur gaat dicht achter het standaardmodel. We hebben geen idee

hoe we nog iets kunnen leren over elementaire deeltjes, bijvoorbeeld waarom er drie families zijn. Is het deeltje dat nu gevonden is, zoals je het noemde, de ‘boring Higgs’?

“Het zou kunnen, dat weet je niet. Er zijn wat aanwijzingen dat dat inderdaad zo is. Het higgsdeeltje kan komen in diverse vormen: het kan deel zijn van een doublet, een triplet, een multiplet. Wat natuurlijk niemand gezegd heeft, is dat wij al uit de data weten dat het higgs maar in een heel beperkt aantal mogelijkheden kan voorkomen. Dat zit hem in het volgende: in het hele verhaal van het higgs is er maar één relevante parameter, de rho-parameter.

$$\rho = M_W^2 / (M_{Z_0}^2 \cos^2 \theta_W),$$

(Waarbij θ_W de zwakke menghoek is,

een parameter in het standaardmodel. M_W is de massa van het W-boson, M_{Z_0} is de massa van Z_0 .)

Deze rho-parameter is gelijk aan 1 plus stralingscorrecties, aangenomen dat het higgs een SU(2)-doublet is. Dat is het simpelste geval. Experimenteel is een waarde voor deze parameter gevonden zeer dicht bij 1 en dientengevolge denken we dat het higgs een SU(2)-doublet is. Als het higgs een triplet is, gaat het hele verhaal niet door. Dit is natuurlijk een grote beperking voor het higgs. Een tweede doublet kun je invoeren en dat is het dan zo ongeveer. Verder zijn er de stralingscorrecties die theoretisch goed berekenbaar zijn en experimenteel met grote precisie gemeten. Deze stralingscorrecties komen van diverse bronnen die



Panel van Nobelprijswinnaars in Lindau tijdens de CERN-persconferentie. Foto Ch. Flemming/Lindau Nobel Laureate Meeting.

de SU(2)-symmetrie verstoren. In het verleden speelde de stralingscorrectie die het gevolg was van het massaverschil tussen de topquark en de bottomquark, $m_t^2 - m_b^2$, een belangrijke rol. Het W-boson kan momentaan splitsen in een top- en een bottomquark en dat geeft een bijdrage aan de stralingscorrecties. De top en de bottom zijn allebei lid van een isospindoublet. Als de massa's verschillen, betekent dat een breking van de SU(2)-symmetrie en dan is er dus een bijdrage aan de rho-parameter. De bottommassa was bekend ($4,2 \text{ MeV}/c^2$), die is verwaarloosbaar klein, en de stralingscorrecties blijken dan evenredig met de topmassa in het kwadraat. Van alle stralingscorrecties bekend aan de mensheid, zoals in de atoomfysica, en bij muonverval (deze zijn buitengewoon precies gemeten) was het zo dat naar mate een deeltje in een tussentoestand zwaarder is, het minder bijdraagt. Dus stralingscorrecties geven je geen informatie over zware deeltjes. Bijvoorbeeld het pion is zo'n beetje de limiet ($135 \text{ MeV}/c^2$) in het geval van muonverval. W en Z zitten in de buurt van 80 en $90 \text{ GeV}/c^2$. De relatief zware topquark zit in de buurt van $175 \text{ GeV}/c^2$, maar niettemin geeft die een grote bijdrage aan de rho-parameter. Dat is heel uniek en specifiek voor de zwakke wisselwerking en voor ijktheorieën in het algemeen. In ijktheorieën is er constant een spel van het tegen elkaar wegvallen van

oneindigheden. Als je de symmetrie breekt, gaat dat wegvallen een beetje minder goed. Het was een welkome verrassing dat je kon kijken naar een fenomeen van relatief lage energie, de rho-parameter en dat je door het meten van de stralingscorrectie een voorspelling kon doen over de massa van de topquark. Toen men bij Fermi-lab ging zoeken naar de topquark wisten ze exact waar ze moesten kijken. Nu kun je de volgende vraag stellen: hoe zit het met het higgsdeeltje? Want dat draagt ook bij aan de stralingscorrecties. Helaas wacht daar een teleurstelling: een zware higgs geeft ook een stralingscorrectie maar de coëfficiënt van het kwadraat van de massa-term blijkt o te zijn. De eerstvolgende term die je tegenkomt, is een logaritmische term en die is tamelijk klein."

Geen higgsdeeltje?

Dus er was geen informatie over de massa van het higgsdeeltje.

"Er was een onderlimiet van $120 \text{ GeV}/c^2$ op grond van het feit dat het higgsdeeltje niet gezien was bij LEP (de vorige machine van CERN). De bijdrage van het higgsdeeltje aan de rho-parameter was inmiddels redelijk precies bekend door het meten van de massa van de twee vectorbosonen en dat leverde een bovengrens van $160 \text{ GeV}/c^2$. Nu is het higgsdeeltje gevonden op $125 \text{ GeV}/c^2$. Persoonlijk heb ik een tijd gedacht dat er, gezien het kleine gebied dat over was, mo-

gelijk helemaal geen higgsdeeltje zou bestaan."

Maar...

"Te weinig vertrouwen in de theorie, hè."

Is het een opluchting dat het higgsdeeltje nu wel lijkt te bestaan?

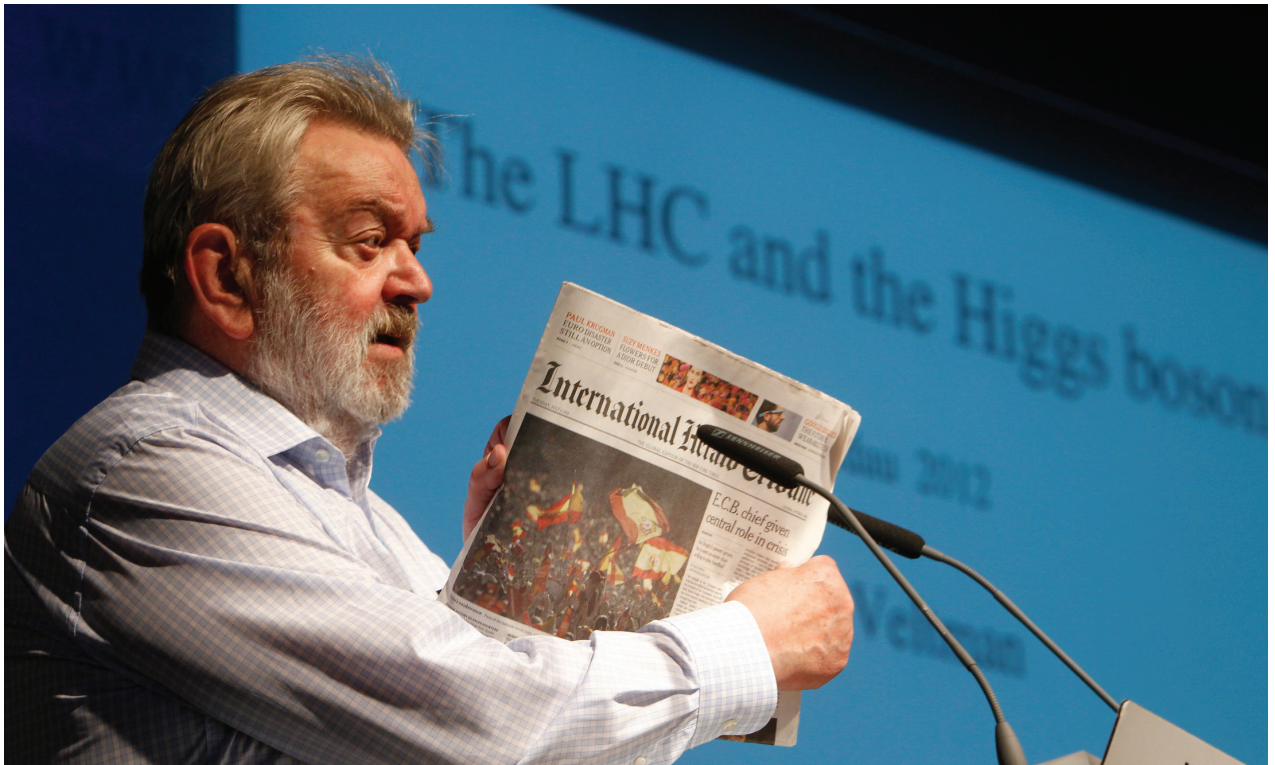
"Een experiment is een experiment, de natuur beslist. Maar ik vertel je dit om de achtergrond te geven, daarover heb je niets gehoord op die CERN-persconferentie."

Wat me opviel, ik heb alleen iets gehoord over het higgsdeeltje, niets over het higgsveld.

"Het higgsdeeltje en het higgsveld zijn in de quantummechanica verwante dingen, net als het graviton versus het gravitatieveld en het foton versus het elektromagnetisch veld."

Weten we dan ook hoe het higgsveld werkt en hoe deeltjes massa krijgen?

"Nee, integendeel, dat geeft grote moeilijkheden. In 1973 of 1974 bedacht ik dat de moeilijkheid zit in wat bekend staat als de kosmologische constante. Dat ging zo: ik zat een beetje te suffen en ik dacht: het is toch eigenlijk vreemd dat het higgsdeeltje aan alles en iedereen massa geeft en als je vraagt waar het is, dan weet je het niet. Dat is toch te gek om los te lopen! Waarom kan niemand dat higgsdeeltje zien? Kan dan niet op zijn



Martin Veltman tijdens zijn lezing twee dagen voor de CERN-persconferentie: "There is no news." Foto Ch. Flemming/Lindau Nobel Laureate Meeting.

minst gravitatie dat higgsdeeltje zien? Het higgsveld zit in het vacuüm en gravitatie koppelt aan de energie die je in het vacuüm hebt gestopt. Het bestaan van een higgsveld in het vacuüm heeft als noodzakelijke consequentie dat het heelal gekromd wordt, het higgsveld geeft een bijdrage aan de kosmologische constante. Ik dacht: oei, de kosmologische constante! Einstein heeft ermee geworsteld in zijn leven, maar hij heeft hem afgeschafte aangezien het heelal redelijk vlak is. De astronomie geeft je ook de neiging om hem af te schaffen. Higgs is gerelateerd aan de kosmologische constante en de sterkte van het higgsveld in het vacuüm bepaalt wat de bijdrage aan deze constante is. Het blijkt dat de bijdrage van het higgsveld, zoals gesuggereerd wordt in het standaardmodel, ons universum kromt tot iets dat zo groot is als een voetbal! Dat klopt natuurlijk niet. De enige manier om dat kwijt te raken is op zijn zachtst gezegd pervers. Je moet aannemen dat voordat higgs in actie kwam er in het jonge universum een kosmologische constante was van strikt dezelfde grootte (in vele decima-len) met het tegenovergestelde teken!"

Dan moet ik denken aan snaartheorie die rekent met ruimtes met een tegenovergestelde kromming aan die van onze wereld.

"Ik weet te weinig van snaartheorie

om daar iets over te kunnen zeggen. Maar dat is dan de oplossing van de dag, op dit moment het enige geneesmiddel dat we kunnen bedenken. Maar *it makes no sense*. Voordat je eraan begint, weet je niet dat higgs zoiets kan opleveren. We werden, zoals het heet, geconfronteerd met onbeklimbare moeilijkheden. Het probleem van de fysica is altijd die moeilijkheid te vinden die we kunnen oplossen."

Liever deeltjesfysica

Heb je een voorstel voor een experiment waar het nu tijd voor is?

"Als het aan mij ligt is de volgende stap het onderzoeken van de eigenschappen van het op CERN gevonden deeltje. En ik gis dat het wel goed zit en dat het het higgs is. Maar wat je vervolgens daarna doet? Om nou de hele deeltjesfysica af te schaffen... Weet je, het zijn zo van die hartenkreten, maar ik doe nog altijd liever deeltjesfysica dan dat ik een oorlog ga uitvechten in Afghanistan. Daar komt nog bij dat de deeltjesfysica wel degelijk zijn voordelen heeft voor de gemeenschap. Het houdt een intellectuele elite bezig, waar altijd wel wat uitkomt. We weten natuurlijk allemaal dat het world wide web uit CERN is voortgekomen, moet je zien wat dat betekent."

We kunnen niet zonder, we gaan gillen als

hier de wif wegvalt.

"Het idee dat je een stel begaafde lui bijeenzet die begeesterd zitten te werken en gezamenlijk tot iets komen, dat moet je niet afschaffen. Je moet alleen zorgen dat het niveau van het instituut niet omlaag gaat doordat er geen duidelijk doel meer is. Een duidelijk doel voor CERN is dat over een jaar of tien een nieuwe machine gebouwd wordt en dat zou dan naar mijn mening een lineaire versneller moeten zijn. En dan zijn ze weer een tijdje van de straat af."

Wat zou zo'n lineaire versneller kunnen toevoegen aan wat er nu nog niet is?

"Zo moet je niet denken. In wezen is de situatie zoals die allang was. Stel je voor dat we hier hadden gezeten, maar dan meer dan 200 jaar geleden, zo rond 1800. En we vragen ons af: wat kunnen we nou nog uitvinden? Misschien hadden we vagelijk iets gehoord over ene meneer Volta. Volta was iemand die werd uitgenodigd door Napoleon om naar Frankrijk te komen. Hij was het startpunt voor de hele elektrowereld, hij kon elektriciteit opslaan. Daarmee kon je experimenten doen. En wij weten wat ervan gekomen is."

Waarom wordt er eigenlijk niet gezocht naar het graviton, ook een deeltje uit het standaardmodel dat nog nooit gezien is.

"Omdat het te moeilijk is om dat te

Englert-Brout-Higgs-Guralnik-Hagen-Kibble-deeltje

Tijdens de persconferentie merkte Martin Veltman in Lindau op dat hij blij was dat vier van de vijf nog in leven zijnde ontdekkers van het Englert-Brout-Higgs-Guralnik-Hagen-Kibble-mechanisme tijdens de aankondiging bij CERN aanwezig waren. Veltman weet niet meer precies hoe kwam dat er al snel sprake was van het 'higgsdeeltje'. Onafhankelijk van Peter Higgs kwamen Francois Englert en Roger Brout in 1964 al twee maanden eerder met hetzelfde voorstel voor dit deeltje en enkele weken later verscheen de bijdrage van Gerald Guralnik, Carl Hagen en Tom Kibble aan de theorie.

Veltman had in 1971 advies gevraagd aan Bruno Zumino op CERN over het opnemen van referenties in het baanbrekende artikel dat zijn promovendus Gerard 't Hooft geschreven had over de renormalisatie van massieve Yang-Millsvelden [3], een belangrijk onderdeel van het werk aan de kwantitatieve bodem onder het standaardmodel, waar Veltman en 't Hooft in 1999 de Nobelprijs voor kregen. Zumino noemde Higgs en Kibble, en de referentie aan het werk van Kibble werd toegevoegd aan het verder al voltooid artikel [3], dat in de zomer van 1971 gepresenteerd werd op de International Conference on Elementary Particles in Amsterdam. In zijn proefschrift (1 maart 1972), dat bestond uit het genoemde artikel en een artikel over de renormalisatie van massaloze Yang-Millsvelden, heeft Gerard 't Hooft, na een suggestie van Veltman, daar de referentie aan Higgs aan toegevoegd. In hun volgende artikel over renormalisatie van jukvelden [4] verwezen Veltman en 't Hooft wel naar het werk van Englert & Brout, Higgs, Guralnik & Hagen & Kibble.

Gerard 't Hooft geeft de volgende toelichting: "De reden waarom ik niet eerder naar al deze mensen refereerde was simpel: ik kende het werk niet. Ook van Kibble hoorde ik pas via Veltman. Ik zou nu natuurlijk kunnen beweren dat ik alles op eigen kracht heb herontdekt, maar dat is waarschijnlijk niet helemaal waar. Er was namelijk wel een medewerker destijds bij ons op het Instituut voor Theoretische Fysica in Utrecht die werkte aan spontane symmetriebreking en ik heb hem daarover horen praten. Zoals dat dan gaat, blijft daar iets van hangen, dus heb ik verder geen pretenties. Wat ik van de flarden van ideeën had opgepikt heb ik wel zelf gereconstrueerd en dat is wat ik in mijn eerste artikelen heb gebruikt."

Higgs verdient het

Volgens Gerard 't Hooft is de benaming 'higgsdeeltje' al vanaf de begintijd zo gegroeid. "Eigenlijk zijn daar heel goede redenen voor", zegt hij. "Higgs was de enige van dat gezelschap die juist zijn aandacht tot dat scalaire deeltje richtte. De anderen hadden het over het mechanisme van lokale symmetriebreking, en over het feit dat daarvoor de drager van elektromagnetische (en vergelijkbare) krachten massief zou worden, en de kracht daarom een korte reikwijdte zou krijgen. Dat was juist en belangrijk. Het scalaire deeltje werd niet genoemd bij mijn weten. Dat dat juist zo belangrijk zou zijn voor de renormalisatie bleek pas veel later."

"Maar Peter Higgs zat met een ander probleem. Er bestond namelijk een hardnekkig misverstand in die tijd, namelijk dat iedere spontane symmetriebreking als resultaat zou moeten hebben dat er een massaloos scalaire deeltje bij zou ontstaan. Dat was het zogenoemde Goldstone-theorema, dat in zo fraaie wiskundige termen zat verpakt dat het wel waar moest zijn. Jeffrey Goldstone had er weliswaar ook aannames bij vermeld, onder andere dat de krachten een korte dracht moesten hebben, maar daar hadden de meeste fysici geen aandacht voor. Elektromagnetisme heeft een lange dracht en dan wordt de situatie anders, maar dat wist men niet. Ook Goldstone zelf wist het niet, want hij wilde dit toepassen op elektromagnetisme, en zo was hij wel mede verantwoordelijk voor die verwarring."

"Wat nu soms het higgsmechanisme heet, zou inderdaad beter Brout-Englert-Higgs-et cetera-mechanisme kunnen heten, dat is waar, maar Higgs wilde weten hoe het met het Goldstone-theorema zat. Hij bestudeerde de theorieën en constateerde dat er weliswaar een scalaire deeltje bij zit, maar dat het massa heeft. En dat het bijzonder is, omdat het een onvolledige representatie vormt van de jukgroep. Dat was een interessante opmerking. Op grond hiervan werd het woord 'higgsdeeltje' gehandhaafd en menen velen met mij dat alleen Higgs het verdient naamgever van dat deeltje te zijn. Ik las dat iemand nu ook Goldstone en anderen wil voordragen voor de Nobelprijs. Ik zou dat niet juist vinden. Zeker Goldstone niet. Englert komt wel in aanmerking, maar wat mij betreft komt hij duidelijk op de tweede plaats."

pakken. Gravitatie is een erg zwakke kracht. Op een macromanier kunnen we het wel vinden, de gezamenlijke kracht van de hele aarde kunnen we voelen. Maar stel je eens voor dat de hele aarde bestond uit elektronen met hun lading. Wat een kracht zou dat geven! Daarmee vergeleken is gravitatie super zwak. Je moet wel een hele aarde hebben voordat je er wat van begint te voelen."

Dan zou je een heel licht deeltje verwachten. "Massa nul is het idee voor het gravit-

ton en dat haal je uit het feit dat gravitatie op heel lange afstanden werkt. Net als een foton. Het is ook al behoorlijk moeilijk om een individueel foton te pakken. Het is de koppeling van het deeltje die bepaalt of je het kunt vinden en een graviton koppelt ongelooflijk zwak. Zo'n tien, twintig ordes van grootte minder dan het elektromagnetisme. Het is gewoon te zwak gekoppeld aan de materie. Dus niet meer vragen hoor, waarom we dat niet hebben ontdekt."

Referenties

- 1 Kennislinkblog over 62^e Lindau Nobel Laureate Meeting door Barry van der Meer: www.kennislink.nl/publicaties/ontmoeting-met-nobelprijswinnaars.
- 2 Lezing van Martin Veltman in Lindau: www.mediatheque.lindau-nobel.org/#/Video?aid=1293.
- 3 G. 't Hooft, *Renormalizable Lagrangians for massive Yang-Mills fields*, Nucl. Phys. B **35** (13 juli 1971) 167-188.
- 4 G. 't Hooft en M. Veltman, *Regularization and renormalization of gauge fields*, Nucl. Phys. B **44** (1972) 189-213.