

INHOUD

Voorwoord GERARD 'T HOOFT 7

SECTIE I Welkom op Higgs II

INTERMEZZO *Studeren op deeltjes* 17

SECTIE 2 Bagage 19

INTERMEZZO *Een detector bouwen* 57

SECTIE 3 De route naar Higgs 59

INTERMEZZO *Een glimp van Higgs* 81

SECTIE 4 Hoofdstad Higgs en ommelanden 83

INTERMEZZO *Na de euforie* 113

SECTIE 5 Achterland en heuvels 115

INTERMEZZO *De ramen open* 139

SECTIE 6 De bergen in 141

INTERMEZZO *De slang van de meester* 173

SECTIE 7 Reserveer nu 175

Verantwoording 201

Dankwoord 203

Meer lezen 205

Fotoverantwoording 206

Register 207

# Welkom op Higgs

**E**rgens ver weg van de bekende wereld, in een mistige zee van theoretische veronderstellingen en gecompliceerde experimenten, vonden natuurkundigen in 2012 aanwijzingen voor een nieuw land. Een eiland. Ze noemden het nieuwe land Higgs.

Theoretici vertelden al geruime tijd verhalen over een haast onvermijdelijk eiland dat bij hun berekeningen zou verklaren waarom deeltjes massa hebben. Maar experimentatoren hadden met reusachtige experimenten bijna een halve eeuw nodig om die mythische plaats ook echt te vinden. Met groeiende frustratie zelfs.

Met de nieuwe krachtige versneller op deeltjeslab CERN in Genève lieten twee experimenten eindelijk zien hoe bij harde botsingen van protonen heel af en toe een onbekend deeltje ontstond dat leek op het voorspelde deeltje. Zo goed dat op 4 juli 2012 de champagneflansen open konden. Het higgsdeeltje was gevonden. Eindelijk.

Voor de buitenwereld leek daarmee een avontuur ten einde. In de mediastorm rond de ontdekking werd het higgsdeeltje de kroon op de deeltjestheorie genoemd. Het laatste ontbrekende element in het standaardmodel van de natuurkunde. Zestien deeltjes die alles wat we weten over de materie kunnen verklaren. Plus een sleuteldeeltje dat ze allemaal hun massa geeft. Het god-deeltje noemden sommigen het.

Voor de wetenschap zelf was de ontdekking van het higgsdeeltje echter helemaal niet het slotstuk van een lange speurtocht naar de fundamenteën van het universum. Integendeel. Het higgsdeeltje was een tijdlang de stip aan de horizon, die na lang varen en turen werd bereikt. Maar naarmate we dichterbij kwamen blijkt die verre stip een wereld op zich. Een landschap waar antwoorden op oude vragen te vinden zijn. En waar zich ook nieuwe vragen aandienen.

Lieflijk glooiend, maar ook met kloven en rotsen en raadselachtige plateaus en pieken. Niets is er vanzelfsprekend. Is dit bijvoorbeeld wel echt het voorspelde Higgs? Waarom ligt dit eiland Higgs eigenlijk hier? En hoe ziet het er verderop uit?

Tot 2012 was het higgsdeeltje gaandeweg ook een groeiende frustratie van de deeltjesjagers geworden. In alle redelijkheid moest het ergens liggen, maar het leek maar niet te vinden. Deel na deel werd de zee van mogelijkheden afgezocht met reeksen experimenten, hele gebieden konden worden afgeschreven: daar was zeker geen higgsdeeltje. Maar waar dan wel? En wat als het allemaal een hersenschim zou zijn? Was er dan een andere theorie om deeltjes massa te geven? Peter Higgs bezocht in 2011 het Nationaal instituut voor subatomaire fysica Nikhef in Amsterdam en kreeg de vraag van een promovenda of hij een alternatief

achter de hand had. 'No,' zei Higgs. 'I have no alternative.' Er is geen alternatief.

Tot 2012 was het eiland dat Higgs heet nog een bestemming voor waaghalzen en avonturiers in de natuurkunde. Vastbesloten wetenschappers die wilden weten hoe het universum werkt. De stip aan de horizon beloofde antwoorden. Inmiddels zijn we tien jaar verder, en is het eiland een volwaardige reisbestemming geworden waar ook toeristen meer dan welkom zijn.

In die tien jaar hebben duizenden natuurkundigen met hun experimenten op CERN en elders het landschap en de bijzonderheden van het eiland bestudeerd. En inmiddels zijn er niet eens zo heel denkbeeldige steden, straten en pleinen, wegen en nederzettingen, die het bezoeken waard zijn om hun historische en wetenschappelijke betekenis.

Deze reisgids, *Het eiland dat Higgs heet*, leidt de higgs-toerist langs de belangrijkste en mooiste plekken van het nieuwe land in de wereld van de subatomaire fysica. De gids biedt behalve praktische tips en intrigerende inzichten, ook meer uitdagende bestemmingen en soms zelfs uitstapjes naar streken waarvan nog lang niet alles bekend is. Het avontuur-Higgs, een speurtocht met de vraag hoe de wereld werkt, begint hier en is nog lang niet voorbij. Welkom op Higgs.

...

Deze gids is nadrukkelijk bestemd voor de algemene reiziger in de deeltjeswereld, geen specialist maar wel geïnteresseerd in het onderwerp. De gids is ingedeeld in secties die in principe afzonderlijk kunnen worden gelezen en desgewenst ook overgeslagen. Elke sectie bestaat uit een korte centrale tekst, waarin ► **vetgedrukte** termen verwij-

zen naar de uitleg in hetzelfde hoofdstuk.

Tussen de secties haalt een van ons, deeltjesfysicus Stan Bentvelsen, persoonlijke herinneringen op aan zijn jaren als higgsjager en -ontdekker. In de sectie Bagage komt de basiskennis over de deeltjesfysica aan de orde. Daar gaat het om de basisprincipes, de technieken en experimenten van de deeltjesfysica. Daarna betreden we het eiland Higgs zelf met aparte secties voor de hoofdstad Higgs, waar de wetten van het land en de geschiedenis van de ontdekking worden toegelicht. De sectie Achterland en heuvels toont de meest recente kennis over het higgsdeeltje, verzameld in tien jaar meetwerk op CERN. De sectie De bergen in omvat de grote vragen uit de natuurkunde, waarop Higgs mogelijk in de toekomst een antwoord biedt. Ten slotte maakt de sectie Reserveer nu duidelijk waarom reizen naar het eiland dat Higgs heet zo enorm de moeite waard is. Wij wensen u veel reisplezier, nu en in de toekomst.

*Stan Bentvelsen*

*Martijn van Calmthout*