

Door Margriet van der Heijden

Gerard 't Hooft is natuurkundige. Dat zat er al vroeg in. „Al op de kleuterschool vond ik de mechanica, de natuur, de kleine diertjes die je zag rondlopen, leu- ken dan wat de mensen me wilden vertellen.”

Aanleg, constateert hij, aan een wit gedeekte tafel in restaurant het Oude Tolhuys in Utrecht. „Natuurwetten en situaties in de natuur kon ik begrijpen. Mensen waren moeilijker te bevatten.”

Op zijn stropdas staat het logo van de Universiteit Utrecht waar hij bijna zijn hele leven werkte en nog werkt. „Deze porties zijn vast te groot voor mij”, zegt hij terwijl hij de kaart bestudeert.

In 't Hooft's jeugd werd zijn aanleg geprikkeld. „Ik groeide op toen de atoombom net was gevallen. Belangrijke uitvindingen zoals de computer en de televisie zaten er aan te komen. Er werd over kern- energie gesproken. Allemaal buitenge- woon boeiend voor een kind als ik. Ik be- greep dat kennis van de natuur de wereld kan veranderen.

Begin jaren '70 ontdekte 't Hooft, tij- dens en vlak na zijn promotieonderzoek, het raamwerk dat de elektromagnetische kracht en de zwakke kernkracht onder één noemer brengt. Die theorie werd een hoeksteen van het standaardmodel dat een beschrijving geeft van de bouw- steentjes van de materie, en van de krach- ten die hen bijeenbinden tot atomen en moleculen, sterren en planeten, dieren en mensen.

Wat 't Hooft en collega-fysici destijds niet konden vermoeden, was hoe *precies* hun model die bouwsteentjes van de na- tuur beschrijft. „Wij zagen het echt als een model: een abstractie van de werkelijk- heid waaraan je kunt rekenen. We ver- wachten op obstakels te stuiten, nieuwe onverwachte deeltjes te zien opduiken.”

In plaats daarvan verscheen in grote ex- perimenten het ene na het andere bouw- steentje precies waar en hoe de theorie dat voorspelde. Tot aan het Higgsdeeltje aan toe, dat anderhalf jaar geleden de kroon op het standaard model zette. „We zaten veel dichterbij de waarheid dan we dachten.”

Dat geeft nu problemen, bevestigt 't Hooft. Hoe moeten fysici verder? De na- tuur heeft weliswaar hun voorspellingen bevestigd, maar heeft géén nieuwe aanwij- zingen gegeven.

Hoe kunnen fysici zo de natuurwetten op een dieper niveau doorgronden? Be- grijpen *waarom* dat standaardmodel zo goed werkt? Of nog een stap verder: einde- lijk de twee grote theorieën van de moder- ne natuurkunde onder één noemer bren- gen, de kwantummechanica die de klein- ste deeltjes beschrijft en de algemene rela- tiviteitstheorie die de kosmos op grote schalen in formules vangt. Hoe moeten ze zonder aanwijzingen uitmaken welke ideeën daarover zinvol zijn, en welke hen op een dood spoor zullen zetten?

Sommige van uw collega's zeggen dat theoretici de weg moeten wijzen in de fy- sica. Wat vindt u?

„Nou, zo gaat het vaak, maar ook wel eens niet. Achteraf bezien bijvoorbeeld - ach- teraf is dat altijd makkelijker - zat het vak een beetje in het slop toen ik in de natu- urkunde begon en waren vooral theoretici verkeerd bezig.

„Daarna was er een kentering en begon een periode waarin theorie en experiment hand in hand gingen. De theorie nam het voortouw, experimentatoren bevestigden en verfienden de voorspellingen en alle puzzelstukjes vielen op hun plek.

„Nu is de theorie weer in de moeilijke- den aan het raken. Er zijn vele uiteenlo- pende ideeën. Het experiment zal moeten uitmaken welke daarvan de werkelijkheid het beste kan beschrijven. Eigenlijk zitten we op een heel interessant punt.”

Er zijn ook mensen die dit een crisis noe- men.

Onze ideeën zijn even op

Interview Natuurkunde

Het Higgsdeeltje bestaat echt, en deze week werd de oerknaltheorie bevestigd. Allemaal steun voor oude ideeën. Maar verzint de fysica nog wel eens iets nieuws? „De theorie is in de moeilijkheden aan het raken”, zegt Gerard 't Hooft.



De Krabnevel is een restant van een supernova-explosie.

OERKNAL ONDERSTEUND

Met telescoop op Antarctica

Amerikaanse astronomen meldden deze week dat ze be- wijs hadden gevonden voor de oerknaltheorie. Die gaat ervan uit dat het heelal kort na zijn geboorte - 13,8 miljard jaar ge- leden - een periode van **ext- reem snelle uitdijning** heeft doorgaan. Die snelle uitdijning, ook wel 'inflatie' genoemd, is aan te tonen aan de hand van

gravitatiegolven. Die golven zorgen ervoor dat de ruimte op de ene plek wordt samenge- drukt en op de andere plek wordt uitgerekt. Maar gravita- tiegolven zijn extreem lastig te meten. Met een telescoop op Antarctica is dat de astron- omen nu toch gelukt, beweren ze. Hun bevindingen moeten nog wel bevestigd worden.

„Dat zou ik niet willen zeggen. Wel is sprake van vertraging. Daar kan niemand wat aan doen en daar moeten we doorheen.”

Maar: theoretici speculeren over super- symmetrie, extra dimensies, multiversa, snaren, vijf Higgs-varianten. En experi- menten bevestigen slechts wat het stan- daardmodel voorspelt...

„Ja, en dat laatste hadden we niet ver- wacht. We hadden niet voorzien dat we met vrij eenvoudige formules een set ver- gelijkingen konden opschrijven die de si- tuatie zo dicht benadert.

„Overigens hebben bij de ontwikkeling van dat standaardmodel ook experimen- tatoren een enorm vernuft aan de dag ge- legd. Ik weet nog dat men in de jaren '80 in Genève op Cern de LEP-versneller wilde bouwen om de W- en Z-bosonen op te sporen [deeltjes die voorspeld waren als on- derdeel van de elektrozwakke kracht waarvoor 't Hooft het raamwerk bedacht, red.].

„Hoe kun je in botsingen die tientallen of honderden deeltjes opleveren die W- en Z-bosonen vinden, vroeg ik. Dat wordt toch een chaos? Maar Carlo Rubbia [die la- ter de Nobelprijs won, red.] zei: maak je geen zorgen, dat vissen we wel uit. En hij kreeg gelijk”.

Juist dat geeft 't Hooft moed. In de na- bije toekomst zullen vernuftige fysici op- nieuw ideeën krijgen en vondsten doen, verwacht hij. „Het kan natuurlijk dat de praktische beperkingen zo groot worden, dat je een theorie alleen nog in gedachten kunt voortzetten. Misschien moeten we dan theorieën gaan beoordelen op grond van criteria als eenvoud, of elegantie. Of er ontstaat een situatie waarin elk denk- baar experiment al eens is uitgevoerd ter- wijl er toch nog vragen zijn. En ja, dan zal sprake zijn van een crisis, maar zover is het nog niet.”

Eerst moet nu het Higgsdeeltje in detail worden onderzocht, zegt hij als hij een biertje en een uitsmijter met ham en kaas heeft besteld. Is dat Higgsdeeltje alleen, of bestaan er bijvoorbeeld vijf varianten van?

Hopelijk geven nieuwe metingen dan ook inzicht in voorgestelde uitbreidingen van het standaardmodel. Zulke uitbreidin- gen proberen te verklaren waarom het standaardmodel is zoals het is; waarom de twintig parameters erin precies de waar- den hebben die ze hebben. Sterk uiteenlo- pende waarden zijn het, die er samen toch voor zorgen dat het model precies be- schrijft hoe de bouwsteentjes van de mate- rie atomen vormen en moleculen, sterren en planeten en een kosmos die 'klopt'.

„Het door collega's ontwikkelde scenar- io van 'supersymmetrie', lijkt me dan, ondanks de bedenkingen die ik er óók bij heb, het meest voor de hand liggend”, zegt hij. Maar of de natuur volgens dit theoret- sche scenario werkt?

„Ervaring heeft me geleerd dat er meestal slechts twee mogelijkheden zijn. Of de eenvoudigste oplossing is goed, of je zit helemaal verkeerd.” En redenerend volgens dat ervaringsfeit doet 't Hooft twee voorspellingen.

Eén: er is slechts één Higgsdeeltje. Twee: als er geen aanwijzingen voor su- persymmetrie gevonden worden, dan is er buiten het standaardmodel en de deeltjes daarin helemaal *niets*.

In dat laatste geval, als in termen van Sherlock Holmes de hond 's nachts niet ge- blaft heeft, zouden fysici dus zonder extra aanwijzingen moeten verklaren waarom dat standaardmodel zo fijnzinnig en pre- cis is afgeregeld. „Want je wilt daar toch een 'natuurlijke' verklaring voor vinden.”

Een aantal snaarfysici heeft ter verklar- ing geopperd dat er talloze heelallen bestaan in allerlei varianten, en dat wij simpelweg leven in een daarvan die nu juist die parameters heeft die leven mo- gelijk maken...

„Het zou zo kunnen zijn, en je zou dat mis- schien zelfs 'natuurlijk' kunnen noemen, maar ik zou heel teleurgesteld zijn als dit de verklaring is. Je zegt zo namelijk: het heelal ziet eruit zoals het eruit ziet, want anders zaten we hier niet.”

En dan is er niks meer te onderzoeken...

„Je kunt er niks mee uitrekenen. Ik geloof het ook niet. Kijk, de eerste decimalen van die parameters zijn bepalend voor de be- schrijving van de kosmos waarin wij nu zit- ten. Maar het gaat om reële getallen met oneindig veel decimalen. Wat zorgt er dan voor dat al die verdere decimalen er uit- zien zoals ze doen? Waarom zijn ze niet anders? Dat vertelt zo'n 'landschap' vol talloze universa niet.”

Een jaar of twintig, dertig geleden dach- ten optimistische collega's van u nog dat een theorie van alles binnen handbereik was: een theorie dus die niet alleen de parameters van het standaardmodel zou verklaren, maar zelfs de zwaarte- kracht met de quantummechanica zou verenigen...

„Ja, daar is een mooi verhaal over. Rond 1990 was er een conferentie in Israël waar- op allerlei onderzoekers laaiend enthousi- ast waren over snaartheorie en die theorie van alles. Stephen Hawking was daar ook en alle journalisten stormden natuurlijk op hem af.

„Op een goed moment stonden er zo- veel journalisten om Hawking heen dat één journalist er niet meer bij kon. Die stapte toen maar naar mijn goede Ameri- kaanse vriend en collega Sydney Coleman en vroeg: meneer Coleman, wat vindt u van de theorie van alles? Volgens Stephen Hawking is zo'n theorie er al voor de eeuwwisseling.

„Coleman had zijn gedachten er niet he- lemaal bij, want zijn bagage was niet aan- gekomen op het vliegveld. Hij liep nog in de kleren die hij in het vliegtuig had gedra- gen en voelde zich wat opgelaten met al die fotografen. Nou, zei hij dus, ik zal al blij zijn als El Al voor de eeuwwisseling mijn bagage heeft teruggevonden.

't Hooft gnuipt. „Toen hij thuiskwam, lag er een boze brief van El Al.”

En die theorie van alles is er nog steeds niet...

„Nee, de bagage zal intussen wel zijn te- recht gekomen.

Waar kwam dat optimisme vandaan?

„Een deel was naïviteit, denk ik. Toen in 1984 de snaartheorie in beeld kwam, was de reactie van veel collega's - David Gross, John Schwarz, Ed Witten: dit is zoiets moois, dit moet wel een voorbode van een theorie van alles zijn.

„Maar ik heb vanaf het begin tegen die mensen steeds drie dingen gezegd. Ten eerste: zo'n claim is onverstandig, want als je voorspelling niet uitkomt, maak je je- zelf een beetje belachelijk. Zoals nu is ge- beurd.

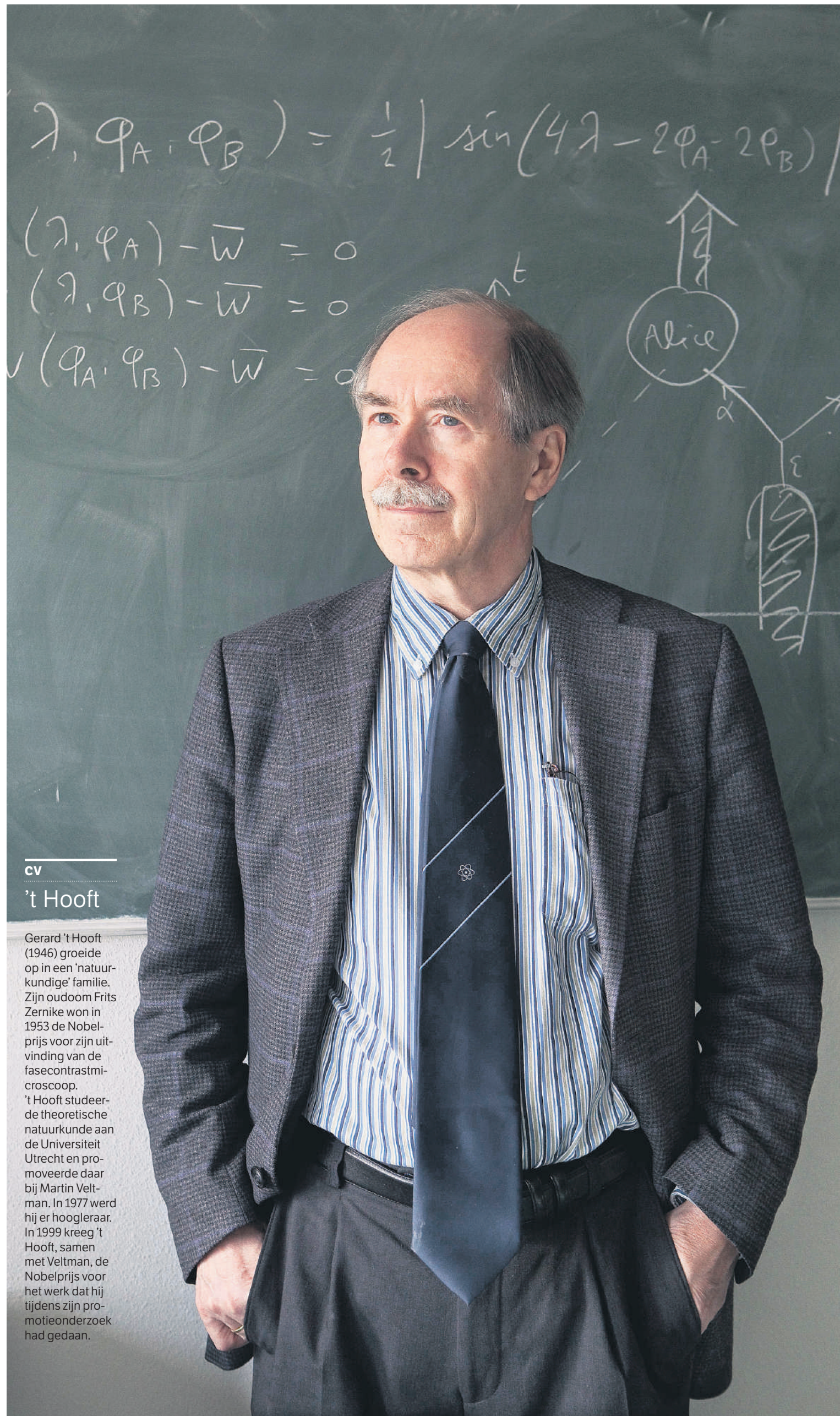
„Ten tweede: het is niet waar, want het heelal is zo complex dat je zo wel kunt na- voelen dat zo'n theorie niet voor het grij- pen ligt.

„Tenslotte: het is oneerlijk. Stel dat over 20 of 100 jaar iemand opstaat die na diep denken en rekenen wel zo'n theorie van alles formuleert. Misschien uitgaande van een aantal van jullie eerdere ideeën. Zeg- gen jullie dan: wij wisten het al? Zo ont- neem je iemand uit de toekomst de eer- iemand die intussen wel het vuile werk op- geknapt heeft en op dat rekenwerk heeft ge- ploeterd.”

Want uiteindelijk zal die ultieme theorie gevonden worden?

„Ik vergelijk de natuuronderzoeker wel eens met een rat in de kooi van een experi- mentator die wij weten hoe slim ratten zijn. In de kooi hangt een pinda en de rat weet: in het verleden is het me steeds ge- lukt om zo'n pinda te pakken te krijgen. Maar nu is het echt te moeilijk. Ik snap het niet. Intussen kijkt de experimentator toe en denkt: hoe lang duurt het voordat de rat in de gaten heeft op welke knop hij moet drukken?

„Wij zijn als die rat: we hebben het stan- daard model gekregen, met twintig mooie getallen, en nog weten we het niet. Intus- sen zit de Grote Schepper te wachten met zijn armen over elkaar en denkt: wanneer ontdekken ze nu dat ze dát moeten doen.”



CV

't Hooft

Gerard 't Hooft (1946) groeide op in een 'natuur- kundige' familie. Zijn oudoom Frits Zernike won in 1953 de Nobelprijs voor zijn uit- vinding van de fasecontrastmi- croscoop. 't Hooft studeer- de theoretische natuurkunde aan de Universiteit Utrecht en pro- moveerde daar bij Martin Velt- man. In 1977 werd hij er hoogleraar. In 1999 kreeg 't Hooft, samen met Veltman, de Nobelprijs voor het werk dat hij tijdens zijn pro- motieonderzoek had gedaan.

„Natuurwetten kon ik begrijpen. Mensen waren moeilijker te bevatten.”

En die 'Grote Schepper' is de formule die de kosmos beschrijft?

„Ja, al kan ik natuurlijk niet bewijzen dat er inderdaad een natuurwet bestaat waar wij achter moeten komen. Maar ik heb goede hoop dat het mensdom voldoende snugger is om, als zo'n wet bestaat, te ont- decken op welk knopje ze moet drukken.”

Terwijl veel collega-theoretici zich in de zoektocht naar dat 'knopje' *en masse* op telkens nieuwe ideeën stortten - supersna- ren, *firewalls*, extra dimensies - ging 't Hooft zijn eigen gang. „Dat ligt in mijn aard. In samenwerken ben ik niet zo goed.”

Het maakt hem kwetsbaar, zegt hij. „Als je in een groep werkt, worden lelijke fou- ten sneller gecorrigeerd.” Maar het geeft ook vrijheid. 't Hooft's werk is op meerde- re terreinen in de theoretische fysica rich- tinggevend gebleken.

Mocht hij zijn leven over kunnen doen - „wat natuurlijk niet kan” - dan zou hij wel Johannes Kepler willen zijn, die ontdekte dat de planeten langs ellipsvormige banen rond de zon bewegen. Beeldend beschrijft hij hoe Kepler dankzij precieze waarne- mingen en na veel denk- en rekenwerk en aanvankelijk ook foute aandames - een „prachtig antwoord op een leuk probleem formuleerde”.

En als hij naar de toekomst kon reizen om de vorderingen in zijn vak te zien? Dan zou ik honderd jaar vooruit willen gaan, zegt hij resoluut. „Tegen die tijd is een aal- taal zaken wel duidelijk. Zoals of de theorie van supersymmetrie de moeilijkheden van het standaardmodel kan oplossen waar we nu mee zitten.”

Zou u niet liever tweehonderd jaar voor- uit reizen?

Over tweehonderd jaar lossen slimme computers onze problemen op?

„Ik denk dat over tweehonderd jaar niet langer mensen, maar slimme computers de problemen vaststellen en oplossen.”

Oh. Wat is onze rol dan nog?

„Dat kan variëren tussen twee uitersten: dat wij toch nog steeds de baas zijn over computers of dat zij intussen de baas over ons spelen en wij nog een beetje mogen rondlopen als dieren in een dierentuin.”

U wilt dus niet het risico nemen letterlijk in een kooitje te raken?

„Nou, de computers hoeven niet per se slecht voor ons te zijn. Misschien is het zelfs aangenaam: lossen zij de problemen op en mogen wij lekker ravotten.”

Grappig genoeg zou 't Hooft zelf, met zijn 67 jaar, al lang mogen 'ravotten'. Toch buigt hij zich nog steeds het liefst over fys- ische problemen. Zelfs over dat allergroot- ste probleem: van de kwantummechanica en de algemene relativiteitstheorie.

„In deze discussie behoor ik tot de min- derheid die de zijde van Einstein kiest, die zei dat zijn 'God niet dobbelt'. Dat denk ik ook. Mijn vermoeden is dat de kwantum- mechanica, die met kansen werkt, uitein- delijk zal worden vervangen door een die- perliggende en eenduidige theorie.

„Daarmee wil ik niet zeggen dat ik denk dat alles wat in de kosmos gebeurt al vast ligt, maar wél dat er een theorie zal blijken te zijn met vergelijkingen die razendsnel én precies bepalen hoe gebeurtenissen zich ontwikkelen, en daarmee de kos- mos.”

Misschien, zegt hij dan, zit het wel zo. Misschien is de grote bloeitijd van de fy- sica uit de twintigste eeuw, toen in korte tijd de quantummechanica en de relativiteits- theorie ontdekt werden en daarna het standaard model, een beetje voorbij. „Mis- schien is in de wetenschap sprake van golf- bewegingen en zullen nu eerst andere vak- gebieden voor doorbraken zorgen.”