



STEPHEN HAWKING.

'Mensen zijn misschien personages in een computerspel van aliens.'

'Een van de vele moeilijkheden was de paradox van het zwarte gat', doceert Sevrin. 'De befaamde Britse fysicus Stephen Hawking kaartte hem in de jaren zeventig aan. De relativiteitstheorie impliceert het bestaan van zwarte gaten, want als de thermonucleaire reacties in het hart van een ster stilvallen, klapt ze onder druk van haar eigen zwaartekracht in elkaar. Als de zon zou krimpen tot een diameter van minder dan drie kilometer wordt ze een zwart gat. Men veronderstelt dat in de melkweg een slapend zwart gat met een massa van 2,7 miljoen zonnen huist, wat nog altijd klein is naar galactische normen. Een essentieel element uit de kwantummechanica is dat er nooit iets verloren gaat. Als je een boek verbrandt, kan de kwantummechanica alle informatie die erin stond uit de rook halen. Voor zwarte gaten gold dat echter niet. Daarin bleek informatie verloren te gaan. Dat clashte zwaar met de kwantummechanica.'

EEN TUINSLANG IN EEN DIMENSIE

Hawking zocht zelf naar een oplossing voor deze paradox. Hij paste kwantummechanica toe op zwarte gaten. Zelfs in een vacuüm gebeuren 'dingen': kwantumfluctuaties waarbij deeltjes en antideeltjes eventjes samen verschijnen, maar bijna op hetzelfde moment weer verdwijnen. 'Een vacuüm is in feite heel levend', stelt Sevrin. 'Het feit dat wij bestaan, is een gevolg van kleine fluctuaties. Die komen overal voor, dus ook in de buurt van een zwart gat. Hawking toonde aan dat zulke fluctuaties daar in bepaalde omstandigheden kunnen uitmonden in straling. Maar deze Hawking-radiatie van een zwart gat is zo zwak dat ze niet kan worden waargenomen.'

Daarmee was de paradox niet weggevoerd. Er zit geen informatie in de Hawking-radiatie, dus was er nog altijd een conflict met de kwantummechanica. Het duurde tot de jaren tachtig voor er iets fundamenteel nieuws kwam: de snarentheorie (naar het Engelse *strings*), waarin deeltjes niet langer als punten in de ruimte, maar als trillende miniatuursnaren worden voorgesteld. De afmetingen van zo'n snaar verhouden zich tot een atoomkern als de kern zelf tot ons zonnestelsel — het is dus niet te verwonderen dat we geen snaren zien.

De theorie vloeide voort uit onderzoek naar de interacties tussen elementaire deeltjes, waarbij het principe van de causaliteit zich had opgedrongen. Een interactie werd in onze vierdimensionale ►

Het heelal is een hologram

'Branen' zijn een verfijning van de snarentheorie die zwaartekracht en kwantummechanica met elkaar moet verzoenen. Ze schetsen een nieuw beeld van het ontstaan van het heelal.

'Een groot deel van de twintigste eeuw worstelden fysici met een frustrerend probleem', vertelt hoogleraar in de natuurkunde Alexander Sevrin van de Vrije Universiteit Brussel. 'De mooiste twee ontdekkingen in onze tak van de wetenschap konden niet met elkaar worden verzoend. Dat was verontrustend. De algemene relativiteits-

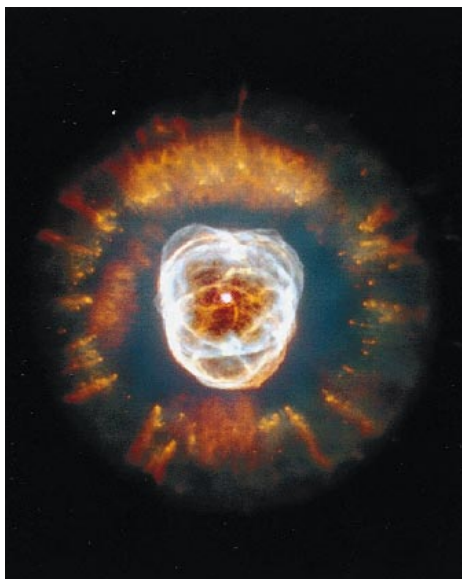
theorie met daarin de klassieke zwaartekracht bleek op geen enkele manier in overeenstemming te brengen met de zo succesvolle kwantummechanica.' Of met andere woorden: de fysica op grote schaal botste met de fysica van het allerkleinste. Het heelal leek gestuurd door andere wetten dan die welke de interacties tussen elementaire deeltjes bepalen.

► ruimtetijd niet alleen in de ruimte, maar ook in de tijd uitgesmeerd, waarbij het effect echter nooit voor de oorzaak kon komen. Om consistent te zijn met de kwantummechanica werden krachten-overdragende deeltjes gecreëerd, die achteraf ook opdoken in deeltjesversnellers. Hieruit werd het standaardmodel van de natuurkunde gepuurd, waarin alle deeltjes en krachten op een logische manier samenkwamen.

‘Maar de zwaartekracht bleef voor moeilijkheden zorgen’, zegt Sevrin. ‘Het model voorspelt het bestaan van een zwaartekracht-overdragend deeltje, een graviton, dat echter nog altijd niet rechtstreeks is waargenomen. De situatie is te vergelijken met twee schaatsers die elkaar een bal — het graviton — toegooien. Het is evident dat de bal het geschaats beïnvloedt. De snarentheorie levert de enige bekende manier om zwaartekracht in ruimte én tijd te kunnen uitsmeren. Interessant was dat ze op grote schaal de algemene relativiteit voortbracht. Als Albert Einstein die niet had ontdekt, zou ze ongetwijfeld uit de snarentheorie zijn gedestilleerd.’

De problemen waren echter nóg niet van de baan. Tot ieders verbazing was de snarentheorie consistent, maar dan wel in vijf gevallen. ‘Dat was niet vanzelfsprekend’, geeft Sevrin toe. ‘Het is moeilijk denkbaar dat er vijf grote theorieën van de natuur zouden bestaan. Daarenboven was de theorie alleen consistent in tien dimensies: negen ruimtelijke en één tijdsgebonden. Op zichzelf is dat niet zo erg. Een tuinslang lijkt van ver ook maar één dimensie te hebben in plaats van drie. Je moet dimensies heel klein kunnen maken. Wiskundig werd dat aangepakt door zes dimensies tot een prop samen te ballen. De structuur van een vierdimensionale wereld zoals ons heelal werd bepaald door de vorm van de prop met de zes andere dimensies. Heelal waren er zoveel soorten propfen.’

Tien jaar lang werd er aangemodderd, tot in de zomer van 1995 ineens iets



nieuws opdook: de *branen* (van membranen, maar losgekoppeld van de klassieke twee dimensies, in het Engels *branes* geheten). Ze werden onmiddellijk gelinkt aan de snarentheorie. Want waar wetenschappers aanvankelijk aanvaardden dat de uiteinden van snaren zomaar losjes heen en weer zwiepten, weliswaar met de snelheid van het licht, staken ze die nu vast in branen. Snaren konden alleen daarin bewegen.

**ONZE KOSMOS ZOU GEZELSHAP
HEBVEN VAN ANDERE HEELALLEN
DIE AL DAN NIET SLAPEND
OP HUN BRAAN ZITTEN.**

‘Branen zijn er altijd geweest, maar we hebben ze lang over het hoofd gezien’, countert Sevrin de stelling dat het misschien toch iets te gemakkelijk is om als een theorie niet klopt gewoon iets nieuws te verzinnen. ‘De initiële aanpak van de snarentheorie was te beperkt. Het is met vertraging dat we nieuwe wiskundige ingrediënten zagen, die verreikende natuurkundige gevolgen hebben. We hebben nu bijvoorbeeld niet langer vijf manieren om naar de snarentheorie te kijken, maar slechts één. Die werd on-

STERVENDE STER.

Als de zon zou krimpen tot minder dan drie kilometer wordt ze een zwart gat.

dertussen de M-theorie gedoopt, waarbij de M kan staan voor membraan, moeder, magie, mysterie of matrix — haar doopvaders willen niet kwijt wat ze in gedachten hadden.’

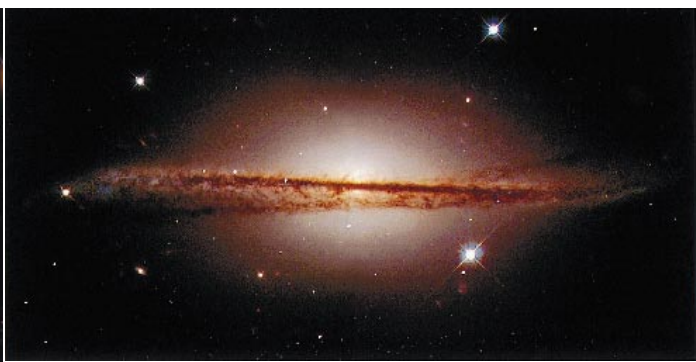
EEN GROTEDEELS OVERBODIGE WERELD

De M-theorie is de jongste kandidaat om de ‘grote theorie van alles’ te worden, die zwaartekracht en kwantummechanica verzoent. Met zijn Franstalige tegenhanger Marc Henneaux en gesteund door het Francqui Fonds hield Sevrin vorig weekend een symposium in Brussel, waarop wereldexperts in de theorie, inbegrepen Hawking, aan hun nieuwste geesteskind sleutelden. ‘Een van de eerste zaken die de M-theorie opleverde, was een coherent beeld van zwarte gaten’, vertelt Sevrin. ‘Omdat de snarentheorie zwaartekracht bevat, moest ze ook zwarte gaten hebben. En inderdaad. De resultaten van berekeningen rond de M-theorie stemden exact overeen met wat de thermodynamische aanpak van Hawking indertijd had aangebracht. Voor de eerste keer kregen we een microscopisch, want kwantummechanisch, inzicht in een zwart gat. Ineens voelden we ons veel comfortabeler.’

Dat wil niet zeggen dat de problemen definitief opgelost zijn. De M-theorie lijkt perfect gezond op zowel grote als kleine schaal, maar in feite combineert ze algemene relativiteit en kwantummechanica nog altijd niet. Beide theorieën leven nu wel probleemloos naast elkaar, zonder paradoxen te genereren, maar ze vloeien nog altijd niet netjes in elkaar over. Aan de verzoening wordt hard gewerkt. ‘Een Nederlands natuurkundige lanceerde een principe dat ongetwijfeld een van de belangrijkste doorbraken van de voorbije jaren zal blijken te zijn’, verklaart Sevrin: ‘Het holografisch principe. Dat stelt het heelal voor als een zeepbel waarin alle informatie in de twee dimensies van de membraan zit. Dus zoals een hologram: ►



GALAXIEËNZWERM. Is het mogelijk dat God maar in een deel van de wereld actief is?



BOTSENDE STELSELS. De M-theorie is kandidaat om de grote theorie van alles te worden.

Wij zijn schaduwen op een wand

De bekende Britse natuurkundige Stephen Hawking is zo'n beetje de nieuwe goeroe van de wetenschap.

Als hij reist, slaapt Stephen Hawking, hoogleraar natuurkunde aan de universiteit van het Britse Cambridge, een gevolg van vijf mensen mee, onder wie drie verpleegsters. Hawking lijdt al jaren aan amyotrofe laterale sclerose: een dodelijke ziekte van het afweersysteem die zijn spierweefsel verteert. De man kan niet meer bewegen. Communiceren doet hij via een spraakcomputer.

Vorige week zou Hawking in Brussel een interview geven, maar hij was te moe om meer dan enkele zinnen te formuleren als antwoord op een kleine selectie van vooraf gestelde vragen. Op wetenschappelijke conferenties houdt iedereen zijn hart vast als Hawking een vraag stelt, niet zozeer uit angst voor de teneur daarvan, wel omdat het een kwartier duurt voor hij ze in zijn computer heeft ingetikt.

Toch geeft Hawking lezingen voor een groot publiek. Hij is auteur van enkele bestsellers over natuurkunde. Onlangs haalde hij het wereldnieuws met zijn stelling dat de mens als soort alleen zal overleven als wij de ruimte koloniseren. Als natuurkundige is Hawking ervan overtuigd dat het ultieme kwaad uit de biologie zal komen.

Analisten vergelijken hem met de monniken uit de Middeleeuwen, die de God van toen uitlegden voor het dommere gewone volk. Hoewel atheïst doet Hawking iets vergelijkbaars, want weinigen komen dichter in de buurt van een inzicht in het Grote Begin dan de verlamde wetenschapper. Daarenboven is hij niet vies van leuk klinkende stellingen. 'Misschien zijn wij gewoon personages in een computerspelletje gespeeld door *aliens*', vertelt hij tegenwoordig als grap.

Hawking houdt zich nu met *braan*-werelden bezig. Hij sluit niet uit dat er vlakbij de braan waarop wij (zouden) leven, een 'schaduwbraan'

ligt: 'We zouden die niet kunnen zien, omdat licht alleen over de branen zelf reist, en niet de ruimte ertussen overbrugt. Maar we zouden wel de aantrekkingskracht van de materie op de schaduwbraan voelen. Het is dus mogelijk dat er schaduwgalaxieën, schaduwsterren, zelfs schaduw mensen bestaan... Zulke schaduwobjecten zouden voor ons donkere materie zijn, die we niet zien, maar waarvan we wel de zwaartekracht kunnen voelen.'

Hawking verdedigt een model waarin het heelal uit een kwantumfluctuatie ontstond als een bel die vanaf een bepaalde kritische massa eindelijk blijft aangroeien: 'Mensen die (zoals wij) leven op het oppervlak van de bel, zouden denken dat het heelal uitdijt. Een analogie is het schilderen van galaxieën op een ballon en die dan opblazen. De galaxieën zouden zich van elkaar verwijderen, maar geen enkele kan worden aangeduid als het centrum van de expansie. Laten we hopen dat er niet iemand met een kosmische speld bestaat, die de bel uit elkaar kan laten spatten.'

Dat mensen in een holografische wereld op de braan van zo'n bel zouden leven, is voor Hawking geen punt: 'Ik weet alles van hologrammen, want ik was er zelf een, samen met Newton en Einstein, in een aflevering van Star Trek.'

Het is bekend dat Hawking graag speculeert: 'Het kan natuurlijk dat wat wij als een vierdimensionele ruimtetijd beschouwen, niet meer is dan een hologram van wat er gebeurt in het vijfdimensionele binnenste van een bel. Wat is dan de realiteit, de bel of de braan? Wij gaan ervan uit dat wij leven in een wereld met drie ruimtelijke en één tijdsdimensie.'

Maar misschien zijn wij niet meer dan schaduwen geprojecteerd door een flinkerend vuur op de wand van een grot. Het is te hopen dat eventuele monsters die we daar zouden tegenkomen ook niet meer dan schaduwen zijn.' ■

► drie dimensies in een plat plaatje. Wij zouden in de grenszone van een groten-deels overbodige wereld leven.'

Of, in een wat prozaïscher beeld, als vliegen op een kleverige strip in een grote kamer geplakt zitten. Het holografisch principe leverde onmiddellijk mogelijke antwoorden op twee prangende vragen uit de natuurkunde. Vooreerst slaagt het erin uit te leggen waarom de zwaartekracht zo zwak is in vergelijking met de drie fundamentele krachten die zich op het niveau van het allerkleinste manifesteren. Het verschil wordt uitgedrukt door een getal met meer dan veertig cijfers. Dat wij alleen de zwaarte-

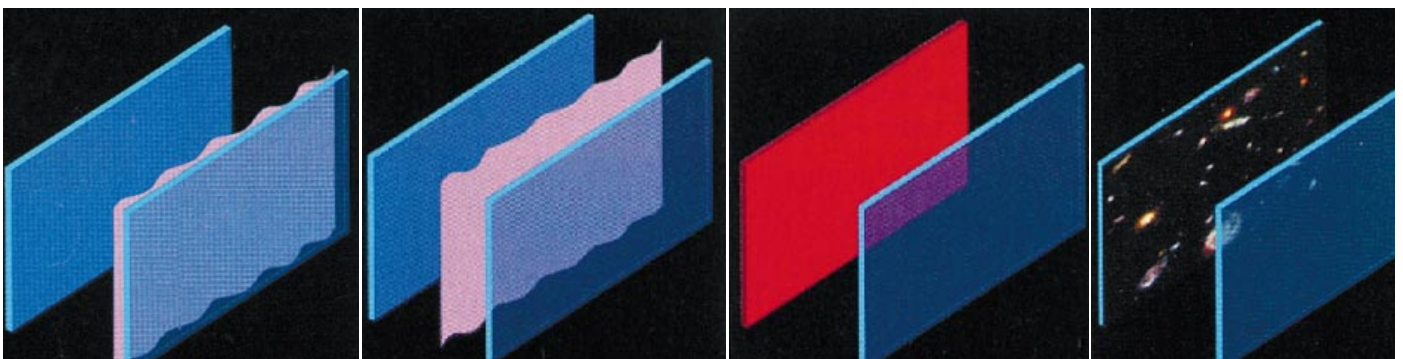
kracht ervaren, heeft te maken met het feit dat ze de enige kracht is die uitsluitend aantrekt — de drie andere stoten tegelijk af.

'Met deze vraag houdt Hawking zich tegenwoordig bezig', zegt Sevrin, die zich met zijn ULB-collega Henneaux ook over de wiskunde van branen buigt. 'We kunnen de dimensies uit de M-theorie niet alleen klein, maar ook zwart maken, zodat ze niet te zien zijn. Ze kunnen dan zelfs oneindig groot worden. In die optie kunnen we het heelal beschrijven als een hoop rondzwevende driedimensionele branen, maar we zien alleen de braan waar we zelf opzitten, omdat

licht en de twee kernkrachten alleen óp de branen opereren. De zwaartekracht daarentegen kan van de ene braan naar de andere reiken. Bijgevolg is ze op onze braan een stuk minder sterk dan de andere krachten.'

HELE KLEINE ZWARTE GAATJES

Op analoge manier wordt verklaard waarom de kosmologische constante, waar zelfs Einstein mee in de knoop lag, zo klein is. Deze constante is de massa die in het (dan lege) heelal zou achterblijven als alle materie eruit gehaald is. De constante is niet nul: er blijft dus inderdaad een klein beetje massa achter, ►

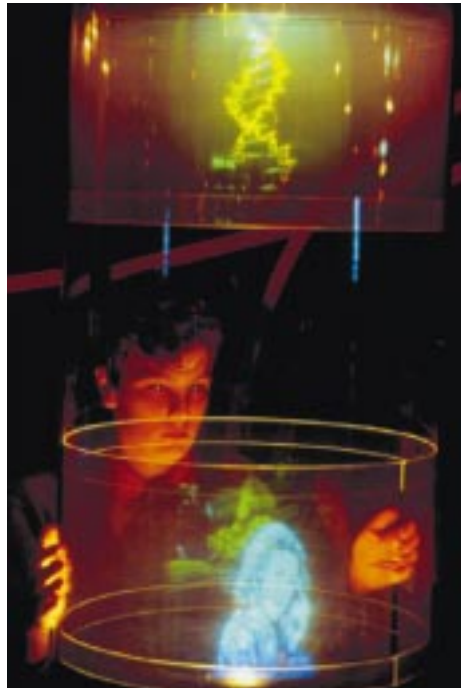


EKPYROTISCH MODEL. De grote oerknal (rood vlak) was het gevolg van een botsing tussen branen.

► zodat het lege heelal niet plat is, maar lichtjes gekromd.

Mooie modellen dus, maar een wetenschappelijke theorie staat of valt met de mate waarin ze door experiment of eenvoudige waarneming getest kan worden. Niemand van de in Brussel verzamelde natuurkundigen, van Sevrin tot Hawking, twijfelde er echter aan dat in de nieuwe deeltjesversneller die in het Zwitserse Genève wordt gebouwd (de *Large Hadron Collider* of LHC) aanwijzingen voor de juistheid van de theorie zullen opduiken. Het zal wel een jaar of tien duren voor het zover is. 'Onze braan-wereld levert testbare voorspellingen op, onder meer inzake nieuwe resonanties van elementaire deeltjes', haalt Sevrin als voorbeeld aan. 'Hawking is ervan overtuigd dat in bepaalde omstandigheden in de LHC hele kleine zwarte gaatjes zullen opduiken, die onmiddellijk een wolkje Hawking-radiatie zullen afgeven en prompt verdwijnen. Het is te hopen voor hem dat dit juist is, want dan maakt hij kans op een Nobelprijs.'

Kosmologen rekenen er ook op dat de ruimtetelescoop Hubble dingen uit het begin van het heelal zal blootleggen die de M-theorie steunen. Want dat de theorie gevolgen heeft voor de kennis van het ontstaan van onze wereld is evident. Een half jaar geleden dook een nieuw kosmologisch model in de wetenschappelijke wereld op: het ekpyrotische heelal, naar het Grieks voor 'hevige brand'. Het is bekend dat ons heelal zo'n 15 miljard jaar geleden 'ineens' tot leven kwam, in wat voorlopig nog altijd de Grote Oerknal (*Big Bang*) heet. Over hoe die knal zelf ontstond, heerst weinig eensgezindheid.



BENELUX PRESS

De hand van God, is de gemakkelijkste verklaring.

Het ekpyrotische model geeft echter een beschrijving van deze 'schepping'. Een heelal dat parallel aan het onze, maar in een onzichtbare dimensie,

EEN WERELD VAN BRANEN

VERKLAART WAAROM DE

ZWAARTEKRACHT DIE WIJ VOELEN

ZO ONGELOOFLIJK ZWAK IS.

voortbewoog, scheurde langs onze slapende wereld en bracht zo een kolken-de stroom van quarks en andere subatomaire deeltjes tot leven die later materie vormden. Concreet zou onze kosmos dus 'gezelschap' hebben: heelallen die in al dan niet slapende toestand als

HOLOGRAM.

Ons heelal is mogelijk een vierdimensionele schaduw van een vijfdimensioneel geheel.

een hologram op hun braan zitten, misschien in een vijfde dimensie die wij niet kunnen zien omdat licht van andere branen ons niet bereikt. Maar omdat de zwaartekracht wel overal kan opereren, kunnen branen elkaar aantrekken en zijn botsingen tussen heelallen mogelijk.

Onze wereld is dus maar een deel van wat er bestaat. Zou het dan kunnen dat God slechts in een stukje van het Grote Geheel actief is? 'Het ekpyrotische heelal is in ieder geval een nieuwe theorie die feilloos overgaat in de Grote Oerknal', analyseert Sevrin. 'Het is duidelijk dat er vóór de oerknal iets moet zijn geweest: een grote onderliggende structuur die aan de basis van alles ligt. Maar wat dat is, daar zijn we nog niet uit. Er komt uit vele hoeken kritiek op het ekpyrotische model, omdat het succes ervan sterk steunt op een scherp afgelijnde beginsituatie met een heelal dat al oneindig en uniform is. Elke afwijking van de beginvoorwaarden resulteert in een warboel.'

Hawking gelooft niet in het ekpyrotische model. Voor hem ontstond ons heelal, net als de andere, als een kwantumfluctuatie in de lege ruimte, te vergelijken met een bel in kokend water, afgelijnd maar zonder grens. Een bel met een holografische wereld op haar membraan en een hoop dimensies in haar binnenste. 'We moeten eerlijk zijn', besluit Sevrin, 'Momenteel kunnen we daar niet veel ernstigs over zeggen. De voorkeur voor een of ander model is voorlopig een kwestie van smaak. Maar als de details duidelijker worden, zullen we zeker in staat zijn concrete uitspraken te doen over hoe het allemaal begon.' ■

DIRK DRAULANS