

De oerknal, toen en nu

Thomas Hertog

INLEIDING

Van oudsher heeft de mens getracht het mysterie van het ontstaan van de wereld te vatten. Traditioneel was dit in onze contreien het domein van de twee scheppingsverhalen in het boek Genesis en de oud-Griekse kosmologieën van Plato en Aristoteles. Pas in de late middeleeuwen en in het bijzonder met het werk van Nicolas Copernicus en later Galileo Galilei kwam de ontwikkeling op gang van een geheel nieuwe, wetenschappelijke methode om de wereld te bestuderen. Galileo's beroemde gezegde dat 'het boek van de natuur is geschreven in de taal van de wiskunde' werd bekrachtigd in 1687, toen Isaac Newton de universele wet van de zwaartekracht formuleerde, die zowel de valbewegingen op de aarde beschrijft (denk maar aan Newtons beroemde appel) als de banen van de planeten rond de zon.

Newtons mathematisering van de mechanica was echter niet van toepassing op de ruimte als geheel. Begrippen als tijd en ruimte waren niet meer dan een statische arena in Newtons denken en de vraag naar de oorsprong van de wereld behoorde naar zijn mening niet tot het domein van de wetenschap.

Maar de taal van de wiskunde overtrof alle verwachtingen. Ze bleek bijzonder geschikt te zijn om de onderliggende fysische aard van de wereld te ontcijferen, en wetenschappers werden als het ware de nieuwe ontdekkingsreizigers. In 1915 formuleerde Einstein de relativiteitstheorie waarmee hij de notie van tijd en ruimte transformeerde van een passieve achtergrond tot een dynamische, gekromde structuur. In Einsteins relati-

viteitstheorie staan tijd en ruimte in wisselwerking met materie en energie. De relativiteitstheorie beschrijft Newtons zwaartekracht als een manifestatie van de kromming van tijd en ruimte. 'Planeten als de aarde volgen een recht pad in een gekromde ruimte,' zo stelde Einstein.

De relativiteitstheorie werd op spectaculaire wijze empirisch geverifieerd in 1919, toen een Britse expeditie naar West-Afrika onder leiding van de astrofysicus Arthur Eddington tijdens een totale zonsverduistering een verschuiving in de positie van een ster net naast de zon waarnam, precies in overeenstemming met de kromming van de ruimte door de massa van de zon zoals de relativiteitstheorie voorspelt.

Einsteins relativiteitstheorie veegde de aloude opvatting van het heelal als een onveranderlijke arena van tafel. Zij vormde het startschot van een ware revolutie in ons denken over de kosmos. Voor het eerst in de geschiedenis van de mensheid was de wetenschap op een punt gekomen dat ze haar licht kon laten schijnen op het heelal als geheel.

DE GEBOORTE VAN DE MODERNE KOSMOLOGIE

Zelfs na de formulering van de relativiteitstheorie bleef de wetenschappelijke gemeenschap, met Einstein op kop, aanvankelijk vasthouden aan het aloude, diepgewortelde beeld van een statisch, eeuwig heelal. Binnen deze opvatting was de vraag naar de oorsprong van het heelal van louter metafysische aard. Als het heelal al ooit gecreëerd was, dan zou het immers al bij aanvang min of meer haar huidige structuur hebben aangenomen en dus was de oorsprong zelf verder van weinig belang. Vanuit observationele hoek was er de eerste jaren ook weinig aanleiding om het klassieke wereldbeeld in twijfel te trekken, want waarnemingen waren beperkt tot fenomenen binnen de melkweg, het spiraalvormige sterrenstelsel bestaande uit miljarden sterren waartoe ook de zon behoort. Weliswaar had de Rus Alexander Friedman in 1922 op basis van de relativiteitstheorie een wiskundig model geformuleerd van een heelal waarin de ruimte uitdijt, maar Einstein had dit afgedaan als een zuiver theoretische, wiskundige constructie zonder enige relevantie voor wat *ons* heelal betreft.

De eerste echte barsten in het klassieke wereldbeeld verschenen midden jaren 1920 met de waarnemingen van de Amerikaanse astronoom Edwin Hubble en zijn collega's op Mount Wilson bij Pasadena in Californië. Hubble en zijn team bestudeerden er met de krachtigste telescoop ter wereld het spectrum van de beruchte nebulae, mysterieuze nevels waarvan men indertijd niet wist of het structuren betrof die zich binnen dan wel buiten de

melkweg bevonden. Hubble stelde tot zijn verbazing vast dat die nevels in feite volledige sterrenstelsels zijn die zich ver buiten de melkweg bevinden, op vele miljoenen lichtjaren afstand. Het heelal bleek enorm veel groter te zijn dan men vermoedde! (Een lichtjaar is de afstand die lichtdeeltjes in één jaar afleggen; het is een handige afstandsschaal in de kosmologie. Ter vergelijking, de diameter van de melkweg zelf bedraagt ongeveer 100.000 lichtjaren.) Bovendien toonde Hubble aan de hand van een spectrale analyse van het licht van de nevels aan dat zij zich nagenoeg allemaal van elkaar verwijderen, met een snelheid die evenredig is tot hun onderlinge afstand.

Het was echter de Leuvense fysicus en priester Georges Lemaître die uiteindelijk de radicale breuk met het klassieke wereldbeeld realiseerde. Lemaître was goed vertrouwd zowel met de relativiteitstheorie – hij had een opleiding genoten bij Eddington in Cambridge – als met Hubbles baanbrekende waarnemingen – via o.a. een verblijf aan het Harvard College Observatory. Lemaître toonde aan dat de schijnbare verwijdering van de nebulae kan begrepen worden in de relativiteitstheorie als een manifestatie van de uitdijning van de ruimte zelf. In een uitdijende ruimte, zo stelde Lemaître, wordt de golflengte van lichtdeeltjes langer terwijl zij zich doorheen de ruimte van het ene sterrenstelsel naar het andere bewegen. In de kosmologie spreekt men van een roodverschuiving van het licht, omdat rood licht een langere golflengte heeft dan bijvoorbeeld geel of blauw licht. Een uitdijende ruimte heeft dus hetzelfde effect op lichtdeeltjes als het welbekende dopplereffect dat optreedt wanneer een licht- of geluidsbron zich van de waarnemer verwijderd (denk maar aan de sirene van een ambulance die lager klinkt – langere golflengte – als de ambulance zich van u verwijderd.)

Lemaîtres bevindingen brachten hem ertoe om te breken met het traditionele wereldbeeld van het heelal als statische arena. Hij poneerde dat het heelal evolueert, dat de ruimte tussen de sterrenstelsels uitdijt. Deze baanbrekende hypothese luidde de geboorte in van de moderne kosmologie. Ze zou uitgroeien tot één van de belangrijkste intellectuele ontdekkingen van de twintigste eeuw en onze ideeën over de oorsprong en de toekomst van het heelal grondig transformeren.

KOSMISCHE EVOLUTIE

In een evoluerend heelal is de oorsprong niet langer van louter metafysische aard. Immers, als het heelal uitdijt, zoals Lemaître betoogde, dan bevonden sterrenstelsels zich vroeger dichter bij elkaar. Vandaag kunnen we op basis van de samenstelling van het heelal afleiden dat ongeveer 13,7

miljard jaar geleden alle materie samengeperst moet geweest zijn in een 'punt', wat later gemeenzaam bekend werd als de hete oerknal. Lemaître wordt daarom ook wel eens 'father of the big bang' genoemd. Hijzelf beschreef de hete begintoestand als 'un atome primitif'.

Ten tijde van de hete oerknal bestond het heelal aanvankelijk uit vrije fotonen, neutrino's, elektronen, protonen en neutronen. Na één seconde al was het heelal voldoende afgekoeld, opdat protonen en neutronen zich konden verbinden en zo de kernen vormen van atomen zoals waterstof en helium. Gedurende enkele minuten functioneerde het hele heelal als een gigantische kernfusiereactor tot, omwille van de verdere uitdijning, de kans op een ontmoeting tussen protonen en neutronen te klein werd. Uit berekeningen blijkt dat de nucleaire samenstelling van een jong expanderend heelal zich stabiliseert rond 76% waterstof, 24% helium en een minieme fractie van zwaardere elementen, precies in overeenstemming met de empirische verhoudingen.

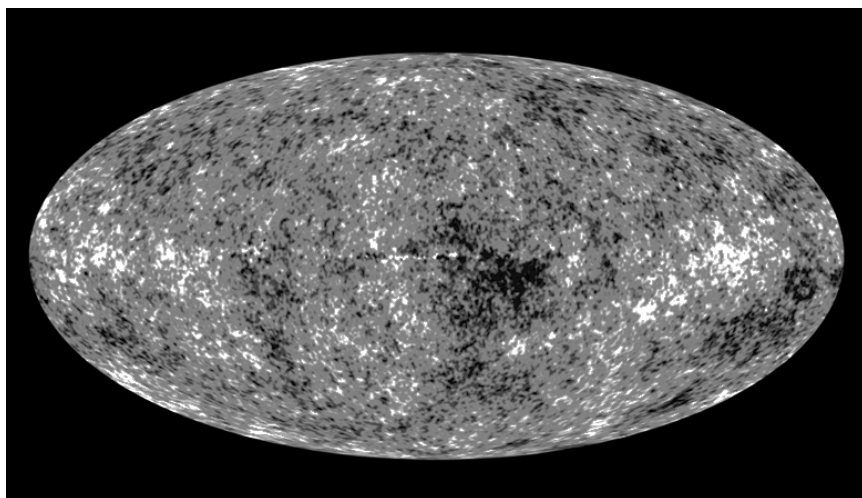
Ongeveer 300.000 jaar later, toen de temperatuur van het heelal was teruggevallen tot enkele duizenden graden, verbonden de elektronen zich tenslotte aan de waterstof- en heliumkernen en ontkoppelden de fotonen zich van de materie. Terwijl voordien een foton nog geen centimeter kon afleggen zonder door een elektron verstrooid te worden, werd het heelal nu haast volledig transparant voor fotonen. Lichtdeeltjes bewegen zich sindsdien nagenoeg ongehinderd doorheen de ruimte. Door de verdere uitdijning van het heelal verschoof de golflengte van dit eerste licht – de gloed van de oerknal als het ware – naar het infrarood en vervolgens naar het gebied van de microgolven. Het werd dus weer donker in het heelal, tot het ontstaan van de eerste sterren vele miljoenen jaren later. Maar de hitte van de oerknal kan niet zomaar helemaal verdwijnen. Zij vult immers de hele ruimte! Lemaître was zich al bewust dat zijn oerknalhypothese het bestaan voorspelde van een fossiele straling – een schijnsel van het oer vuurwerk zoals hij zei – die overal aanwezig zou moeten zijn. 'Het heelal draagt de sporen van haar jeugd', schreef hij in 1931. Lemaître (en andere wetenschappers) hadden echter geen duidelijk idee onder welke vorm men deze nagloed van de oerknal vandaag nog zou kunnen waarnemen, waardoor de ultieme observationele bevestiging van Lemaîtres oerknalhypothese nog vele jaren op zich liet wachten.

Tot in februari 1964, toen Arno Penzias en Robert Wilson, twee ingenieurs van het Bell Telephone Laboratory, met hun reusachtige radioantennes een mysterieuze, zwakke ruis van microgolven opvingen. De microgolven zijn niet afkomstig van welbepaalde bronnen maar bereiken de aarde vanuit alle richtingen in de ruimte. Het spectrum van de straling (de verdeling van de intensiteit van de straling over verschillende golflengten) stemt bovendien bijzonder goed overeen met het spectrum van een lichaam in evenwicht bij een temperatuur van 2,735 graden Kelvin (ongeveer min 270

graden Celsius). Al spoedig bleek – met de hulp van enkele kosmologen in Princeton – dat deze kosmische achtergrondstraling wel degelijk de nagloed van de oerknal was. De uitdijning van het heelal heeft de hoogenergetische straling van de hete oerknal gedurende vele miljarden jaren afgekoeld, een extreme vorm van de roodverschuiving van sterrenstelsels die Hubble enkele decennia eerder al had waargenomen, waardoor de temperatuur van het heelal gedaald is tot 2,735 graden boven het absolute nulpunt.

De ontdekking van de kosmische achtergrondstraling verankerde Lemaître's oerknalhypothese als een dominant paradigma dat richtinggevend werd voor de verdere ontwikkeling van de moderne kosmologie. Tezelfdertijd deed de schijnbaar uniforme achtergrondstraling vragen rijzen over hoe en waarom uit een homogene vuurbal de complexe hiërarchie van structuren die het huidige heelal kenmerken zijn voortgekomen. Wat zijn de zaden van de miljarden planeten, sterren en sterrenstelsels die het enorme heelal vandaag vorm geven en de basisvoorwaarden creëren opdat er zich ergens, op minstens één van de miljarden planeten, een complexe biotoop zou kunnen ontwikkelen?

In de jaren 1990 werd duidelijk dat de kosmische achtergrondstraling al haar geheimen niet zomaar had prijs gegeven. In 1991 toonden metingen met de Amerikaanse COBE satelliet aan dat de achtergrondstraling toch niet perfect uniform verdeeld is over de ruimte; ze varieert zowaar met enkele honderdduizendsten van een graad naargelang de richting waarin men kijkt. Deze variaties leidden in het jonge heelal tot minieme variaties



FIGUUR 1: Kosmische achtergrondstraling (<http://sci.esa.int/planck/> voor meer informatie en een kleurenversie van de kaart)

in de dichtheid van materie. Gravitationele aantrekking heeft deze vervolgens versterkt, waardoor er zich in de ietwat warmere gebieden sterren en sterrenstelsels ontwikkeld hebben, terwijl de wat koudere delen geevolueerd zijn tot grote, quasi lege gebieden.

De Europese Plancksatelliet heeft vorig jaar het patroon van variaties in de achtergrondstraling bijzonder scherp in beeld gebracht. Figuur 1 toont een projectie van het volledige bolvormige hemelgewelf met daarop aangegeven de temperatuur van de achtergrondstraling in verschillende richtingen. De verschillende tinten van grijs komen overeen met een schaal van 0,0001 graden. Dit zijn de zaden die zich in de loop der (miljoenen) jaren zouden ontwikkelen tot een complex heelal van sterren en sterrenstelsels. Zij vormen het sluitstuk van de oerknalhypothese.

De achtergrondstraling geeft ons een beeld van het heelal zoals het was 300.000 jaar na de hete oerknal, toen de fotonen zich ontkoppelden van de rest van de materie. Het is bovendien een beeld van onze kosmische horizon. Tevoren was het heelal immers ondoorzichtbaar voor elektromagnetische straling, net zoals het binnenste van de zon. We hebben dus geen rechtstreekse waarnemingen van de realm van ons heelal 'achter' de achtergrondstraling. Maar het patroon van variaties in de achtergrondstraling kan ons wel iets leren over wat er zich achter de horizon afspeelt, in een nog verder verleden. De achtergrondstraling is als de Rosettasteen van de kosmologie, waarmee wetenschappers de geschiedenis van het heelal trachten te reconstrueren en tot op zeker hoogte de aard van de oerknal zelf hopen te ontcijferen.

EEN BIOFIEL HEELAL?

De twintigste eeuw was een 'golden century' voor de kosmologie. De ontwikkeling en vervolgens de empirische verificatie van het oerknalmodel zijn een ware triomf voor de wetenschap. Ze leidden een revolutie in van onze perceptie van de kosmos en onze plaats in het heelal.

De overkoepelende verdienste van de moderne kosmologie bestaat erin om het hele heelal als een evoluerend systeem te beschouwen. Daarmee kadert de moderne kosmologie de biologische evolutie op aarde in een bredere, kosmische evolutie en maakt de samenhang tussen beide duidelijk. Zo worden de bouwstenen van alle leven op aarde – de zwaardere chemische elementen zoals koolstof, zuurstof enzovoort – gevormd in thermonucleaire processen in het hart van vele generaties van sterren, waarvan

we de eerste tekenen al zien in de minuscule variaties in het jonge, hete heelal, zo'n 13,7 miljard jaar geleden.

Anderzijds komt er vanuit de twintigste-eeuwse kosmologie met haar onmetelijke heelal ook een vrij kil en sterk Copernicaans wereldbeeld naar voren. Stephen Hawking bijvoorbeeld schreef in de jaren 1980: 'We are merely chemical scum on a moderately-sized planet orbiting an average star in the outskirts of an ordinary galaxy.'

Toch wijzen tal van tekenen erop dat er wellicht meer aan de hand is. Als de variaties in de achtergrondstraling bijvoorbeeld ietwat kleiner waren geweest, waren ze te zwak opdat er sterren en sterrenstelsels uit zouden kunnen ontstaan. Als ze daarentegen een tienduizendste van een graad groter waren geweest, dan zou er uit de hete oersoep een heelal met uitsluitend enorme zwarte gaten zijn voortgekomen. Beide scenario's leiden tot een steriel heelal zonder biologische complexiteit. Een ander voorbeeld van het 'biofiele' karakter van ons heelal betreft de vorming van koolstof in sterren, wat berust op een bijzonder delicate verhouding van de elektromagnetische tot de nucleaire krachten. Ook de samenstelling van het heelal, het aantal dimensies en zelfs de initiële graad van expansie wijzen er allemaal op dat we ons in een merkwaardig biofiele kosmos bevinden. Het is alsof de natuurwetten en de oerknal ontworpen zijn, opdat er miljarden jaren later complexe fysische, chemische en biologische structuren zouden ontstaan. Of zoals de beroemde schrijver Paul Davies het verwoordde, 'the emergence of life in our universe depends delicately on a number of seemingly fortuitous features of the physical conditions at the big bang'. Is dit puur toeval of was het heelal hiertoe voorbestemd of ontworpen?

De hete oerknal is tegelijk de hoeksteen van de modern kosmologie en haar Achilleshiel. Enerzijds verweeft de moderne kosmologie het complexe heelal zoals we dat vandaag kennen met haar oorsprong. Anderzijds blijft de fysische aard van de oorsprong zelf een groot raadsel waarop tal van wetenschappers sinds Lemaitre hun tanden stukgebeten hebben. Brout, Englert en Gunzig bijvoorbeeld, gaven uiting aan hun frustratie in 1979 met de woorden '...the so-called big bang hypothesis, more a confession of desperation and bewilderment than the outcome of logical argumentation rooted in the known (or even unknown!) laws of physics.' De hete oerknal is immers het vertrekpunt van de moderne kosmologie, het is input en geen output. De grote uitdaging van de kosmologie in de eenentwintigste eeuw bestaat erin om ook de oorsprong van de aard van de oerknal zelf in een wetenschappelijk kader te begrijpen.

ONTSTAAN VAN TIJD EN RUIMTE

Stephen Hawking en Roger Penrose toonden in de jaren 1960 op basis van de relativiteitstheorie rigoureus aan dat bij de oerknal begrippen zoals tijd en ruimte wel degelijk hun betekenis verliezen. De enorme materiedichtheid bij de oerknal leidt tot een kromming van tijd en ruimte die niet langer houdbaar is. De tijdruimte (het heelal) crasht als het ware en vernietigt zichzelf, en de relativiteitstheorie heeft hier verder niets over te zeggen.

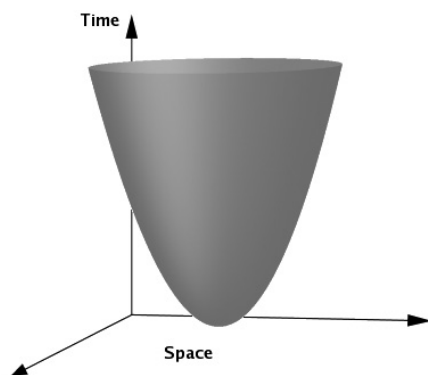
Dit betekent dat een fysische beschrijving van de oerknal in voor de natuurkunde gebruikelijke termen zoals tijd en ruimte wellicht geen steek houdt. De relativiteitstheorie voorspelt wel hoe tijd en ruimte evolueren, maar niet hoe tijd en ruimte zomaar uit het niets kunnen ontstaan. Lemaître's oerknalmodel beschrijft daarom enkel de evolutie van een reeds bestaand heelal, vertrekkende van een hete initiële uitdijende ruimte, maar het zegt weinig over haar oorsprong. Behoort de studie van het ontstaan van de kosmos dan niet tot het domein van de wetenschap? Of zoals Hawking zich ooit afvroeg 'Do we need an outside agency like God to get the Universe going?'

In een waarlijk visionair artikel in *Nature* onder de sprekende titel 'The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory', betoogde Lemaître al in 1931 dat de oerknal wel degelijk wetenschappelijk bestudeerd kan worden. De relativiteitstheorie is echter ontoereikend, stelt Lemaître, omdat bij de oerknal de deterministische macro-wereld van gravitatie, tijd en ruimte verweven raakt met de kwantum micro-wereld van waarschijnlijkheden, deeltjes en atomen. In dit artikel schrijft Lemaître 'If we go back in the course of time... we find all the energy of the universe packed in a few or even a unique atom... If the world has begun with a single quantum the notions of space and time would altogether fail to have any meaning at the beginning'. Hij speculeert verder dat men voor een wetenschappelijke beschrijving van de oerknal aangewezen is op de kwantumfysica.

Uiteindelijk poneerden James Hartle en Stephen Hawking in de jaren 1980 als eersten een concreet kwantumfysisch model van de oerknal. Hawking was intussen wereldberoemd geworden dankzij zijn werk rond zwarte gaten, waarbij hij erin geslaagd was om de kwantumfysica tot op zekere hoogte te combineren met de relativiteitstheorie. Zwarte gaten zijn gebieden die afgesneden zijn van de rest van het heelal en die ontstaan bij de implosie van grote sterren als de nucleaire brandstof opdraakt. De kromming van de ruimte wordt dan zodanig groot dat er zich een gebied vormt waaruit zelfs lichtdeeltjes niet meer kunnen ontsnappen.

Naar analogie met zwarte gaten suggereerden Hartle en Hawking dat het heelal zich als het ware in zichzelf terugplooit bij de oerknal. Het heelal

sluit zich in het verleden, stelden ze, maar dan wel zonder te crashen. Het oerknalmodel van Hartle en Hawking beschrijft in zekere zin de creatie van tijd en ruimte *ex nihilo*. Tijd en ruimte krijgen vorm vanuit een meer abstracte, tijdloze 'kwantum toestand'. We illustreren dit in figuur 2: de verticale tijdsdimensie gedraagt zich als het ware als een bijkomende ruimtedimensie bij de oerknal, wat een zachte landing van het heelal mogelijk maakt. De aloude vraag naar wat er zich vóór de oerknal afspeelde, verliest haar betekenis in dit scenario. Het is zoals vragen wat er zich ten zuiden van de Zuidpool bevindt.



FIGUUR 2: Kwantumcreatie

MULTIVERSUM

Hawkings kwantummodel van de oerknal heeft verregaande gevolgen voor de moderne kosmologie. Dit heeft alles te maken met het feit dat de kwantumfysica ten gronde probabilistisch is. De kwantumfysica beschrijft een wereld die gedirigeerd wordt door waarschijnlijkheden, door een subtiële wisselwerking van toeval en noodzaak. Zo ook leidt Hartle en Hawkings kwantumtoestand tot de creatie van een hele verzameling van universa, die elk hun eigen samenstelling hebben en al tastend als het ware hun eigen natuurwetten ontwikkelen. Die verzameling van universa vormt een multiversum. De kwantumtoestand bepaalt welke soorten heelals in het multiversum er meer of minder waarschijnlijk zijn.

De wetenschappelijke exploratie van de oerknal op basis van een (vooralsnog ruwe) synthese van de relativiteitstheorie en de kwantumfysica leidt dus tot de ietwat paradoxale conclusie dat het heelal geen wel-

bepaalde oorsprong kent. Ze voorspelt daarentegen een multiversum met een brede waaier van werelden die naast elkaar bestaan en bovendien wisselende vormen aannemen.

Het mysterieuze biofiele karakter van ons heelal dat de Achilleshiel was geworden van de klassieke twintigste-eeuwse kosmologie heeft een natuurlijke interpretatie in Hawkings multiversum. Slechts een kleine fractie van de universa in het multiversum zijn biofiele heelals zoals het onze, waarin zowel de natuurwetten als de initiële expansiefase kort na de oerknal aan de voorwaarden voldoen, opdat er later sterrenformaties en chemische en biologische complexiteit zouden ontstaan. We bevinden ons vanzelfsprekend in één van die biofiele heelals. Dit heeft echter niets te maken met een teleologisch ontwerp. Het is daarentegen een natuurlijk gevolg van een kosmische evolutie waarin een wisselspel van toeval en noodzaak als vanzelf in een fractie van de heelals tot een hogere vorm van complexiteit leiden, enigszins zoals bij Darwiniaanse evolutie op aarde.

Een opmerkelijke voorspelling van Hawkings *ex nihilo*-model van de oerknal is dat het een grote waarschijnlijkheid toekent aan biofiele heelals met een bijzonder krachtige initiële expansiefase, waarin het heelal in een fractie van een seconde enorme afmetingen aanneemt. Dergelijke snelle expansie, die in wetenschappelijke kringen kosmische inflatie wordt genoemd, laat bovendien haar sporen na; ze leidt tot een zeer bijzonder patroon van variaties in de kosmische achtergrondstraling. En laat dat nu net het patroon wezen dat precies overeenstemt met de beelden van de Planck-satelliet!

Een multiversum houdt een enorme verruiming van onze notie van realiteit in. We wisten reeds dat ons heelal veel groter is dan wat men tot de jaren 1920 vermoedde, met vele miljarden sterrenstelsels op miljoenen en soms miljarden lichtjaren van ons. Nu blijkt dat het slechts een vertakking van een multiversum is. Ten tweede impliceert een multiversum een verruiming van onze notie van evolutie. In een multiversum worden namelijk ook wat we tot hertoe als 'de natuurwetten' beschouwden onderdeel van de kosmische evolutie, met variaties van het ene heelal tot het andere. Maar niet zomaar eender welke natuurwetten vindt men ergens in het multiversum terug. Wetenschappers vermoeden dat de mogelijke variaties in de natuurwetten bepaald worden door de snarentheorie. De snarentheorie beschrijft de natuurkrachten namelijk in zuiver geometrische termen op basis van zes bijkomende, opgerolde, microscopisch kleine ruimtedimensies. Deze verborgen dimensies kunnen een heleboel verschillende structuren aannemen in de snarentheorie, wat telkens weer een ander gamma van natuurkrachten en elementaire deeltjes in de vier grote zichtbare dimensies realiseert. Deze vormen samen het 'landschap' van mogelijke werelden.

KOSMOLOGIE EN WERELDBEELD

De klassieke twintigste-eeuwse kosmologie met haar onmetelijke, unieke heelal is in vele opzichten de ultieme realisatie van een zuiver Copernicaans wereldbeeld. Het is een model waarin alle leven op aarde en biologische complexiteit meer algemeen absoluut geen rol spelen in het grote kosmische geheel.

De eenentwintigste-eeuwse kwantumkosmologie met haar multiversum daarentegen roept aan dit Copernicaanse denken een halt toe. De kwantumkosmologie kadert het biofiele karakter van ons heelal binnen een ruimere kosmische evolutie en laat ons toe om de samenhang tussen beide te begrijpen. Zo zien we dat biologische complexiteit – en zelfs de eenvoudige vaststelling dat we überhaupt bestaan – leefbare vertakkingen in het multiversum selecteert en dus wel degelijk nauw verweven is met de aard van ons heelal. Onze waarnemingen en acties realiseren als het ware een bepaalde klasse van biofiele heelals in het multiversum.

De kwantumkosmologie schetst dus geen Copernicaans wereldbeeld maar eerder een van wisselwerking en synthese van mens en kosmos. Een vorm van ‘realism with a human face’ waar ook de beroemde filosoof Hilary Putnam vurig voor pleitte. Men zou kunnen stellen dat in een multiversum de mens in zekere zin terug een meer centrale plaats inneemt in de kosmos. Zo lieten Hawking en Hertog enkele jaren geleden (in een spectaculaire wending in Hawkings denken!) optekenen: ‘In a multiverse we are not merely chemical scum. Perhaps the most significant fact about the universe is that life exists.’

LITERATUUR

- G. Lemaître, The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory, in *Nature*, 1931, 127:447.
- T. Hertog, Oorsprong en Ontwikkeling van een Biofiele Kosmos, in *Onze Alma Mater*, KU Leuven, 2002, 4:21, 421-448.
- B. Greene, *The Fabric of the Cosmos*, New York, Knopf Publishers, 2004.
- P. Davies, *The Goldilocks Enigma, Why is the Universe Just Right for Life?*, Penguin Books, 2006.
- D. Lambert, *Lemaître: Geestelijk vader van de oerknaltheorie*, Diemen, Uitgeverij Veen Media, 2012.
- H. Nussbaumer en L. Bieri, *Discovering the Expanding Universe*, Cambridge, Cambridge University Press, 2009.
- S. Hawking, *Brief History of Time*, New York, Bantam Press, 1988.
- New Scientist*, Hawking's Flexiverse, April 22, 2006.

