

Alleen in de kosmos

Heeft God het heelal
op maat gemaakt voor de mens?



De kosmologie zit er steeds meer mee in haar maag: ons heelal steekt verdacht perfect in elkaar. Maar wie of wat heeft er aan de knoppen van het heelal gedraaid? Een nog onbekende natuurwet? God, misschien? Of is onze werkelijkheid een computersimulatie, bedacht door een experimenteerlustige, extragalactische nerd?

■ Stelt u zich een executie voor naar Kafkaësk model: u staat voor een twaalfkoppig vuurpeloton. Of u schuldig of onschuldig bent, doet er niets meer toe op het moment dat de soldaten op commando van de officier vrijwel gelijktijdig de trekker overhalen. Maar als de rook is opgetrokken bent u er nog, tot uw stomme verbazing. De muur achter uw hoofd vertoont een krans van kogelgaten. Door een ongelooflijke samenloop van omstandigheden hebben alle twaalf de schutters gemist. De officier stapt op u af en zegt: "Nogal wiesde dat ze alle twaalf misgeschoten hebben. Anders zou je hier nu niet staan. Er is dus geen enkele reden om verbaasd te zijn."

Deze anekdote, bedacht door de filosoof John Leslie, verbeeldt de status van de mens volgens de huidige kosmologie. Wij zijn hier nu, omdat de gebeurtenissen sinds de oerknal blijkbaar zodanig waren dat we er kunnen zijn. Hoe moeten we die samenloop van omstandigheden duiden?

Degradatie Vanaf het moment dat de wetenschap echt iets voorstelde, is deze bezig geweest om de mens uit het centrum van de schepping te verwijderen. Copernicus leerde ons dat niet de aarde, maar de zon het middelpunt van het zonnestelsel was, en dat was nog maar het begin van de degradatie. Sinds Darwin weten we ook op aarde onze plaats en zou je de menselijke existentie als volgt kunnen samenvatten: verbeeld je maar niets, *Homo sapiens*, jij gepimpte mensaap op je heel gewone planeet, rond een modale ster, in een suffe buitenwijk van een standaard spiraalstelsel, op een willekeurige plek in het heelal – dat trouwens alleen maar willekeurige plekken heeft, want de kosmologie dicteert dat het homogeen en isotroop is, dat wil zeggen overal hetzelfde.

De wetenschap leverde wel enige troost: juist omdat we zo gewoon zijn, zijn we vast niet alleen. Overal elders in het heelal moet ook leven zijn, intelligent leven, deels veel intelligenter dan wij en 'dus' moreel hoogstaander. Zoek in plaats van God je buitenaardse burens op, want het is gezellig in het heelal. "Ik ben daar pessimistisch over," stelt Cees Dekker, universiteitshoogleraar, biofysicus en nanowetenschapper aan de Technische Universiteit Delft. "Als je weet hoeveel parameters dan

tegelijkertijd moeten kloppen... Ik zelf denk dat er geen ander intelligent leven in het heelal is." Dat zou een enorm verschil maken voor de positie van de mens, die dan filosofisch terugkomt in het brandpunt van de kosmos. Het antropisch principe, een omstreden verklaring voor een heelal dat voor de mens op maat gemaakt lijkt, werd in 1973 op de agenda gezet door de kosmoloog Brendon Carter. Ironisch genoeg deed hij dat op een conferentie ter ere van de vijfhonderdste verjaardag van Copernicus. Allerlei natuurconstanten en schijnbaar toevallige parameters van het heelal, betoogde hij, hebben precies de waarde die nodig is om intelligent leven een optimale kans te bieden.

Carters voorzet is opgepikt door fysici John Barrow en Frank Tipler, die in 1986 met *The Anthropic Cosmological Principle* de bijbel op dit gebied publiceerden, met talrijke rekenvoorbeelden van fijnafstemming van parameters.

Het verbazingwekkende is namelijk dat wij ons eigen bestaan met terugwerkende kracht kunnen toerekenen aan de omstandigheden die heersten in het heelal kort na de oerknal, toen het niets anders bevatte dan een gloeiendheet plasma van elementaire deeltjes.

Neem als voorbeeld de 'sterke' kernkracht, die het verloop van kernreacties bepaalt. In de relevante formules komt een parameter voor die aangeeft hoe sterk die kracht inwerkt op kerndeeltjes. Als die parameter een paar procent groter was, dan was al bij de oerknal alle waterstof in helium omgezet, zodat geen sterren ontstaan. Is die parameter iets lager, dan ontstaan wel sterren, maar kan daarin geen productie van zwaardere elementen dan helium, zoals koolstof en zuurstof, optreden. In beide gevallen is het ontstaan van leven uitgesloten.

Voorts is duidelijk dat voor de evolutie van levensvormen die je 'intelligent' zou kunnen noemen veel tijd nodig is, in de orde van honderden miljoenen jaren. Uit kosmologische modellen blijkt dat het uiterst moeilijk is om een heelal te ontwerpen dat enerzijds niet binnen de kortste keren onder z'n eigen zwaartekracht weer in elkaar klapt, anderzijds niet zo snel expandeert dat sterren geen kans krijgen om uit het primordiale gas samen te klonteren.

Dat leidt tot een van de meest extreme voorbeelden van fijnafstemming, in de zogeheten kosmologische constante en de dichtheid van de materie vlak na de Oerknal. Die moeten tot op 57 cijfers achter de komma juist zijn afgesteld om ons voldoende tijd te geven te evolueren uit de eerste bacteriën op aarde.

Roger Penrose, een wiskundige die belangrijke bijdragen heeft geleverd aan de relativiteitstheorie en de fysica van zwarte gaten, komt in *De nieuwe geest van de keizer* met het onbetwist extreemste voorbeeld van fijnafstemming. Hij maakt een schatting van het aantal toestanden waarin ons heelal vanuit de oerknal terecht had kunnen komen. De oerknal wordt als het ware vergeleken met het leegschudden van een pot knikkers: vrijwel altijd levert dat een complete chaos op. Slechts uiterst zelden zal zich een bijzonder patroon op de vloer vormen. Ons heelal is echter wel degelijk heel bijzonder, omdat zich daarin spontaan structuren (sterrenstelsels, sterren, mensen, televisies) vormen. In jargon: het heelal moet vlak na de oerknal een uitzonderlijk lage entropie gehad hebben. Penrose berekent dat zo'n lage entropie slechts met een kans van 1 op 10 tot de macht 10^{23} keer bij toeval optreedt. Dit is een getal om even bij stil te staan: een 1 met daarachter 10^{23} nullen, nog te groot om op te schrijven als je het complete heelal met luchtpostpapier zou vullen.

Logisch dwingend "Je mag nog steeds geloven dat wij een freak accident zijn", aldus Dekker. "De duiding 'toeval' is een metafysisch begrip. Ik beweer niet dat mijn geloof in een Creator een logisch dwingende conclusie is, maar die is zeker consistent daarmee." Dekker kreeg nationale bekendheid als sympathisant van intelligent ontwerp (Intelligent Design, ID). Met enkele geestverwanten publiceerde hij de essaybundel *Schitterend ongeluk of sporen van ontwerp?*, wat de interesse van toenmalig minister van onderwijs Maria van der Hoeven wekte. De discussie ging toen vooral over de biologie, waarin ►

Koolstofresonantie

Fred Hoyle, de astronoom die later vooral bekend werd als enfant terrible dat maar niet in de oerknal wou geloven, heeft belangrijk bijgedragen aan ons begrip van de kernfusie in sterren. Het was duidelijk dat waterstof kon fuseren tot helium en vervolgens tot lithium en beryllium, maar productie van nog zwaardere elementen (koolstof, zuurstof enzovoort) leek onder de fysische omstandigheden in sterren nauwelijks mogelijk. Toch is koolstof ruim voorhanden in het heelal, wat ook blijkt uit het feit dat de chemie van het leven op koolstof gebaseerd is.

Hoyle ontdekte in 1953 een theoretisch mechanisme om koolstof te produceren uit de botsing van een beryllium- en een helium-atoomkern, mits de kern van koolstof een 'resonantie' (een relatief stabiel energieniveau boven de grondtoestand) bezat met een waarde die hij nauwkeurig kon berekenen. Hoyle was ook toen al eigenwijs genoeg om niet te geloven wat de atoomfysici beweerden, namelijk dat die resonantie niet bestond. Na lang aandringen van Hoyle zetten ze een experiment met een kleine deeltjesversneller op en vonden prompt de resonantie bij de voorspelde energie. Het was de eerste keer dat een alledaagse constatering (er is hier veel koolstof) gerelateerd bleek aan schijnbaar esoterische details van elementaire deeltjes. Deze ontdekking wordt daarom opgevoerd als eerste toepassing van het antropisch principe, hoewel deze term toen nog niet bestond.

Wij gaan uit van de constantheid en uniformiteit van natuurwetten in ruimte en tijd. Als we dat niet doen, raken we verloren" Cees Dekker

De Fermi-paradox

Over de kans dat leven ontstaat, kan de chemie of de biologie nog geen zinnig woord zeggen, laat staan over de kans dat bacterieel leven evolueert tot een organisme dat aan wetenschap doet. Wat betreft dat laatste hebben we één saillant gegeven, dat zich laat samenvatten in de vraag die atoomfysicus Enrico Fermi in 1950 stelde: "Waar is iedereen?"

Zijn redenatie: als een technisch hoog ontwikkelde beschaving als de onze iets natuurlijks is, dan moeten er nog meer in de Melkweg ontstaan zijn. Bovendien is er dan, kosmisch gezien, niets speciaals aan het tijdstip waarop wij begonnen met ruimtevaart, radioastronomie en dergelijke. Dus moeten sommige beschavingen in de Melkweg dat punt miljoenen jaren eerder bereikt hebben. Maar zodra een beschaving eenmaal de mogelijkheid heeft van een reis naar een naburige ster, weerhoudt niets hen er nog van om stap voor stap verder te gaan met gebruikmaking van de hulpbronnen die ze onderweg aantreffen. Het duurt vele generaties, zeker als ze maar met een fractie van de lichtsnelheid kunnen reizen, maar toch kunnen zij - of hun robots - onder zeer plausible aannames in enkele miljoenen jaren de hele Melkweg koloniseren. Dat lijkt bijna onvermijdelijk, analoog aan de kolonisatie van Noord-Amerika en Australië door Europeanen.

De groene mannetjes zouden inmiddels ook de aarde ontdekt moeten hebben, te meer daar we al een halve eeuw radiosignalen uitzenden die met geavanceerde radiotelescopie op lichtjaren afstand op te vangen zijn.

Het feit dat wij niets van ze merken, noch door hen tot huisdier zijn gemaakt of uitgeroeid, is een sterke aanwijzing dat de Melkweg hoogstens niet-intelligent leven kent.



► 'onherleidbaar complexe' structuren zouden voorkomen, die volgens Dekker en de zijnen niet door darwinistische evolutie ontstaan kunnen zijn. Biologen vielen massaal over Dekker heen en columnisten als Ronald Plasterk, de huidige minister van onderwijs, reageerden honend en achterdochtig. Probeerde Dekker, net als in de VS, een primitief creatonisme ons onderwijs binnen te smokkelen? Dekker ligt allang niet meer wakker van die commotie: "Wat lijkt dat lang geleden, drie jaar terug. Ik ben inmiddels een eind verder in m'n denken." In september komt alweer de derde bundel uit over de relatie tussen geloof en wetenschap, *Omhoog kijken in platland*.

Emotie Voor de buitenstaander vertoonde het ID-debat destijds trekjes van een geloofsstrijd. In *Schitterend ongeluk of sporen van ontwerp?* waren slechts enkele hoofdstukken gewijd aan fijnafstemming in de kosmologie, en het antropisch principe speelde in het Nederlandse debat geen rol. Een gemiste kans? Dekker: "Ik vind de fijnafstemming van parameters in de kosmologie zelf een heel overtuigende aanwijzing voor een ontwerp van de kosmos. In de biologie zijn de gegevens veel minder hard. Zo'n resonantie in de atoomkern van koolstof die precies op het juiste niveau ligt (zie kader), dat is gewoon harde fysica, geen discussie over mogelijk. Ik vind ook dat het debat in de kosmologie veel redelijker gevoerd wordt, met minder emotie. Mensen als astronoom Ed van den Heuvel en snaartheoret Robbert Dijkgraaf, met wie ik daarover gediscussieerd heb op onder meer een congres van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging, betwisten niet dat die coincidenties er zijn, slechts hoe je die filosofisch moet duiden." Voor de geharnaste 'nietsist' Richard Dawkins is het filosofisch allemaal heel eenduidig. In zijn meest recente boek *God als misvatting* gaat hij op kruistocht tegen elke vorm van religie. Men is óf rationeel, óf religieus, allebei kan niet. Dekker reageerde samen met VU-filosoof

René van Woudenberg in een opiniestuk in de *Volkskrant*: 'Het hardnekkige waandenkbeeld van de onverenigbaarheid van geloof en wetenschap, dat de lezer door Dawkins ad nauseam wordt voorgeschoteld, verdient een vakkundige demontage.' Het lijkt het erop dat de wetenschap zelf daarvoor steeds meer gereedschap aandraagt. Dawkins stelt dat het antropisch principe juist een alternatief is voor de ID-hypothese, maar zijn argumentatie is op dat punt verbazend zwak. Als voorbeeld neemt hij het ontstaan van het eerste leven op aarde. Een levende cel is zo'n gecompliceerde biochemische fabriek, met honderden op elkaar afgestemde onderdelen, dat nog volkomen onduidelijk is hoe zoiets spontaan kon ontstaan uit een oersoep van losse aminozuren en DNA- of RNA-bouwstenen. Dawkins geeft in *God als misvatting* dus toe dat het een 'ontstellend onwaarschijnlijke' gebeurtenis was, met een kans van 'misschien maar één op één miljard'. Vervolgens brengt hij het antropische argument in stelling dat er in onze Melkweg of in het zichtbare heelal vast wel miljarden geschikte planeten zijn en dan is de aarde simpelweg de winnaar van de hoofdprijs. Wat Dawkins hier onder de mat veegt, is dat het antropisch principe slechts een alternatief is voor ID als de getallen niet al te groot worden. Wat als die kans op het ontstaan van leven 1 op 10^{100} is? Zulke getallen kunnen makkelijk tevoorschijn komen als lange eiwit- of DNA-moleculen puur door toeval de enige juiste configuratie moeten hebben gekregen. Al had iedere ster in het waarneembare heelal tien bewoonbare planeten (zeg totaal 10^{21}), dan nog zou de kans op leven op maar één enkele planeet ongelooftwaardig klein zijn, namelijk 1 op 10^{79} . Dekker: "Het heelal is ongeveer 10^{17} seconden oud en bevat iets als 10^{80} atomen. Als je dan met kansen moet rekenen van kleiner dan 1 op 10^{100} is het niet rationeel meer om je op het toeval te beroepen." Het feit dat wij er onmiskenbaar toch

zijn, roept dan om een heel ander soort verklaring. Veel wetenschappers gaan er daarom van uit dat er al zoiets was als evolutie voordat er microben waren: een principe van natuurlijke selectie dat het aantal mogelijkheden drastisch verkleinde, door de mislukkingen eruit te wieden. De eerste moleculen van het leven zijn in die optiek ontstaan uit een proces van 'dode' evolutie, zoals groeiende kleikristallen of drijvende bubbels chemicaliën. Het probleem is alleen dat het bestaan van zulke processen in de dode natuur nooit overtuigend is aangetoond.

Toetsbaar De hedendaagse seculiere burger die niet wil kiezen tussen ID en ongehooflijk toeval, wordt gedwongen verder te kijken dan het waarneembare heelal en voorbij de experimenteel toetsbare fysica. Wat wij van het heelal kunnen zien, wordt begrensd door de lichtsnelheid en de tijd die verstreken is sinds de oerknal, ongeveer 13,7 miljard jaar. Dertien en een half miljard lichtjaar verderop kijken we in alle richtingen tegen het nagloeien van de oerknal aan (de roemruchte kosmische achtergrondstraling). Dit zegt echter niets over de afmetingen van het heelal als geheel, dat kan volgens de huidige oerknaltheorie best oneindig groot zijn. Zodra je een oneindig groot heelal als wetenschappelijke hypothese toelaat, is alles mogelijk. Hoe klein de kans op het puur toevallig ontstaan van intelligent leven op een aard-achtige planeet ook is, ergens in dat oneindige heelal moet die hoofdprijs vallen – en hier is hij dus gevallen. Sterker nog, die hoofdprijs valt in een oneindig heelal oneindig vaak, maar onze naaste burens zijn door de uitdijning van de ruimte en de eindige lichtsnelheid voor altijd buiten bereik. Ergens, zeg 10 tot de macht 10^{12} lichtjaar verderop, draait dus een 'aarde' om de 'zon' waar dit blad gratis huis-aan-huis bezorgd wordt in heel 'Nederland en België' en waar 'Saddam Hussein' zojuist tot president van de 'VS' gekozen is. Fysici flirten bovendien met het denk-

beeld dat buiten het voor ons zichtbare deel van het heelal de natuurwetten anders zijn. Deze geest is met name uit de fles gelaten door de snaartheoretici – critici zeggen: door hun falen. De snaartheorie gold een jaar of tien geleden nog als een bijna zekere kandidaat voor een theorie van alles, de ultieme opvolger voor het standaardmodel. Dit standaardmodel beschrijft weliswaar in detail hoe materie in elkaar zit, maar het bevat een stuk of twintig vrije parameters, experimenteel te bepalen getallen – zoals de massa's van de elementaire deeltjes – die je nog in het model moet stoppen om de berekeningen overeen te laten komen met de realiteit. Ook heelalmodellen bevatten nog een stuk of tien vrije parameters, zoals de kosmologische constante en de sterkte van de zwaartekracht. De hoop was dat de snaartheorie een alomvattend raamwerk zou opleveren waarbinnen die circa dertig parameters niet langer vrij waren, maar op wiskundig-fysische gronden elk slechts één waarde konden aannemen, en wel de waarde die wij in de natuur aantreffen. Dan zou God eenvoudig geen keus gehad hebben toen hij het heelal schiep en was en passant het probleem van de fijnafstemming opgelost.

Elfdimensionaal De snaartheorie gaat ervan uit dat alle elementaire deeltjes en natuurkrachten zijn op te vatten als trillingstoestanden van (onwaarneembaar kleine) snaren in een elfdimensionale tijd-ruimte. Zeven van de tien ruimtedimensies zijn gecompactificeerd, dat wil zeggen zo klein opgerold dat wij ze niet kunnen waarnemen. Zo blijven er voor onze belevingswereld nog drie ruimtedimensies en een tijdsdimensie over. De snaartheorie is gemeten naar het aantal onderzoekers dat zich ermee bezighoudt dominantier dan ooit op instituten voor theoretische fysica, en de officiële berichten van het front zijn nog net zo juichend als tien jaar geleden. Maar de eerste deserteurs dienen zich aan. En die hebben een heel andere kijk op de zaak. In zijn boek *The trouble with physics* kijkt fysicus en voormalig snaar-adept Lee Smolin terug op ruim twintig jaar snaaronderzoek en concludeert dat het project in wezen mislukt is. De zeven extra ruimtedimensies zijn nodig om een consistente theorie te maken die alle vier de fundamentele natuurkrachten – zwaartekracht, elektromagnetisme, 'sterke' en 'zwakke' kernkracht – in zich opneemt (unificeert). De verwachting is altijd geweest dat diezelfde eis van consistentie volledig zou vastleggen hoe die zeven dimensies precies zijn opgevouwen en ►

Een draak van een vergelijking

Een van de schaarse formules die nog wel eens wordt toegelaten in populair-wetenschappelijke teksten is de Drake-vergelijking. Geen wonder, want de vergelijking pretendeert uit te drukken wat onze kans is op contact met een buitenaardse beschaving.

De formule luidt:

$$N = R \times f(p) \times n \times f(l) \times f(i) \times f(c) \times L$$

daarin is

N: het aantal buitenaardse beschavingen in ons sterrenstelsel dat potentieel met ons in contact kan treden
 R: het aantal sterren dat zich per jaar vormt in de Melkweg
 f(p): de kans dat een ster planeten om zich heen heeft
 n : het gemiddeld aantal planeten dat in de 'bewoonbare zone' rond zo'n ster ligt
 f(l): de kans dat zich op zo'n planeet leven ontwikkelt
 f(i): de kans dat zich uit primitief leven intelligent leven ontwikkelt
 f(c): de kans dat intelligent leven zaken als radiocommunicatie en ruimtevaart ontwikkelt
 L: het aantal jaren dat zo'n beschaving blijft bestaan

De vergelijking is opgesteld door radioastronoom Frank Drake in 1961, bij de eerste conferentie gewijd aan de speurtocht naar buitenaardse beschavingen. De formule is vrijwel inhoudsloos, omdat alleen R uit observatie redelijk nauwkeurig bekend is. Duidelijk is ook dat f(p) niet heel klein is, aangezien er de laatste jaren ruim tweehonderd exoplaneten ontdekt zijn. Alle overige grootheden zijn knoppen waar men naar geloven aan kan draaien om de gewenste N te krijgen. Wegens de schijn van exactheid wordt dit graag gedaan door hen die verlangen naar een heelal dat gezellig wemelt van de groene mannetjes. Echter, alle observaties tot nu toe wijzen op de uitkomst N=0. Daarvoor hoeft maar één van de grootheden n, f(l), f(i), f(c) extreem klein te zijn, terwijl het goed mogelijk is dat ze dat allevier zijn. Welke randvoorwaarden de bewoonbare zone rond een ster inperken is deels bekend (niet te ver weg, niet te dichtbij), onder de aanname dat er vloeibaar water op de planeet beschikbaar moet zijn. Maar waarschijnlijk moet ook de baan van de planeet in goede benadering cirkelvormig zijn, wat onder de tot nu toe ontdekte exoplaneten zeldzaam is, en moet de planeet één grote maan hebben om de rotatie-as stabiel te houden. Over f(l), de kans dat zich op een planeet met vloeibaar water – plus een set basisingrediënten – leven ontwikkelt, kunnen we nauwelijks iets zinnigs beweren, aangezien we nog steeds niet in staat zijn dit in het laboratorium te herhalen. Op aarde is het, voorzover wij weten, maar één keer voorgekomen, ondanks honderden miljoenen jaren 'experimenteertijd'. Op basis van het zeer weinige dat we weten, is de kans dat zich spontaan een levende cel ontwikkelt uit levenloze oersoep miniem, eigenlijk een godswonder. Voor f(i) geldt ongeveer hetzelfde. Het leven op aarde begon 3,5 miljard jaar geleden als bacterie en daar is het drie miljard jaar lang bij gebleven. Wat het voordeel of de noodzaak is van meercelligheid, weten we niet. Meercelligen vormen ook nu nog een minderheid in de biosfeer. Sterker nog, u bent een minderheid in uw eigen lichaam, want uw darm bevat meer bacteriën dan u lichaamscellen heeft.

'Het meest onbegrijpelijke aan het heelal is dat het begrijpelijk is.' Albert Einstein





'We hebben een vreemde voetafdruk gevonden aan de kust van het onbekende. En eindelijk zijn we erin geslaagd het wezen te reconstrueren dat die afdruk heeft gemaakt. Kijk! Hij is van onszelf'
Arthur Eddington

► opgerold. Ondanks verwoede pogingen is het echter totaal niet gelukt om de enorme vrijheid die het snaarconcept biedt in te perken tot iets wat onze fysische werkelijkheid beschrijft. Integendeel, een van de grondleggers van de theorie, Leonard Susskind, schat dat er 10^{500} verschillende varianten van de snaartheorie bestaan, elk met weer anders in elkaar geknoopte onzichtbare dimensies. In elk van die varianten is daardoor, bijvoorbeeld, de kosmologische constante groter of kleiner dan bij ons, of de massa van het elektron, of het aantal soorten quarks. Elke variant in dit 'multiversum' vertegenwoordigt een mogelijk heelal, waarvan Susskind en andere snaartheoretici aannemen dat het ook daadwerkelijk ontstaan is.

Merkwaardig genoeg lijken zij dit niet als een fiasco, maar als een waardevol resultaat van de snaartheorie te beschouwen. Hoewel niet speciaal daarvoor ontworpen, had de snaartheorie het antropisch principe juist de wind uit zeilen moeten nemen. In plaats daarvan beroept men zich er nu juist op om te verklaren waarom hun theorie níet doet wat hij beloofde te doen, namelijk de tientallen vrije parameters in het standaardmodel en de kosmologie afleiden uit enkele simpele basisprincipes. Smolin constateert dat het vakbroederschap van snaartheoretici sektarische trekjes begint te vertonen: 'De theorie heeft geen enkele voorspelling opgeleverd die experimenteel getoetst kan worden, maar in plaats van dat toe te geven, proberen sommige voorstanders liever om de regels van het spel te veranderen, zodat hun theorie niet de gebruikelijke tests hoeft te doorstaan waar wij wetenschappelijke ideeën aan onderwerpen.'

Natuurfilosofen Diverse leden beschrijven hun aanvaarding van het multiversum dan ook als een bekering. Smolin citeert bijvoorbeeld Joseph Polchinski: 'Antropische redeneringen lijken zo in strijd met de historische doelen van de theoretische fysica, dat ik me er nog tegen verzette lang nadat ik besepte dat ze waarschijnlijk nodig waren. Maar nu ben ik uit de kast gekomen.' En Andrei Linde: 'Zij die een hekel hebben aan het antropisch principe, leven gewoon in ontkenning.'

Kosmologische constante

Kosmologie als een exacte wetenschap werd mogelijk vanaf 1915, toen Albert Einstein zijn algemene relativiteitstheorie rond had. Die beschrijft hoe ruimte-tijd en materie via de zwaartekracht op elkaar inwerken. Op de schaal van het heelal als geheel is dat de enige relevante natuurkracht. Zo kwam Einstein in 1917 uit op de volgende algemene veldvergelijking voor het heelal:

$$G = 8 \pi T$$

Deze formule is lang zo simpel niet als hij eruit ziet, want G en T zijn ingewikkelde grootheden (4-tensors). In essentie beschrijft G de kromming van de ruimte-tijd op elk punt in het heelal, als gevolg van de massaverdeling T . Deze vergelijking levert een instabiel heelal op, dat ofwel expandeert, ofwel in elkaar stort, terwijl toen als wetenschappelijk dogma gold dat het heelal statisch en eeuwig is. Het was typisch iets voor Einstein geweest om rotsvast in zijn eigen theorie te geloven en de uitdijning van het heelal te voorspellen, vijf jaar voordat deze door de astronoom Edwin Hubble ontdekt werd, maar dit keer had hij een zwak moment ('de grootste blunder van mijn leven'): hij paste zijn vergelijking aan om een stabiel heelal te verkrijgen. De relativiteitstheorie laat ruimte om een extra term in de formule in te voegen:

$$G + \Lambda g = 8 \pi T$$

waarbij Λ de beruchte kosmologische constante is, een hypothetische

"Als je alles kunt verklaren, kun je niets verklaren," concludeert Dekker. "Dat hele concept van een bijna oneindig aantal multiversums stuit me filosofisch tegen de borst, terwijl je toch ook afwilt van dat idee dat het een *freak accident* was." Smolin richt zijn pijlen vooral op de snaartheorie, maar ook daarbuiten lijken hedendaagse natuurfilosofen zich maar weinig meer te bekommeren om wat experimenteel toetsbaar is. Het ideaal om de wereld zoals die is te verklaren, met uitsluiting van alle andere mogelijkheden, lijkt door de theoretici zelfs geheel verlaten.

Smolin zelf bezondigde zich bijvoorbeeld aan een kosmologie waarin de finale ineenstorting van een ster tot een zwarte gat een eigen oerknal produceert. Het heelal dat daaruit ontstaat wordt voor ons nooit zichtbaar, omdat het altijd binnen de waarnemingshorizon van het zwarte gat blijft. Alle natuurconstanten in dat parallel-heelal hebben een andere, door toeval bepaalde waarde die afwijkt van de onze.

Ook de bedenkers van de zogeheten inflatietheorie, die de aller-eerste stadia na de oerknal zou beschrijven, propageren tegenwoordig iets wat ze 'eeuwige inflatie' noemen. Hetzelfde mechanisme dat verklaart waarom het heelal vlak na onze oerknal enorm snel uitdijde, zorgt er vervolgens die opvatting voor dat er nog steeds voortdurend nieuwe vestzak-heelallen met gewijzigde natuurconstanten ontstaan, die op hun beurt razendsnel expanderen. Dit alles gebeurt – u raadt het al – zo ver weg dat wij het nooit zullen kunnen waarnemen.

Een ander idee is dat van het 'oscillerend heelal': het heelal dijkt uit, krimpt in tot microscopische afmetingen, dijkt dan weer uit – enzovoorts. De fijnafstemming zou in die optiek misschien het gevolg zijn van evolutie: bij iedere nieuwe oerknal zou het heelal zijn parameters iets stabielier afstellen dan de vorige keer. Maar alweer is het een proces dat nooit door mensenogen gecontroleerd kan worden.

Het kan nog gekker: op grond van een aanname die binnen een deel van het vakgebied kunstmatige intelligentie voor heel plausibel doorgaat, leven wij waarschijnlijk in een computersimulatie – zeg maar zoals in de film *The Matrix*. Virtual ►

energiedichtheid van het vacuüm.

De noodzaak voor Λ verviel toen de uitdijning van het heelal ontdekt werd, maar Λ maakte z'n comeback in 1994. Toen bleek uit afstandsmetingen aan verre supernova's dat het heelal zelfs versneld expandeerde, tegen de remmende werking van de zwaartekracht in. Een – zeer geringe – vacuümenergie kan die versnelling verklaren.

Probleem is wel dat Λ , teruggerekend tot vlak na de oerknal, exact de juiste waarde moet hebben gehad om ons heelal mogelijk te maken. Een fractie méér, en het heelal dijkt zo snel uit dat uit het snel ijler wordende gas geen sterrenstelsels kunnen samenklonteren. Een fractie minder, en het heelal stort door zijn eigen zwaartekracht snel weer ineen, voordat zich sterren en planeten vormen.

Wie wel eens midgetgolf gespeeld heeft, weet hoe moeilijk je het balletje in het gat krijgt als dit bovenop een bolvormige heuvel zit. De kleinste afwijking van de juiste snelheid en richting in de afslag zorgt ervoor dat het balletje kansloos over de heuvel heen schiet (te snelle expansie), ofwel terugrolt (te weinig expansie).

Denk je nu een tientallen meters lange, perfect gladde baan in met een metershoge heuvel waarin ook nog het gat ontbreekt. Hoe groot is je kans om een golfbal precies op de top tot stilstand te laten komen? Volgens een ruwe schatting moet de afslag hier met een nauwkeurigheid van minstens zes cijfers zijn ingesteld ('richting: 23 graden, 40', 37", impuls 5,02271 newtonmeter'). Toch geeft dat nog maar een flauwe afspiegeling van de fijnafstemming van Λ en de materiedichtheid vlak na de oerknal die nodig waren om ons heelal mogelijk te maken, namelijk tot op 57 cijfers nauwkeurig!

'Het is extreem ingewikkeld om een theorie op te stellen waarin alles wat we zien alles is wat er is'
Andreas Albrecht



► reality, zo luidt de aanname, wordt kwalitatief zo snel beter, dat er een moment komt dat die voor een mens niet meer van echt te onderscheiden is. Uiteindelijk zal ook een mens, inclusief diens bewustzijn, als simulatie op een computer te implementeren zijn. Een variant is dat de bedenker van de simulatie zelfs een heuse oerknal heeft veroorzaakt, bijvoorbeeld door een van Lee Smolins zwarte gaten met een heelal erin te creëren.

Wie gelooft dat dit werkelijk kan, moet de consequentie trekken: dan is dit minstens één hoog-technologische beschaving ergens in een of ander heelal al gelukt. En waarom zou die zich beperken tot een of twee speelgoeduniversa?

Natuurlijk produceert die beschaving ze dan in minstens hetzelfde tempo als Nintendo gameboys produceert, elk met een andere fijnafstemming van de parameters, om te kijken wat dat oplevert. Statistisch is dus de kans dat wij niet in dat ene echte, maar in een simulatieheelal leven bijna gelijk aan 100 procent. Onze God is in die optiek dus een extragalactische nerd, die het kwaad in de wereld toelaat omdat hij zich verveelt. En dat is een pyrrhusoverwinning voor iedereen die God nu net weg wilde hebben uit de natuurkunde. Zoals fysicus Ed Harrison eens met paradoxale tevredenheid vaststelde: 'Intelligent leven gaat over de schepping van nieuwe universa. Daardoor valt de schepping van ons universum buiten het religieuze domein en wordt het een onderwerp dat ontvanke-

lijk is voor wetenschappelijk onderzoek.' Vergeleken met dergelijke speculaties lijkt de kosmologie van Dekker alweer alledaags: "De vraag is: wat zijn natuurwetten? Is dat een verklaring hoe materie zich moet gedragen, of een beschrijving van hoe materie zich normaliter gedraagt? Ik geloof het laatste. De werkelijkheid is zoals hij is. De natuur kent allerlei regelmatige patronen, die we beschrijven met natuurwetten. Je zou het de spelregels van God kunnen noemen. Hij kan daar van afwijken, maar doet dat niet, omdat Hij een God van trouw en orde is. Dat is een heel fundamenteel iets in de wetenschap. Wij gaan uit van de constantheid en uniformiteit van natuurwetten in ruimte en tijd. Als we dat niet doen, raken we verloren." ●

Links

Filosoof en 'transhumanist' Nick Bostrom over gesimuleerde heelallen
www.nickbostrom.com

Het Institute for Creation Research over het geschapen heelal
www.icr.org/research/index/researchp_df_01

Nederland als kennisland TNO zet u op de kaart

al 75 jaar!

TNO.NL