

door Sander Bais

## Op weg naar het Multiversum

Hoe darwinistische denkbeelden doordringen in fysica en kosmologie

*De Academische Boekengids* 59, november 2006, pp. 11-13.

**Hoe verklaren we de indrukwekkende *fine tuning* van omstandigheden die het leven op aarde mogelijk maakt, zonder in het debat tussen creationisten en aanhangers van de evolutieleer te verzeilen? Theoretisch fysicus Leonard Susskind houdt in dit kader een helder pleidooi voor het antropisch principe dat even speculatief als interessant is.**

Als ik op tien kilometer hoogte uit het vliegtuigraampje kijk, zie ik geen vogels voorbijvliegen. Dat komt doordat het daar minus veertig graden is. Een onontkoombaar natuurkundig veto heeft de evolutie op die hoogte stilgezet. Het feit dat wij leven (los van de vraag *hoe*) is grotendeels te danken aan de uitzonderlijk milde omstandigheden die zich voordoen aan het oppervlak van moeder aarde; het is goed toeven onder de zachte mantel van onze atmosfeer, met een gemiddelde temperatuur van vijftien graden en de prettige bijkomstigheid dat water vloeibaar is. De maan stabiliseert de oriëntatie van de aardas terwijl de broederplaneten ons doeltreffend afschermen voor inslagen van grote meteorieten.

Deze en vele andere fortuinlijke omstandigheden doen zich, weliswaar met de nodige fluctuaties, al enige miljarden jaren voor, zodat het leven zich in relatieve rust, via een geleidelijke evolutie, heeft kunnen ontwikkelen tot een complexiteit waarvan wijzelf vooralsnog het meest welsprekende voorbeeld lijken te zijn. De aarde is een bijzondere plek, en dat bijzondere, daar draait het om. Wat precies is onze plaats in het geheel der dingen dat ons dit voorrecht gegund is? Is het bijzondere een gevolg van toeval of is er sprake van een noodzakelijke loop van ontwikkelingen die de wetenschap aan het licht kan brengen?

De eeuwenoude vraag van 'hoe en waarom het zover heeft kunnen komen' is een drijvende kracht achter de fundamentele natuurwetenschappen, en het is door die kennisontwikkeling dat ons perspectief op de kosmos als geheel, en de plaats van de mens daarin in het bijzonder, verschillende keren ingrijpend is veranderd. Een van die keerpunten is de evolutietheorie, het centrale dogma in de biologie. Over de interpretatie van deze theorie woedt tot op de dag van vandaag een fel wetenschappelijk debat - en dan heb ik het niet over *creationisme* of *intelligent design*. Aan de ene kant staan mensen als wijlen Stephen Jay Gould, die de huidige toestand van de aarde zag als het gevolg van een lange reeks toevalligheden (zie bijvoorbeeld *Wonderful Life*). Een uitgesproken tegenpool van Gould is Simon Conway Morris, die juist argumenteert (bijvoorbeeld in *Life's Solution*) dat er convergentie in de (biologische) evolutie zit: het leven loopt tegen universele problemen op en die problemen hebben optimale oplossingen, die door middel van evolutie en natuurlijke selectie 'gevonden' worden. Morris wijst in dit verband bijvoorbeeld op de vele alternatieve manieren waarop het oog in de evolutie is ontstaan. En inderdaad, bijna elke fysisch mogelijke en voorstelbare manier om te 'zien' is wel ergens in de natuur gerealiseerd: de lens, de radar, elektromagnetische velden et cetera (lees in dit verband bijvoorbeeld het mooie verhaal van Richard Dawkins, *View from Mount Improbable*). Ook in de biosfeer geldt dat er vele wegen naar Rome leiden.

Einstein heeft ooit gezegd dat zijn onderzoek gedreven werd door de prangende vraag of God enige keuze had bij het scheppen van de wereld. Een bondige formulering van een diepe wetenschappelijke maar ook religieuze vraag. Waar de evolutietheorie zich bezighoudt met de oorsprong en ontwikkeling van het leven gaat het in de fysica om de ontstaansgeschiedenis van ons heelal, de kosmologie. Voor wie zich door dit soort ultieme vragen aangesproken voelt, is er werk aan de winkel; vanuit de harde wetenschappen verscheen namelijk onlangs een aantal interessante boeken over 'herontdekkingen van de kosmos'.

'ALLEEN AL VANWEGE HET UNHEIMISCHE GEVOEL OVER EEN ONEIGENLIJKE VERMENGING VAN RELIGIEUZE EN WETENSCHAPPELIJKE ASPECTEN KAN HET ANTROPISCH PRINCIPE NIET OP EEN WARM ONTHAAL VANUIT DE HARDE WETENSCHAPPEN REKENEN.'

De vermaarde astronoom Sir Arthur Eddington hield ons een eeuw geleden al voor dat het heelal niet alleen vreemder is dan we ons voorstellen, maar ook vreemder dan we ons kunnen voorstellen. Lenny Susskind met zijn *The Cosmic Landscape. String Theory and the Illusion of Intelligent Design* en Nobelprijswinnaar Robert Laughlin (*A Different Universe*) weten, ieder op geheel eigen wijze, wel beter. Deze twee theoretisch fysici kondigen beiden een paradigmaverschuiving in de fysische wetenschappen aan.

Susskind komt met een nieuwe interpretatie van de kosmologie gebaseerd op een *multiversum* waarin steeds nieuwe *miniversa* ontstaan die op hun beurt ook weer uitdijen. Laughlin gaat verder en kondigt het einde van het reductionisme aan. Het nieuwe paradigma heet *emergentie*. Kort gezegd: het geheel is meer dan de som der delen. Hoe kan dat en wat zijn de organisatieprincipes die hierachter schuilgaan?

Zolang we die principes niet begrijpen, is het doen van verder 'fundamenteel' onderzoek een futiele aangelegenheid, aldus Laughlin. Het feit dat beide auteurs verbonden zijn aan dezelfde faculteit van Stanford University heeft niet mogen verhinderen dat ze er heel verschillend over denken. Zijn ze het oneens omdat ze in een verschillend gebouw zitten, of zitten ze in een verschillend gebouw omdat ze het zo oneens zijn?

Is de lezer na het verwerken van deze boodschappen nog niet verzadigd, dan zijn er de nodige alternatieven om het heelal te duiden. In *Programming the Universe* probeert MIT-professor Seth Lloyd ons ervan te overtuigen dat we in een gigantische kwantumcomputer leven die informatie verwerkt en complexiteit genereert. In *The Life of the Cosmos* betoogt kwantumgravitator Lee Smolin dat er niet alleen vele heelallen zijn, maar dat het eerdergenoemde multiversum darwinistische trekjes heeft; de replicatie van heelallen vindt volgens hem namelijk plaats in het binnenste van zwarte gaten en dus is er 'natuurlijke selectie' op het niveau van welk heelaltype de meeste zwarte gaten produceert.

Deze boeken zijn stuk voor stuk fascinerend. Ze bieden zeer verschillende perspectieven op het enigma van de ons omringende werkelijkheid en onszelf. Ze zijn origineel en doordacht, maar ook onvoorstelbaar speculatief: de auteurs proberen de huid te verkopen voor de beer geschoten is. Dat lukt ze overigens best aardig. Het hiernavolgende betoog is opgehangen aan het boek van Susskind omdat ik dat het actueelste en interessantste vond en een zekere samenhang in dit artikel op zijn plaats lijkt.

Susskinds boek is buitengewoon; een titel die expliciet refereert aan *intelligent design* is immers niet wat je meteen verwacht van een doorgewinterde 'hard core' fysicus met een indrukwekkende staat van dienst. Zijn betoog is gedreven maar scherp, en gelardeerd met fascinerende anekdoten. Hoewel het niet voor iedereen even gemakkelijk zal zijn, is het toch zeer goed leesbaar voor een breder publiek. In de woorden van de auteur:

'My purpose is to explain the struggle of ideas that is about to take front-and-center place in the mainstream of science so that ordinary readers can follow the ideas as they unfold and experience the drama and excitement that I feel.'

Terug naar moeder aarde. Newtons theorie geeft een uiterst nauwkeurige beschrijving van de banen die een planeet (zoals de aarde) om een ster (zoals de zon) zou kunnen uitvoeren. Die corresponderen met specifieke oplossingen van een eenvoudig stelsel vergelijkingen met slechts een enkele parameter, de naar het genie vernoemde gravitatieconstante. Toch is het niet zo dat de theorie voorspelt wat de baan van de aarde precies is. Het is een van de vele mogelijke oplossingen van de theorie, maar niet één die noodzakelijkerwijs gerealiseerd hoeft te zijn. De realisatie hangt af van een groot aantal andere historische en omgevingsfactoren die niet deel uitmaken van de theorie en daarom haar voorspellend vermogen beperken.

Het is natuurlijk wel geprobeerd om de precieze afmeting van de planeetbanen af te leiden. Bijvoorbeeld door Kepler, die de banen van de in zijn tijd bekende vijf planeten op een unieke wijze probeerde te koppelen aan een inbedding van de vijf platonische lichamen (regelmatige veelvlakken) in elkaar. Maar deze op esthetiek en wiskunde geïnspireerde pogingen faalden jammerlijk omdat ze in strijd bleken met de waarnemingen. In het hedendaagse kosmologisch perspectief wordt het ontstaan van de aarde gezien als het gevolg van een tamelijk willekeurige opeenstapeling van toevalligheden, een schitterend ongeluk. Hoe dan ook: boven wonder, beneden wonder..., we zijn er!

Omdat de beste wetenschappelijke theorieën niet in staat zijn ons heelal in alle detail te voorspellen, is het verfrissend eens het tegenovergestelde uitgangspunt te kiezen: het heelal is zoals het is *omdat* wij bestaan. Een heelal waarin wij leven *moet* er wel zo uitzien als het onze. Dit is het *antropisch principe*, dat stelt dat alles wat er in dit heelal gaande is uiteindelijk terug te voeren is op het feit dat het gecompliceerde levensvormen met een bewustzijn, zoals het verschijnsel mens, heeft voortgebracht. Aan zo'n stellingname zit al snel een religieus luchtje: wordt hier niet via een quasiwetenschappelijke achterdeur een schepper (ontwerper) ten tonele gevoerd, die in al zijn goedertierenheid doelbewust het heelal geschapen heeft om het verschijnsel mens mogelijk te maken? Alleen al vanwege het unheimische gevoel over een oneigenlijke vermenging van religieuze en wetenschappelijke aspecten kan het *A-woord* niet op een warm onthaal vanuit de harde wetenschappen rekenen. Toch is de vraag gerechtvaardigd of het antropisch principe noodzakelijkerwijs een religieuze component bevat. Susskind heeft het niet voor niets over de 'illusion of intelligent design'. Een ander aspect van het verhaal over de planeet aarde kan dit wellicht illustreren.

Bij de vele mogelijke oplossingen voor de aardbaan is er een andere factor die we niet over het hoofd mogen zien. Dat is de vaststelling dat er zo'n honderd miljard melkwegstelsels zijn in het door ons waarneembare heelal en dat elk melkwegstelsel bij benadering goed is voor tien miljard sterren. Een redelijke fractie daarvan heeft waarschijnlijk planeten, hetgeen suggereert dat in ons heelal zoets als een aarde praktisch gesproken wel *moet* bestaan. In dat perspectief is het bestaan van een 'aarde' in het heelal eerder onontkoombaar dan uitzonderlijk en moeten we concluderen dat gelijksoortige planeten overvloedig aanwezig zullen zijn. Dat werpt dan weer de vraag op van buitenaards leven en daarop lijkt het antwoord van de wetenschap op dit moment: zeer wel mogelijk, maar omdat we nog steeds niks van ze gehoord hebben waarschijnlijk wel ver weg. Leuk eigenlijk dat de harde wetenschappen steeds weer een nieuw licht op dit soort tot-de-verbeelding-sprekende vragen kunnen werpen.

Het is fascinerend een boek te lezen waarin een solide wetenschapper een gepassioneerd betoog houdt voor de 'antropische' interpretatie van ons heelal langs de hierboven geschetste lijnen. Indien correct boort zijn interpretatie de hoop van vele wetenschappers de grond in, vooral omdat het, zoals Susskind terecht stelt, om een rationeel alternatief gaat.

'This book is about the emerging physical paradigm that does make use of the anthropic principle but in a way that offers a wholly scientific explanation of the apparent benevolence of the universal. I think of it as the physicist's Darwinism.'

Dat wil zeggen:

'The debate that this book is concerned with is not the bitter political controversy between science and creationism. [...], the present argument is not between religion and science but between warring factions of science — those who believe, on the one hand, that the Laws of Physics have, in some way, been determined by the requirement that intelligent life be possible. The bitterness and rancor of the controversy, have crystallized around a single phrase - the Anthropic Principle - a hypothetical principle that says that the world is fine-tuned so that we can be here to observe it!'

In Susskinds tamelijk visionaire betoog worden drie cruciale ingrediënten van redelijk recente datum vervlochten. Het is al sinds 1929 bekend dat ons heelal ontstaan is in een soort oerknal en nog steeds uitdijt. De meest overtuigende evidentie hiervoor is de ontdekking van de kosmische achtergrondstraling, met een thermisch spectrum van 2,7 graden boven het absolute nulpunt. Deze straling is een relikwie van het moment waarop zij vrijkwam: 13,7 miljard jaar geleden, zo'n 300.000 jaar na de oerknal. Zij bevat een schat aan informatie over het zeer vroege heelal. Zo bracht recent gedetailleerd onderzoek met de COBE- en WMAP-satellieten aan het licht - aan de leiders van het COBE-experiment, John Mather en George Smoot, is net de Nobelprijs voor de Natuurkunde 2006 toegekend - dat in een vroeg stadium van de kosmische evolutie een periode van zeer snelle (exponentiële) expansie (*inflatie*) heeft plaatsgevonden. Dit heeft geleid tot een drastische aanpassing in het scenario voor de allervroegste fase van de oerknal. In het begin van de jaren tachtig van de vorige eeuw introduceerden de theoretisch fysici Guth, Linde en Steinhardt inflatiemodellen om een aantal punten waar het naïeve oerknalmodel in conflict was met de waarneming op te lossen. (Voor een toegankelijke inleiding verwijs ik naar *The Inflationary Universe* van Alan Guth.)

Hoewel dit idee aanvankelijk als theoretische luchtfietsrij terzijde werd geschoven, ligt dat nu, vijftientig jaar later, radicaal anders. Het huidige paradigma gaat zelfs veel verder: als je het inflatiemechanisme accepteert, ontkom je er moeilijk aan om ook te accepteren dat inflatie voortdurend en op verschillende plaatsen in ons heelal kan en zal plaatsvinden. Een klein gebied in ons heelal kan door een fluctuatie aangezet worden om opeens exponentieel te gaan groeien en wanneer dit proces doorzet, verdwijnt het binnenste van dat gebied al gauw achter een horizon. Binnen het gebied heeft het proces alles weg van een soort oerknal. Het radicaal nieuwe beeld van de kosmos dat uit deze theorie naar voren komt, is dat van een *multiversum*, een heelal dat voortdurend zelf nieuwe *miniversa* (*pocket universes*) genereert.

Het tweede ingrediënt van Susskinds betoog is dat recente astronomische waarnemingen tot de opzienbarende vaststelling hebben geleid dat de *kosmologische constante* niet nul is. Dit betekent dat ons heelal gevuld is met een 'vacuüm'energie, een 'donkere' (niet direct waarneembare) vorm van energie die een naar buiten gerichte druk uitoefent - die ons heelal *versneld* doet uitdijen. Om dit feit naar waarde te schatten, verdient het theoretische begrip *fine tuning* nadere toelichting. Zoals bekend, is de natuurkundige beschrijving van de kosmos gebaseerd op fundamentele theorieën (universele natuurwetten, zoals de relativiteits- of kwantumtheorie). Daarin komen behalve de fysische variabelen een aantal parameters of 'universele constanten' voor die typerend zijn voor ons heelal. Dat zijn, bijvoorbeeld, de lichtsnelheid, de massa's van elementaire deeltjes en de sterkte van de fundamentele krachten, zoals de zwaartekracht, de elektromagnetische kracht en de kernkrachten. Deze constanten zijn inputparameters van de theorie die we experimenteel moeten bepalen; ze bepalen als het ware de schaal van onze kosmos.

Het is een feit dat als we deze constanten een beetje anders zouden kiezen het heelal er totaal anders uit zou kunnen zien. Zo anders, dat er wellicht geen kernen, chemie of melkwegstelsels zouden zijn, laat staan leven. Het is deze overgevoeligheid voor parameterwaarden die wordt aangeduid met het begrip *fine tuning*; om al het moois dat wij gewaarworden mogelijk te maken, was een extreem delicate afstemming van de fundamentele parameters ten tijde van de oerknal absoluut noodzakelijk. Susskind doet in *The Cosmic Landscape* nog eens helder uit de doeken wat er zoal voor fortuinlijke kosmische coïncidenties zijn die ons bestaan hebben gefaciliteerd. Leven blijkt slechts mogelijk in een piepklein doosje in een veeldimensionale parameter ruimte, een belangrijke opmerking die bij een eerdere gelegenheid al gemaakt was door Barrow en Tipler in hun *The Anthropic Cosmological Principle*.

'WE LEVEN IN EEN *BUBBLE UNIVERSE*, WAARBIJ IN ANALOGIE MET HET KOKEN VAN WATER VOORTDUREND BELLETJES ONTSTAAN.'

Het *niet* nul zijn van de kosmologische constante is een verpletterend voorbeeld van extreme *fine tuning*. Als in een fysisch model een zekere parameter exact nul is (zoals de massa van het foton), dan is dat vaak te begrijpen vanuit een of ander theoretisch beginsel, bijvoorbeeld het bestaan van een bepaalde symmetrie in de natuur. In die zin zou het nul zijn van de kosmologische constante een aanwijzing kunnen vormen voor het bestaan van *supersymmetrie*. Maar vooralsnog is er geen enkele evidentie dat de natuur iets met supersymmetrie opheeft (hoewel we na het aanzetten in 2007 van de grote LHC-versneller bij het CERN in Genève onze mening misschien drastisch moeten herzien!). Bij de afwezigheid van zo'n beschermende symmetrie nemen grootheden typisch een bepaalde natuurlijke grootte aan: een kikker zal misschien vijftig gram wegen, maar niet drie ton. De kosmologische constante kent ook zo'n natuurlijke grootte. Maar in moderne theorieën, zoals de snaartheorie, is die schaal zo exorbitant groot dat fysici stilzwijgend ervan waren uitgegaan dat de kosmologische constante inderdaad precies nul zou zijn. Wie schetst dus hun verbazing toen astronomen recentelijk uit onafhankelijke metingen moesten concluderen dat deze constante helemaal niet nul is. Zoals gezegd, niet nul kan, maar wat de fysici zo in verlegenheid bracht, was dat hij een factor 10<sup>120</sup> kleiner bleek dan op grond van hun gedegen voorkennis verwacht kon worden. Een 1 met 120 nullen! 'De slechtste voorspelling aller tijden!', roept Susskind.

Een extreem geval van *fine tuning* dat ook nog eens essentieel is om het verschijnsel leven mogelijk te maken (dit werd al in 1989 overtuigend beargumenteerd door de befaamde fysicus Steven Weinberg in een artikel waarin ook hij, door wanhoop gedreven, teruggreep op het antropisch principe!). In de kantlijn valt op te merken dat die uiterst geringe vacuümenergie nog altijd zeventig procent van de energie in ons heelal vertegenwoordigt. Dat komt doordat de totale energiedichtheid ook miniem is en overeenkomt met slechts één waterstofatoom per kubieke meter; de noties 'veel' en 'weinig' moeten in dit soort discussies altijd van een duidelijke context voorzien worden.

Het laatste ingrediënt van Susskinds betoog is de *snaar- of stringtheorie*, tot op heden de enige serieuze kandidaat voor een theorie die de conceptuele kloof tussen de twee grote pijlers van de moderne natuurkunde - de algemene relativiteitstheorie van ruimtetijd enerzijds en de kwantumtheorie van de materie anderzijds - overbrugt (voor een toegankelijke inleiding verwijs ik naar het boek *The Elegant Universe* van Brian Greene). Wiskundige consistentie van deze theorie vereist dat de ruimtetijd tiendimensionaal is, waarvan er dan zes opgerold moeten zijn in ruimten van zeer kleine afmetingen, omdat we anders in strijd komen met onze directe waarneming van drie ruimtelijke dimensies en één tijd.

Nu zijn er aanwijzingen dat er schrikbarend veel manieren zijn waarop deze *compactificatie* van de extra zes dimensies kan plaatsvinden. Het aantal verschillende oplossingen dat de snaartheorie toelaat is breinbrekend: 10<sup>500</sup>. Anders gezegd, een 1 met vijfhonderd nullen, een onalledaags groot getal dus. Deze verschillende 'oplossingen' van de snaartheorie corresponderen met verschillende dalen in een energielandschap waarnaar Susskind refereert als het *cosmic landscape*. De fysische realiteiten in de verschillende dalen kunnen heel sterk van elkaar verschillen. Zo sterk zelfs, dat in het ene dal de wetten van de natuur er heel anders uitzien dan in het andere. Niet alleen heb je daar andere elementaire deeltjes met andere massa's, ook de krachten tussen die deeltjes kunnen volstrekt anders zijn. Het kan er eeuwig donker zijn en er bestaan misschien geen atomen, met alles wat dat impliceert voor de structuur van de materie en dus ook voor het leven. De kosmologische constanten kunnen eveneens sterk van elkaar verschillen, waardoor de heelallen die met de verschillende oplossingen corresponderen al dan niet na een kort leven in elkaar klappen of juist uit elkaar gerukt worden.

Dit scenario beschrijft de totale kosmische geschiedenis als een gestage afdaling door een 'landschap' waarbij alle mogelijke dalen bevolkt raken. Dat wil zeggen: alle mogelijke heelallen bestaan na elkaar of tegelijkertijd, ze worden in ieder geval gerealiseerd. Er is dan sprake van een 'eeuwige inflatie' waarin permanent nieuwe miniversa ontstaan door lokale 'oerknallen'. Susskind breekt met het zogenaamde kosmologische principe dat zegt dat het universum er overal hetzelfde uitziet. Het multiversum ziet er op verschillende plaatsen juist heel erg anders uit. We leven in een *bubble universe*, waarbij in analogie met het koken van water voortdurend belletjes ontstaan, waarvan er sommige weer ineenkrimpen, terwijl andere juist groeien en hun weg naar het oppervlak weten te vinden. De verschillende miniversa kunnen weliswaar lang of kort levend zijn, ze zijn metastabiël, zodat door een lokale fluctuatie weer een geheel ander heelal kan ontstaan, met andersoortige deeltjes, krachten en kosmologische constanten. Ons heelal correspondeert met één van zeer vele mogelijkheden. De allerlaagste, echt stabiele toestanden, hebben een kosmologische constante gelijk aan nul. In principe vormen zij het ultieme lot van de kosmos; het zijn de supersymmetrische werelden waarin voor zover wij weten geen leven of chemie mogelijk zullen zijn. Een troosteloos Super Nirvana, dat bovendien ook nog eens verre van uniek is.

#### 'IS EEN THEORIE DIE VERSCHILLENDE HEELALLEN VOORSPELT, DOOR EEN HORIZON VAN ELKAAR GESCHIEDEN, NOG WEL FALSIFIEERBAAR?'

Met de acceptatie van het landschapscenario verliest de snaartheorie als ultieme fysische theorie veel van haar specifiek voorspellend vermogen. Er treedt een haast homeopathische verdunning op van het idee van uniciteit en eenheid in de natuur. Maar dat op zich is geen wetenschappelijk argument tegen de snaartheorie en evenmin tegen het antropisch principe. Dat is alleen maar een teleurstelling voor een groep vooringenomen wetenschappers die dat maar moeten verwerken, zo stelt Susskind. Hij keert het graag om, door te beweren dat de ontdekking van het multiversum misschien wel de allerbelangrijkste opbrengst is van de snaartheorie.

Met het multiversum maakt de fysica een fikse stap in de richting van de biologie. Het gaat immers over evolutie en darwinisme in het groot: ook de fysische prebiotische fase heeft kennelijk veel doodlopende wegen bewandeld. Er zit een zekere ironie in deze ontwikkeling. Terwijl biologen de theorie van variatie en natuurlijke selectie in de wereld van micro-organismen juist steeds meer kwantitatief en voorspellend maken door de respons van het organisme op veranderende omgevingsfactoren tot op het niveau van chemische activiteiten te analyseren (voor een pleidooi voor meer reductionisme in de cognitiewetenschappen verwijs ik naar de diesrede *De geest uit de fles* van cognitief neuroloog Victor Lamme), raken fysici de controle over de oplossingsruimte van hun 'theorie van alles' kwijt en moeten zij zich verlaten op het veel globalere concept van een soort universeel darwinisme. Geen eenduidige vergelijkingen, geen gedetailleerde voorspellingen; is dat niet wat veel gevraagd? Wordt hier niet een te groot offer gebracht aan het toeval?

Ik merk op dat Susskind in heldere bewoordingen afstand neemt van wat nu vaak gepredikt wordt onder het motto intelligent design. Als het Susskindscenario standhoudt, biedt dat weinig troost voor de gelovige in die zin dat het verschijnsel mens nog verder uit het 'centrum' van de kosmos wordt verbannen. Er is namelijk niet slechts één kosmos. Er zijn er vele, waarvan wij er eentje bewonen, waar de natuurwetten wel zo moeten zijn dat ze leven mogelijk maken en zelfs intelligent leven (of wat daarvoor doorgaat). Eén uit velen, die volgens de theorie allemaal bestaan of bestaan hebben. Wij bewonen een behaaglijke uithoek van het *megaversum* en de lezer kan weer opgelucht ademen: Oost, West, thuis best.

Susskind heeft een aantal belangrijke nieuwe inzichten samengesmeed tot een vooralsnog speculatief overkoepelend beeld dat helder en elegant is. Wel is het belangrijk op te merken dat het voorgestelde scenario op dit moment verre van evident is, laat staan door de theorie en/of het experiment wordt afgedwongen. Is een theorie die verscheidene heelallen voorspelt, door een horizon van elkaar gescheiden, nog wel falsifieerbaar, vraag je je af. Ik ben van mening dat het indrukwekkende raamwerk dat de snaartheorieën bieden voor het onderzoeken van dit soort zeer fundamentele vragen nog onvoldoende begrepen en uitgewerkt is om er zulke grote conclusies aan te verbinden. Veel fysici rekenen erop dat het verder uitdiepen van de theoretische mogelijkheden uiteindelijk niet alleen zal leiden tot een unieke *theorie van alles*, maar ook dat ons heelal de unieke uitkomst zal zijn van deze ultieme theorie. Die moet dan natuurlijk wel de voornoemde, in onze ogen verbazingwekkende, *fine tuning* verklaren. Dit is allerm minst ondenkbaar. Met de toenemende unificatie in de beschrijving van zeer uiteenlopende fysische verschijnselen zijn er spectaculaire voorbeelden te geven van dit soort convergentie.

Dit scenario blijft voor veel toegewijde fysici de heilige graal van de natuurwetenschappen. Daarmee zijn we terug bij Einsteins prangende vraag of God enige keuze had bij het scheppen van de wereld. Misschien loopt Susskind wel erg ver voor de muziek uit. Hij maakt als het ware creatief misbruik van onze onwetendheid. Ik houd er niet zo van wanneer auteurs grootse conclusies trekken uit wat het slechtst begrepen is (dat is ook mijn grote bezwaar tegen al die intelligent-designpraat). Ik geef er de voorkeur aan kleinere conclusies te trekken uit wat we echt goed begrijpen. Het pleit voor Susskind dat hij in een apart hoofdstuk ook de bezwaren verwoordt die de belangrijkste opposenten tegen zijn denkbeelden aanvoeren.

Dit gezegd hebbende, blijft het inspirerend om te zien hoe grensverleggend fundamenteel onderzoek, binnen het stringente keurslijf van steeds nieuwe waarnemingen en wiskundig geformuleerde natuurwetten, toch een mogelijkheid schept om een radicaal nieuwe interpretatie van onze kosmos te geven, die haaks staat op de kosmos als universeel unicum. Het antwoord op Einsteins vraag had een volmondig 'nee' moeten luiden, maar Susskind helpt de horde conventionele betweters even hardhandig uit de droom en wil ze van hun mythisch vooroordeel verlossen met de mededeling dat er ook een andere (in ieder geval logisch consistente en door het experiment gesuggereerde) mogelijkheid is. Die bestaat eruit dat de meest fundamentele theorie vele oplossingen toestaat, die volstrekt democratisch gerealiseerd worden. Van die duizelingwekkende veelheid kunnen wij er maar eentje ervaren, namelijk die waarvan wij deel uitmaken. Een spannend boek.

**Sander Bais** is hoogleraar theoretische natuurkunde aan de Universiteit van Amsterdam.

#### **Besproken boeken:**

*The Cosmic Landscape - String Theory and the Illusion of Intelligent Design*  
door **Leonard Susskind**  
Little, Brown and Company. New York 2006.  
416 pag., € 22,50

#### **Literatuur:**

**J.D. Barrow, F.J. Tipler en J.A. Wheeler** (1986). *The Anthropic Cosmological Principle*. Oxford: Oxford

University Press.

- S. Conway Morris** (2003). *Life's Solution. Inevitable Humans in a Lonely Universe*. New York: Cambridge University Press.
- R. Dawkins** (1996). *View from Mount Improbable*. New York: W.W. Norton & Company.
- S.J. Gould** (1989). *Wonderful Life. The Burgess Shale and the Nature of History*. New York: W.W. Norton & Company.
- B. Greene (2000)**. *The Elegant Universe. Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory*. Londen: Vintage Books.
- A.H. Guth** (1998). *The Inflationary Universe. The Quest for a New Theory of Cosmic Origins*. Londen: Vintage Publishers.
- V. Lamme** (2006). *De geest uit de fles*. (rede t.g.v. de Dies Natalis UvA) Amsterdam: Vossiuspers.
- R.B. Laughlin** (2005). *A Different Universe. Reinventing Physics Bottom Down*. New York: Basic Books.
- S. Lloyd** (2006). *Programming the Universe. A Quantum Computer Scientist Takes on the Cosmos*. New York: Alfred A. Knopf.
- L. Smolin** (1999). *The Life of the Cosmos*. Oxford: Oxford University Press.
- S. Weinberg** (1989). 'The Problem of the Cosmological Constant', *Review of Modern Physics*, 61: 1-23.

Bij dit artikel is tot slot een verwijzing op zijn plaats naar de zeer opmerkelijke inaugurale rede van **Bert Schellekens** aan de Radboud Universiteit te Nijmegen (1998). Daarin beschrijft hij het bestaan van het landschap (avant la lettre) en maakt ook een begin met een antropische interpretatie die het paradigma van uniciteit serieus ter discussie stelt. De Nederlandse tekst van de oratie (plus Engelse vertaling) is online te lezen op physics arXive: <http://xxx.lanl.gov/abs/physics/0604134>.