



ANNEMARIE SCHUMACHER

# Wat als er geen oerknal was?

‘De oerknal is onlogisch’, stelde spinozapremiewinnaar Erik Verlinde in ons januarinummeer. Nu onthult hij zijn baanbrekende alternatief. Staan we aan de vooravond van een revolutie in de moderne fysica?

Door George van Hal

**E**R WAS EENS HELEMAAL NIETS, een fundamentele afwezigheid van wat dan ook. Het begon met een allesomvattende leegte die zo leeg was dat het woord ‘leeg’ de lading niet dekt, omdat er gewoonweg niets was om te vullen. En toen (hoewel ‘toen’ zonder tijd nog geen betekenis had) veranderde iets. Zo’n 13,7 miljard jaar geleden werd ‘niets’ ineens ‘iets’. Ineens was daar de realiteit zoals wij haar kennen: een bonte werkelijkheid tot de nok toe gevuld met ruimte, tijd, energie en materie. Het was de geboorte van een kosmische oersoep die uiteindelijk zou uitgroeien tot dit onmetelijke universum met al haar sterren, sterrenstelsels, nevels, planeten en ons.

Volgens de oerknaltheorie, de wetenschappelijke ontstaansgeschiedenis van het universum, moet het begin van het heelal er ongeveer zo hebben uitgezien.

Het is een theorie waar kosmologen en theoretisch-natuurkundigen tegelijk heel

veel en heel weinig van weten. Met onze satellieten meten we in alle richtingen de veronderstelde nagloed van de oerknal, de zogeheten kosmische achtergrondstraling. Dit is het sterkste bewijs dat er 13,7 miljard jaar geleden iets zeer opmerkelijks plaatsvond. In die nagloed zijn kleine oneffenheden te zien, vingerafdrukken van minuscule verschillen in de verdeling van materie in het vroege heelal. Het zijn verschillen die ervoor zorgden dat materie dankzij zwaartekracht kon samenklonteren tot de eerste sterren, sterrenstelsels en nog grotere structuren in het universum.

We zien bovendien met onze telescopen – die dankzij de eindigheid van de lichtsnelheid terug kunnen kijken in het verleden – simpele ophopingen van sterren veranderen in complexe sterrenstelsels, door botsingen en interacties. We zien, kortom, overal om ons heen de bewijzen van het veranderende en evoluerende heelal.

Toch betekent al die kennis niet dat natuurkundigen echt snappen hoe alles

om ons heen ooit ontstond. ‘Dat evoluerend heelal is een heel breed gedragen idee’, stelt theoretisch-fysicus Robbert Dijkgraaf, scheidend president van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. ‘Maar er is ook een breed gedeeld gevoel dat er nog grote onbeantwoorde vragen zijn.’

## Waren de wetten van de wiskunde en de natuurkunde er eerder dan het universum?

Die vragen ontstaan omdat niemand weet hoe het heelal er tijdens de eerste  $10^{-32}$  seconden van haar leven uitzag. Het was toen zo klein, en de energie zo hoog, dat men de invloed van de zwaartekracht alleen maar kan beschrijven met de quantummechanica. Maar zo’n quantum-

mechanische zwaartekrachtstheorie bestaat nog helemaal niet – theoretici zijn er al ruim zeventig jaar zonder succes naar op zoek.

‘All bets are off op die schaal’, stelt Dijkgraaf daarom ook. En dus zijn scenario’s voor wat er tijdens die eerste periode gebeurde – ontplofte er iets, was er een fase van versnelde uitdijning of nog iets heel anders – volgens hem vooral een kwestie van persoonlijke voorkeur. ‘Dat is toch nog heel sterk een kwestie van ‘geloven in’, stelt hij.

De vraag die daarom rijst is: wat was er voor de oerknal, als er al sprake was van een knal. Waren de wetten van de wis- en natuurkunde er eerder dan het universum zelf? En zo ja: waar kwamen ze dan vandaan?

Het zijn dit soort vragen waar theoretisch-fysicus Erik Verlinde met zijn nieuwe theorie een antwoord op zoekt. De eerste resultaten bracht hij in 2010 naar buiten in een gloednieuwe, hoogst speculatieve theorie die de zwaartekracht als emergent effect bestempelde. Dat wil zeggen: volgens Verlinde is de zwaartekracht geen echte kracht, maar het

gevolg van onderliggende verschijnselen. Het is te vergelijken met temperatuur, die ook niet iets fundamenteels is, maar het gevolg van de beweging van atomen en moleculen (zie ook *NWT Magazine*, januari 2012).

'De ideeën van Erik Verlinde stellen dat zwaartekracht emergent is en dat ruimte en tijd emergent zijn,' vertelt Dijkgraaf. 'Op het moment dat ruimte en tijd emergent zijn, kun je dus niet meer over de oerknal praten.'

Toch was dat eerste inzicht over zwaartekracht, dat onder theoretici insloeg als een bom en Verlinde vorig jaar de prestigieuze Spinozapremie opleverde, slechts een opstapje naar meer. Sinds 2010 werkt Verlinde aan een nieuwe, uitgebreidere versie van zijn theorie, die zijn ideeën verder moet concretiseren en wiskundig onderbouwen.

Die nog niet gepubliceerde theorie zal vermoedelijk nog meer stof doen opwaaien dan destijds in 2010. Waar hij toen alleen nog de zwaartekracht onder vuur nam, moeten nu ook de oerknal, de manier waarop wij onze natuurwetten opstellen en zelfs ons beeld van wat materie precies is, eraan geloven.

### Gek

Verlinde is iemand die met zijn baanbrekende ideeën potentieel net zo'n grote bom onder de moderne fysica kan leggen als Einstein deed met zijn algemene relativiteitstheorie, maar dat is hem op het eerste

gezicht niet aan te zien. Verlinde heeft bijvoorbeeld geen gek, iconisch kapsel dat 'genie' schreeuwt. Hij denkt over zijn ideeën na achter een keurig opgeruimd bureau op het Science Park van de Universiteit van Amsterdam en oogt en spreekt degelijk en bedachtzaam – bijna saai, zelfs.

En toch is hij absoluut geen grijze muis. Want in tegenstelling tot de meeste van zijn vakbroeders durft Verlinde groot te dromen en denken. Zonder blikken of blozen poneert hij spraakmakende, gewaagde ideeën en concepten, waar anderen zich niet aan zouden kunnen – of durven – wagen.

'We hebben soms een tekort aan gekke ideeën,' vertelt Dijkgraaf over de snaartheorie, het vakgebied waarin hij en Verlinde al jaren werken. Om de boel wat meer op te schudden, ziet Dijkgraaf daarom graag meer mensen als Verlinde opstaan. 'De wiskunde van zo'n snaartheoretisch model is heel verleidelijk om aan te rekenen. Maar we vergeten daarbij nog weleens de reden dat we zo'n model in eerste instantie opstelden: om geïnspireerd te raken voor de volgende stap. Als je kijkt naar welke radicale ideeën er zijn – en dat zijn er niet veel – is die van Verlinde echt de meest veelbelovende van de afgelopen jaren.'

Het gemak waarmee Verlinde de heilige huisjes van de wetenschap omver schopt, maakt soms zelfs bijna lacherig. 'De meeste theoretici gaan uit van een onderscheid tussen ruimte en materie,' vertelt Verlinde op kalme toon. 'De ruimte is bij hen een soort toneel waarop materie beweegt onder invloed van krachten. Ik ben er van overtuigd dat die manier van denken gaat verdwijnen,' stelt Verlinde, die daarmee in een keer de manier waarop wij onze natuurwetten opstellen op losse schroeven zet.

### Bijrol

Wie net zoals Verlinde twijfelt aan de oerknal, komt als vanzelf uit bij de grootste open vragen uit de huidige kosmologie: donkere materie en donkere energie. Donkere materie verraadt zijn aanwezigheid alleen doordat het zwaartekracht uitoefent op andere materie en donkere energie is onze sluitpost voor de energiebalans van het universum.

'Als er enige reden is om ons een beetje ongemakkelijk te voelen, dan is het wel door het overweldigende succes van het

► **Erik Verlinde: 'Donkere energie en donkere materie zijn geen vraagtekens.'**  
JOAN VAN NISPEN TOT SEVENAER



kosmologisch onderzoek,' zegt Rien van de Wijngaert, kosmoloog aan de Rijksuniversiteit Groningen. 'Met grote precisie is vastgesteld dat 23 procent van de energie-inhoud van het heelal onbekende donkere materie is, en maar liefst 73 procent mysterieuze donkere energie.'

Donkere materie en donkere energie zijn de twee vreemdste bewoners van ons universum. Samen zijn ze verantwoordelijk voor 96 procent van de energie-inhoud van het heelal. Daarbij vergeleken is de bekende materie waaruit sterrenstelsels, nevels, planeten en u en ik zijn opgebouwd niets meer dan een kosmische bijrolspeler. 'Donkere energie en donkere materie

## Donkere materie bestaat niet simpelweg uit deeltjes die we nog niet hebben ontdekt

zijn geen vraagteken, maar komen op logische wijze voort uit mijn theorie,' zegt Verlinde. 'Donkere materie bestaat niet simpelweg uit deeltjes die we nog niet hebben ontdekt. Alleen is voor die conclusie wel een andere visie nodig. Onze huidige natuurwetten zijn te veel gebaseerd op het oude idee van materie.'



▲ **Robbert Dijkgraaf: 'Er is een breed gedeeld gevoel dat er nog grote vragen onbeantwoord zijn.'** KNAW

Volgens Verlindes nieuwe idee zijn donkere materie, donkere energie en gewone materie drie fasen van dezelfde soort energie. 'En dus kunnen ze in elkaar overgaan,' legt hij uit. 'Ze zijn te vergelijken met de fasen vast, vloeibaar en gas die gewone stoffen kunnen aannemen.'

Dat uitgangspunt maakt het universum volgens Verlinde een stuk logischer. 'De belangrijkste aanwijzing dat ik hiermee op de goede weg zit, kwam toen ik vanuit die aanname een berekening deed. Je kunt de verhouding tussen de verschillende fasen afleiden en zo kan ik berekenen dat je met 4 procent bekende materie 23 procent donkere materie krijgt – en de rest donkere energie. Dat is precies wat de huidige kosmologische modellen onderschrijven.'

Verlinde meent daarom dat het universum niet is ontstaan uit een oerknal, maar uit een overgang tussen de verschillende fasen van het 'iets' waarvan donkere energie, donkere materie en gewone materie verschillende verschijningsvormen zijn. De materie en donkere materie in ons universum kwamen als het ware opborrelen uit een bad van donkere energie, net als gasbelletjes dat in een pan kokend water doen.

Volgens Verlinde moeten we daarom ook anders kijken naar de ruimte waarin wij leven. Hij meent dat het universum meer bevat dan de ons bekende uitdijende ruimte, ontstaan bij de oerknal. In plaats daarvan is er een groter geheel waarin



## Twijfel over de oerknal

Verlinde is niet de enige die vraagtekens plaatst bij de oerknal. Sterker nog: de naam oerknal (*big bang*) is zelfs een geuzennaam, bedacht door de invloedrijke kosmoloog Fred Hoyle om zijn twijfel over de theorie te uitten. Zijn statische alternatief – het *steady state*-universum – is inmiddels echter grotendeels verworpen.

Toch twijfelen ook nu kosmologen van naam en faam nog altijd hardop aan de oerknal. Zo ook de bekende kosmoloog Vincent Icke, wiens twijfel voortkomt uit de deeltjesfysica. Volgens hem staat

wat wij tegenwoordig weten over deeltjes namelijk op gespannen voet met de theorie van Einstein uit 1916. 'Een uitweg is er niet.'

Zo sleutelen kosmologen regelmatig aan de zogeheten kosmologische constante – een getal dat uitdrukt hoe snel het heelal uitdijt. 'Als we die berekenen uit de normale natuurkundige theorieën, dan blijkt hij buitensporig groot,' legt Icke uit – een numeriek probleem waar nog wel een 'mouw aan te passen' valt. 'Maar er zijn ook grote conceptuele problemen.'

Een voorbeeld van zo'n groot probleem is dat het heelal volgens de formules van Einstein bijvoorbeeld geen karakteristieke lengte heeft – je kunt met andere woorden het heelal eendeloos blijven schalen. En dat is gek, want de natuurkunde kent juist wél een kleinste mogelijke lengteschaal.

'Als je ver genoeg teruggaat naar het verleden, kom je altijd op een punt uit waarop het heelal gedomineerd moet worden door deeltjes kleiner dan die kleinste mogelijke lengte,' legt Icke uit. En dat kan dus niet.

materie, donkere materie en donkere energie bewegen en in elkaar overgaan. Dat maakt de oerknal tot een soort optische illusie, meent Herman Verlinde, theoretisch-fysicus aan de Princeton University en tweelingbroer van Erik. 'Maar die illusie is wel wat wij in ons dagelijks taalgebruik de realiteit noemen. Verder voldoet die 'illusie' ook aan de natuurwetten, dus voor verreweg de meeste praktische doeleinden bestaat de oerknal wel.'

Desondanks ziet ook hij op een dieper niveau allerlei tegenstrijdigheden en vragen. Hoe kan tijd een begin hebben, wat is energie nu precies, hoeveel informatie bevat het universum en is het waarneembare heelal alles dat er is? 'Dat soort vragen kun je alleen beantwoorden als je de achterliggende realiteit, van waaruit onze eigen realiteit tevoorschijn komt, kunt blootleggen,' aldus Herman Verlinde.

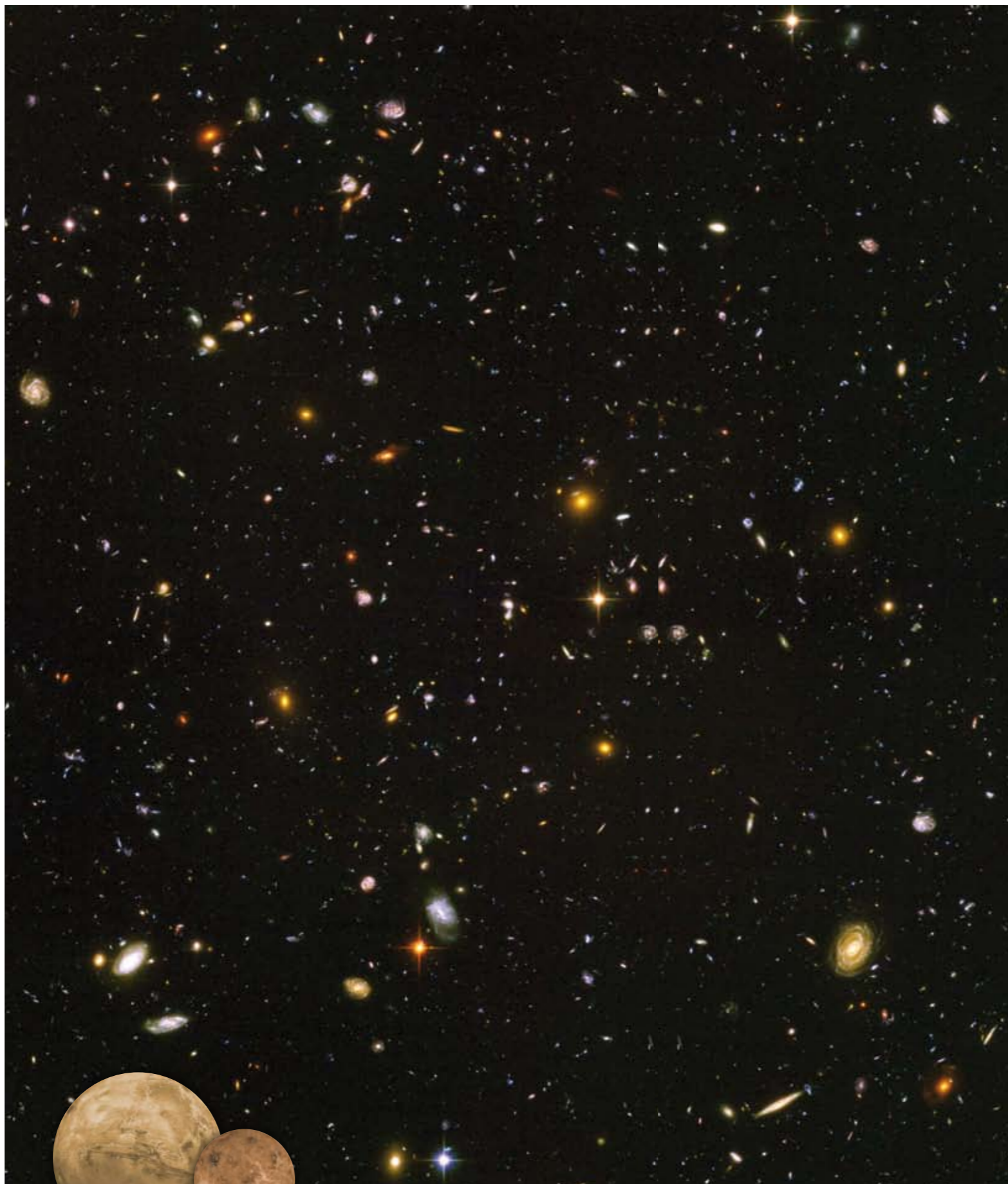
## Glas

Ondanks zijn nieuwe inzichten, kan Erik Verlinde nog niet met zekerheid zeggen wat er 13,7 miljard jaar geleden nu precies gebeurde. Dat er iets plaatsvond, daar twijfelt hij echter niet aan. 'Misschien lijkt het universum wel wat op glas,' denkt hij hardop na. 'Glas wordt gemaakt als het zeer heet is en daarna laat je het stollen, maar het is niet echt een vaste stof. Het heeft nog allerlei eigenschappen van een vloeistof. Het ontstaan van materie in het universum kan ook best zo'n soort overgang tussen fasen zijn geweest.'

'Ik weet niet precies of er toen één

## 'Ik twijfel niet of mijn ideeën waar zijn. Daarvoor zijn ze te goed onderbouwd'

overgang plaats had,' vertelt Verlinde verder, 'of dat het een continu proces van fase-overgangen is. Het is heel waarschijnlijk dat er altijd iets aan de gang is, met verschillende fasen die in elkaar overgaan. Het zou goed kunnen dat we nu toevallig in een periode zitten met veel materie, waardoor de ruimtetijd een soort podium lijkt waarop die materie beweegt. Maar daar moet ik nog verder over nadenken.'



◀ Volgens de oerknaltheorie ontstond het heelal uit niets. Op deze opname genomen door de Hubble-ruimtetelescoop van een minieme fractie van het universum zijn vele duizenden sterrenstelsels te zien. NASA



## Ongepubliceerd onderzoek

Het verhaal dat u op deze pagina's leest, is anders dan wat u doorgaans aantreft in *NWT Magazine*. In tegenstelling tot het onderzoek en de resultaten elders in dit tijdschrift, is de theorie van Verlinde namelijk nog altijd niet gepubliceerd. Wij hebben zijn berekeningen niet gezien en niet kunnen controleren. Ook Verlinde's collega's hebben hun kritische blik nog niet over zijn ideeën kunnen laten glijden. Of Verlinde op het juiste spoor zit, of een verkeerde afslag heeft genomen, is dus nog met



geen mogelijkheid objectief vast te stellen – iets wat Verlinde zelf overigens ook benadrukt. Schrijven over ongepubliceerd onderzoek is controversieel. Zo is het verkeerde beeld dat bij het publiek bestaat over de oerknal gedeeltelijk terug te voeren op wetenschap-

pers die in boeken en tijdschriften speculeerden over de oorsprong van het universum, zonder daarbij expliciet te vermelden dat zij hun beweringen niet hadden aangetoond.

Zodoende ontstond het beeld van het niets dat ontplofte, en het beeld van het ene punt (de singulariteit) waaruit het universum begon. Beide staan niet vast, maar zijn hoogst speculatieve verklaringen voor wat zich in de voor ons nog altijd onbekende eerste fractie van een seconde in het universum afspeelde.

En dat is niet het enige waar hij zijn gedachten nog over moet laten gaan. Zijn alternatieve idee geeft bijvoorbeeld nog geen verklaring voor de kosmische achtergrondstraling. 'Mijn theorie is natuurlijk nog niet helemaal af. Er moet nog een hoop aan gebeuren en uitgerekend worden. Maar het is logischer dan het verhaal 'er was niets en dat ontplofte', dat nu toch vaak de boodschap lijkt.'

Overigens probeert Verlinde bij het vinden van een vervangende theorie niet klakkeloos het werk van zijn voorgangers naar de prullenbak te verwijzen. 'De vergelijkingen van Einstein staan voor mij vast, maar ik leid ze nu af uit nieuwe, onderliggende vergelijkingen.'

Het oerknallose universum dat Verlinde voor ogen heeft, zal overigens wel even wennen worden. 'Ons wereldbeeld berust op begrippen als oorzaak en gevolg,' legt Verlinde uit. 'Dat is een logische manier om wat we waarnemen te ordenen. We zijn daarmee een heel eind gekomen, maar als je zo terugreken naar de oorsprong van het heelal, trek je al snel ongeloofwaardige conclusies. Het huidige kosmologische model werpt veel vragen op. Het heeft bijna net zoveel problemen als successen,' meent hij.

Daarom wil Verlinde nu, nog voor de publicatie van zijn ideeën, de discussie aanzwengelen. 'Erik wil een discussie over wat nu wel en niet wetenschappelijk vaststaat over de oorsprong van ons heelal,' vertelt Herman Verlinde. Dat Erik Verlinde daarbij hardop stelt dat de oerknal onlogisch is toont volgens zijn broer 'moed, of misschien zelfs overmoed.'

Erik Verlinde haast zich echter om te stellen dat zijn nieuwe theorie geen bevestiging is, of een idee dat ineens uit de lucht kwam vallen. 'Ik twijfel niet of mijn ideeën waar zijn, daarvoor zijn ze te goed onderbouwd. De conclusie die ik trek, had ook door anderen kunnen worden getrokken. Wat we nu weten leidt onherroepelijk tot mijn idee.'

## Holografisch

Helemaal begrijpen hoe Verlinde's alternatieve blik op de werkelijkheid in elkaar steekt, is echter ook voor vakgenoten niet eenvoudig. Verlinde combineert inzichten uit de snaartheorie en kosmologie tot een nieuwe hoogst theoretische mix. Daarbij trekt hij een analogie tussen het universum en een zwart gat, waarbij de manier waarop overgangen tussen ruimte, tijd en

materie bij een zwart gat verlopen, model staan voor de faseovergangen van donkere materie, gewone materie en donkere energie in het universum als geheel.

'Het idee van Verlinde bouwt voort op het holografisch denken over ruimte en tijd,' stelt Robbert Dijkgraaf. Dat holografisch denken is onder meer afkomstig van Nobelprijswinnaar Gerard 't Hooft, één van de leermeesters van Verlinde. Volgens die denkwijze bevat de waarnemingshorizon rond een zwart gat – de denkbeeldige, bolvormige grens waar alles dat in een zwart gat valt, achter verdwijnt – alle informatie van het gehele gat. Dat idee combineert Verlinde met inzichten van onder andere de bekende Britse kosmoloog Stephen Hawking, die stelt dat de horizon als een vloeistof beschreven kan worden. Ook gebruikt Verlinde conclusies uit de snaartheorie die stellen dat onze ruimtetijd tevoorschijn kan komen uit een wereld met minder dimensies.

Het beeld dat hij krijgt door al die conclusies aan elkaar te knopen, verschaft hem een dieper inzicht in onze werkelijkheid. 'Materie kan achter de horizon van een zwart gat verdwijnen,' zegt Verlinde. 'Ben je door zo'n zwart gat gevallen, dan zie je pure ruimtetijd. Maar erbuiten heeft dat zwarte gat een temperatuur, een viscositeit en allerlei andere eigenschappen die we normaal aan materie toekennen,' zegt hij. Bovendien kan materie ook weer uit een zwart gat komen in de vorm van de – nog altijd niet gevonden – hawkingstraling. Het lijkt er dus op, wil Verlinde benadrukken, dat materie en ruimtetijd in een zwart gat moeiteloos in elkaar over kunnen gaan en dat het onderscheid tussen ruimte, tijd en materie dat theoretici zien, niet bestaat.

## Waarnemingen

'Het heelal heeft ook een horizon,' legt Verlinde uit. In het heelal is die horizon de denkbeeldige grens waar voorbij we dankzij de eindigheid van de lichtsnelheid niet meer kunnen kijken. 'De manier waarop ons universum ontstaat – door faseovergangen tussen donkere energie, donkere materie en gewone materie is dan vergelijkbaar met hoe de faseovergangen bij een zwart gat in zijn werk gaan,' meent hij.

Om zijn ideeën te toetsen, probeert Verlinde de vertaalslag te maken naar

## 'Via drie kanten kom ik tot een logisch verhaal dat strookt met wat we in het universum zien'

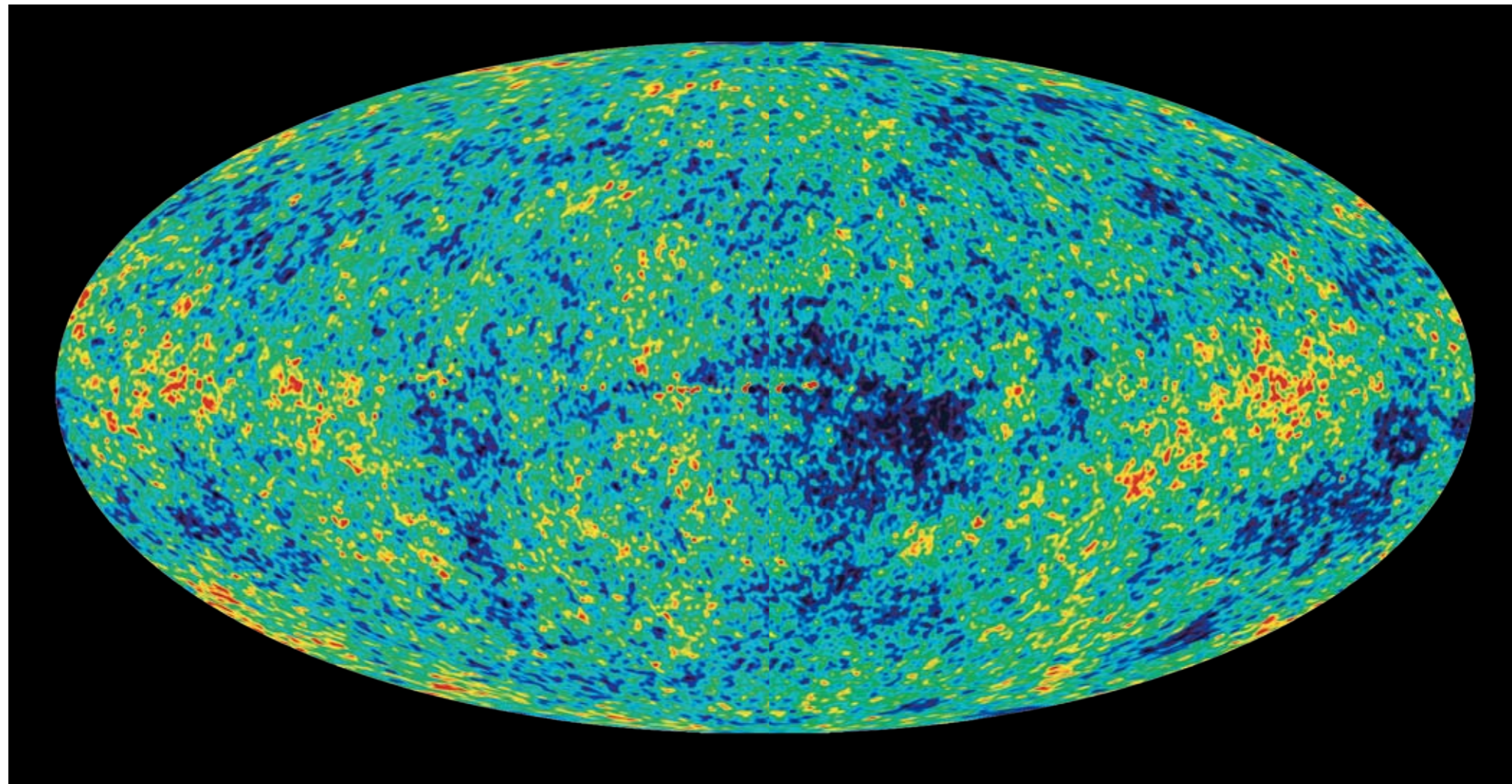
controleerbare waarnemingen – iets dat voor de ideeën uit de hoogtheoretische snaartheorie tot voor kort onmogelijk leek. Zo kan Verlinde onder andere uitrekenen hoeveel donkere materie er in een roterend sterrenstelsel moet zitten. Dat wordt gewoonlijk berekend vanuit de bijdrage die de donkere materie moet leveren aan de zwaartekracht, om te voorkomen dat zo'n stelsel zichzelf door zijn grote draaisnelheid uit elkaar rukt. Verlinde berekent de hoeveelheid echter vanuit een formule in zijn nieuwe theorie. 'En dat klopt precies met wat waargenomen is,' stelt hij.

Op die manier vindt hij

ook bij clusters van sterrenstelsels de juiste hoeveelheid donkere materie en kan hij berekenen dat er met 4 procent zichtbare materie, 23 procent donkere materie moet zijn. 'Ik kan dat afleiden met één formule. Zo kom ik via drie kanten tot hetzelfde resultaat en een logisch verhaal dat strookt met wat we in het universum zien.'

Volgens Robbert Dijkgraaf zijn dit soort berekeningen wat er tot nu toe nog aan de ideeën van Verlinde ontbrak. 'Daar zit ik echt op te wachten, een stukje van de theorie die concreet genoeg is om ermee te kunnen rekenen,' laat hij weten. 'De berekeningen die Erik nu heeft gedaan zijn een goede eerste stap om het concreet te maken. Als het hem lukt dat hard te maken, is dat een fantastisch resultaat dat ons denken over de kosmos op een fundamentele manier kan beïnvloeden.'

Tijd dus om de kosmologische leerboeken het raam uit te werpen en de theorie van een uit een bad donkere energie opgeborreld universum in te voeren? Nee, dat toch (nog) niet.



◀ De kosmische achtergrondstraling is het belangrijkste bewijs voor de oerknal. Erik Verlinde kan met zijn alternatieve theorie dit patroon nog niet verklaren. NASA

clusief de beschrijving van de oerknal.'

Hoeveel impact Verlindes nieuwe theorie bij publicatie heeft, hangt volgens Dijkgraaf vooral af van het aantal aansprekende details waar mensen als hij mee kunnen rekenen. 'Dat is nu nog erg lastig,' benadrukt hij. 'Het instapniveau is vrij hoog. Ik denk zelf meer toegepast en wiskundig, maar moet eerst nog die hoge theoretische bergwand beklimmen. Ik ben op zoek naar dat ene stukje van die theorie die net verleidelijk genoeg uitsteekt om mijn handen omheen te kunnen slaan, en ik denk dat dat geldt voor veel mensen. Ik wacht dan ook met veel spanning op het artikel dat Erik nu aan het schrijven is. Als hij opschrijft wat hij ons tot nu toe heeft voorgehouden, dan zullen heel veel mensen op die ideeën springen.' De potentie van de theorie is, kortom, erg groot.

Het is dus nog even afwachten of Verlindes ideeën ons begrip van het heelal, onze natuurwetten en ons beeld van de bouwstenen waaruit wij allemaal zijn opgebouwd definitief veranderen. Tot die tijd is het in elk geval heerlijk wegdromen bij het idee dat het tijdperk van fundamentele, grootschalige nieuwe inzichten in de natuurkunde nog altijd niet achter ons ligt.

Verlinde is namelijk de eerste om te benadrukken dat zijn ideeën nog niet gepubliceerd zijn in een vakblad en dus nog niet gekeurd zijn door de kritische blik van zijn collega's. Zodra dat gebeurt, komt pas het moment om het echte oordeel te vellen over zijn nieuwe theorie – een oordeel dat gebaseerd zal zijn op de inhoud, en niet op Verlindes vorige resultaten of overtuigende woorden.

'In de media gaat het vaak over de reputatie van de onderzoeker,' zegt kosmoloog Vincent Icke van de Universiteit Leiden. 'Maar dat kan me geen zier schelen. Ik wil gewoon resultaten zien. En het maakt me dan niets uit of die komen van een bekende hoogleraar uit Leiden of een boer ergens uit Lutjebroek. Daarin zijn we in de wetenschap bikkelhard.'

Bovendien moet aan de ideeën van Verlinde nog een hoop gebeuren. 'De kosmische achtergrondstraling, de structuurvorming in het universum, het ontstaan van sterren en sterrenstelsels – dat zijn allemaal belangrijke dingen die je

moet kunnen verklaren,' stelt Dijkgraaf. 'Ik snap de details nog niet helemaal en een aantal concrete punten moet nog worden ingevuld, maar ik vind wat Erik doet wel een heel waarschijnlijke lijn van denken. Misschien blijkt hij het op de details fout te doen, maar in grote lijn heb ik veel vertrouwen. Als zijn theorie blijkt te kloppen, zal dat consequenties hebben voor alles – in-

## Meer weten?

Op de vraag 'wat als er geen oerknal was?' hebben we nog veel meer uitgebreide reacties ontvangen van prominente wetenschappers uit binnen- en buitenland. Kijk daarvoor op [www.nwtonline.nl/oerknal](http://www.nwtonline.nl/oerknal).

Het huidige beeld van de oerknal komt uitgebreid aan bod in het nieuwste boek uit

onze Wetenschappelijke Bibliotheek: *Oerknal – Geschiedenis van ruimte en tijd*, geschreven door emeritus hoogleraar astronomie Ed van den Heuvel. Vanaf maart verkrijgbaar via [www.nwtonline.nl/shop](http://www.nwtonline.nl/shop).

