Bestond er een kosmos vóór het heelal?

Het heelal, het universum, de kosmos of het hemelruim zijn allemaal synoniemen voor het stelsel waar wij ons middenin bevinden: het stelsel van alle materie en energie binnen het ruimtetijd-continuüm; kortom, alles wat is. Maar wat was er vóór dit “hele-al”? Bestond er een kosmos voorafgaand aan die van ons? Heeft ons universum altijd al bestaan, en zo niet, is het dan mogelijk te achterhalen hoe het ontstond? Deze vragen werden tot kortgeleden als puur metafysisch gezien, maar de huidige vorderingen binnen theorieën van quantumzwaartekracht bieden mogelijkheden om nieuwe vormen voor de begintoestand van het universum te ontdekken.



Wat was er vóór ons heelal? Wie het universum bewondert krijgt al snel ook allerlei vragen. Volgens de moderne theorieën ontstond ons heelal een kleine 14 miljard jaar geleden. Maar was er daarvóór dan ook iets? En zo ja, wat? Afbeelding via Pixabay/Getarchive.

Kosmologie is de wetenschap die de globale structuur en de evolutie van het universum bestudeert. Deze evolutietheorie is al ver gevorderd. Het heelal wordt tegenwoordig in twee delen gesplitst, waarvoor de termen “zichtbaar heelal” en “theoretisch heelal” gebruikt worden. Het zichtbare heelal is het deel van het universum dat op dit moment waarneembaar is, dus het deel van waaruit sinds “het begin van tijd”, licht de aarde heeft kunnen bereiken. Verder dan deze grens kunnen we niet “kijken” en als het heelal een begin heeft gehad is het zichtbare heelal dus eindig. Dit heelal zou volgens de meeste recente berekeningen inderdaad ongeveer 13,8 miljard jaar geleden zijn ontstaan door de oerknal, vanuit een enorm heet punt met een temperatuur van ca. 10^{28} kelvin, met een bijna oneindig grote dichtheid.

Het theoretische heelal vertelt ons wat er meer is of kan zijn dan het optisch zichtbare. Er

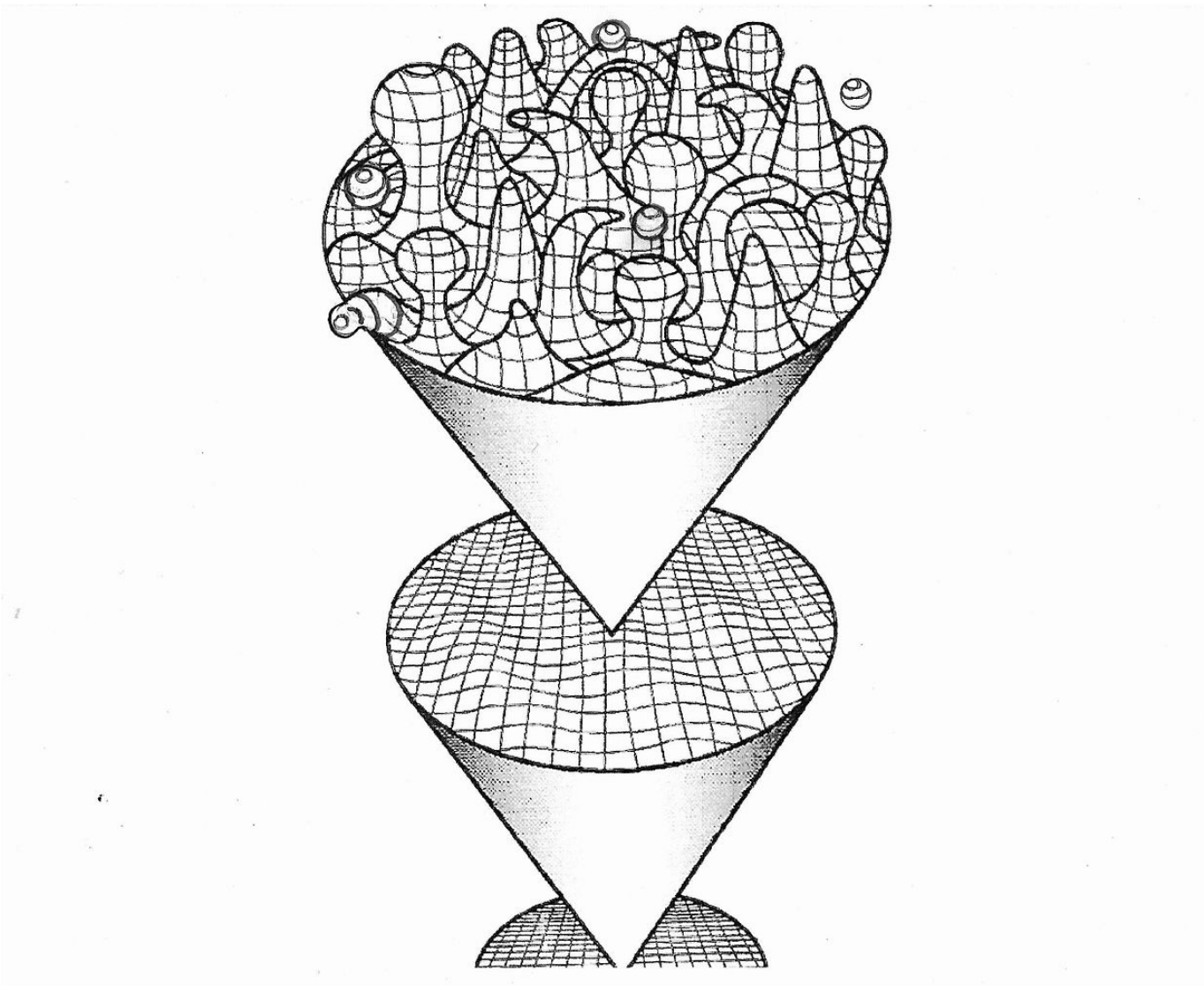
bestaan verschillende kosmologische modellen, die alomvattende structuren beschrijven die in theorie mogelijk zijn, en waar het zichtbare heelal zich mogelijk in bevindt. In dit theoretisch heelal zijn er mogelijkheden voor theorieën waarin het heelal niet eindig hoeft te zijn. Met deze modellen kan ook gekeken worden naar het extreem vroege heelal, oftewel: de kosmos vóór ons heelal.

De oerknal (of in het Engels: *Big Bang*) werd altijd gezien als het begin der tijden: in een gigantische explosie verschenen met een “bang” tijd, ruimte, massa, straling, krachten en natuurwetten. Het is echter een gek idee dat iets zomaar kan ontstaan uit niets. Kosmologen zeggen tegenwoordig dat het startpunt van ons heelal nog vóór de oerknal ligt. Er zijn hier tot nog toe twee tijdperken. Vlak voor de oerknal hebben we inflatie: het kan zijn dat het universum in een extreem vroeg stadium extreem snel is opgeblazen en dus razendsnel in afmetingen is toegenomen. (Voor een wat uitgebreider voorbeeld kun je Kosmische inflatie: de groeispurt van het heelal, een artikel uit 2016, of De oerknal en inflatie, uit 2017, lezen.) Deze inflatie zou leiden tot een uniform, bijna vlak universum en lijkt een goed bij de huidige waarnemingen passende weergave te zijn van ons vroege universum.

Er zijn echter wel wat begincondities nodig om deze inflatie te laten werken. Tijdens de inflatie bestaat er een “inflatonveld”, waar inflatondeeltjes in bestaan: configuraties van potentiële energie, straling en materie. Het veld heeft een vacuümenergie met negatieve druk, waardoor het vroege heelal in zeer korte tijd (10^{-35} seconde) een fase van exponentiële groei heeft doorgemaakt en dus is opgeblazen. Gedurende dit minuscule tijdsinterval zou het heelal tussen de 10^{30} en 10^{100} keer zo groot zijn geworden. De vormen van materie, straling en energie worden tijdens inflatie snel verdund en het inflaton-veld vervalt; aan het einde van de inflatie vult het heelal zich opnieuw met materie en energie, gevormd vanuit het verval van de eerdere componenten. Hierna begint de oerknal en wordt de vorming van ons huidige universum op gang gebracht. Er was volgens theorieën waarin inflatie een rol speelt dus al een ruimte gevuld met het inflaton-veld voorafgaand aan ons universum. Wat dáárvoor weer bestond is speculatief, maar wel nodig om deze pre-kosmos te kunnen begrijpen, aangezien inflatie zelf weer begincondities nodig heeft om later ons universum mogelijk te maken.

Nog voor inflatie bevindt de kosmos zich in een toestand die we een singulariteit noemen. De

afstanden zijn in deze vroege fase van het universum zo klein dat klassieke algemene relativiteitstheorie faalt. Quantumeffecten zijn cruciaal voor de beschrijving van ruimtetijd, en hier is dus een theorie van quantumzwaartekracht nodig. De benaming voor ruimtetijd op die zogeheten Planckschaal is quantumschuim—ook wel ruimtetijdschuim genoemd. Die term geeft een beeld van hoe de ruimte-tijd eruit zou kunnen zien op schalen waar quantumzwaartekrachteffecten overheersen: in plaats van een glad, continu weefsel van ruimte en tijd is de ruimtetijd op de Planckschaal wild fluctuerend, voortdurend borrelend en kronkelend door quantumonzekerheid.



Quantumschuim. Als je maar genoeg inzoomt lijkt de ruimtetijd op een chaotische zee, met vervormingen, lussen en pieken. Afbeelding via Wikimedia Commons.

Er zijn diverse theorieën die dit singulariteitsprobleem proberen op te lossen; de twee bekendste: *loop quantum gravity*, en snaartheorie. Marcel Vonk schreef in 2016 over het

verschil tussen de twee theorieën en de haken en ogen die nog aanwezig zijn: Quantumzwaartekracht: snaren of lussen?. Loop quantum gravity gaat uit van het idee dat ruimte en tijd een structuur hebben van lussen die zijn verweven tot een uiterst fijne stof, een zogeheten spin-netwerk. Er wordt met loop quantum gravity geprobeerd een quantumtheorie van zwaartekracht te ontwikkelen die direct gebaseerd is op Albert Einsteins meetkundige formulering van ruimtetijd. De evolutie van een spin-netwerk, of spin-schuim, heeft – net als bij het quantumschuim dat ik eerder noemde het geval is – een schaalorde van een Plancklengte, ongeveer 10^{-35} meter. Kleinere schalen hebben volgens de theorie geen betekenis. Een gevolg is dat niet alleen materie, maar ook de ruimte zelf een “atomaire” structuur aanhoudt. Hiermee is het probleem van de singulariteit te omzeilen.

Volgens recent werk met loop quantum gravity in kosmologie, krimpt ruimtetijd namelijk tot een minimale en dus eindige grootte wanneer we de ‘film van het heelal’ achteruit afspelen. Er ontstaat dan geen echte singulariteit, aangezien een singulariteit een oneindig klein punt is met een oneindig grote massadichtheid. Klassieke ruimtetijd is emergent en ontstaat uit een toestand waarin bekende begrippen van ruimte en tijd niet van toepassing zijn. Deze manier van redeneren zorgde ervoor dat een andere mogelijkheid voor de werking van ons heelal ook het onderzoeken waard wordt: een oscillerend heelal. In dit model van ons universum hebben we geen “Big Bang”, maar een “Big Bounce”. Dit model suggereert dat het universum waar wij nu in leven, gecreëerd is uit een eerder geïmplodeerd, in elkaar gestort heelal. In deze theorie is er een oneindige reeks van oerknallen die steeds weer een nieuw universum tot stand brengen en laten imploderen. Op dat punt van imploderen (en totstandbrenging) hoeven fundamentele natuurconstanten niet constant te blijven, vooral niet binnen het tijdsinterval rond de ‘bounce’ dat kleiner is dan het interval waarin metingen überhaupt mogelijk zijn. (Ongeveer één eenheid van de Plancktijd, in onze huidige eenheden ruwweg 10^{-43} seconden.) Ook tijd zelf kan misschien niet eens meer gedefinieerd worden, aangezien het nooit zeker is welke natuurwetten en grootheden in zo’n ander universum zouden bestaan. Het zou natuurlijk ook kunnen dat het universum juist wél in elke oscillatie hetzelfde blijft, waardoor een cyclisch beeld van ons universum zou ontstaan.

Ook andere theorieën, zoals op snaartheorie gebaseerde modellen, vermijden een initiële singulariteit dankzij enkele zeer fundamentele symmetrieën binnen die theorie. Het was de snaartheorie die als een van de eerste modellen de mogelijke interpretatie van de oerknal als een “Bounce” suggereerde. In snaartheorie worden de puntachtige deeltjes uit de

deeltjesfysica vervangen door eendimensionale objecten die snaren worden genoemd. Snaartheorie beschrijft hoe deze snaren zich voortbewegen door de ruimte en met elkaar wisselwerken. Op afstanden groter dan de schaal van de snaar gedraagt een snaar zich als een deeltje, waarbij massa, lading en andere eigenschappen worden bepaald door de trillingsmodus van de snaar. Het leuke is nu dat in sommige snaarmodellen datzelfde gebeurt op afstanden veel kleiner dan de schaal van de snaar: grote afstanden zijn dus “symmetrisch” (of in vaktermen: duaal) met kleine afstanden. Op die manier vind je, als je maar ver genoeg teruggaat in de tijd, in zulke modellen dus vanzelf weer een groot heelal: er ontstaat door de symmetrie een Big Bounce! Als deze modellen kloppen, dan zou de oerknal dus niet een begin van tijd, ruimte, energie en materie zijn, maar slechts een omvorming. Op de Quantum Universe-website is al veel geschreven over snaartheorie en over de betreffende dualiteiten. Voor een overzicht kun je het artikel Snaartheorie: meer dan een theorie van snaren, geschreven door Marcel Vonk, lezen.



Multiversa. Dall.E’s artistieke impressie van het multiversum.

Met het idee dat er een uitdijende ruimte bestond nog vóór de oerknal, waarin

quantumfluctuaties materie en energie laten ontstaan, is er ook een mogelijkheid dat ons universum niet als enige is ontstaan uit deze “kosmische quantumsoep”. In ons stuk van het heelal is de inflatie gestopt, maar dat hoeft niet overal gebeurd te zijn. Het kan dus zo zijn dat het volume van het universum zich buiten ons zichtbare heelal nog steeds op deze manier uitrekt. Hier hebben we te maken met eeuwige inflatie, wat mogelijkheid biedt voor een potentiële theorie voor multiversa: stukken heelal heel ver buiten onze waarnemingshorizon zouden er totaal anders uit kunnen zien. Deze multiversa zouden parallel bestaan aan het stelsel waar jij en ik ons in bevinden. Misschien zijn er dus wel oneindig veel andere universa, met oneindig veel andere natuurwetten. Deze stelling is echter volledig speculatief, aangezien het bestaan van andere universa niet meetbaar zou zijn. Ook lijkt het een zwakker argument te zijn volgens “Occam’s razor” dan het hebben van 1 universum, omdat er nog meer aannames gemaakt moeten worden, namelijk het bestaan van meerdere universa in plaats van slechts één. Toch bestaan er wel theorieën waarin meerdere universa ‘natuurlijk’ naar voren komen; zo is er een theorie over het ontstaan van baby-universa die “geboren worden” uit een groter ouderuniversum. Stephen Hawking was er bijvoorbeeld van overtuigd dat zulke baby-universa bestaan — Sanne Vergouwen schreef hierover in 2020: Baby-universa.

Hoe dat wat zich buiten ons zichtbare universum bevindt eruitziet kunnen we misschien wel nooit echt begrijpen. Misschien is ons universum een klein onderdeel van een nog veel groter systeem, misschien is dit ook wel het enige universum en bestond er voor dit alles helemaal niets. De singulariteiten die we tegenkomen brengen een soort “kosmische censuur” met zich mee, die het onmogelijk lijkt te maken om ooit helemaal te begrijpen hoe het universum is ontstaan, of er altijd al een universum is geweest en of er een absoluut startpunt van ons universum bestaat. Maar we kunnen ook optimistischer zijn. De kosmologie komt steeds een stap dichter bij het theoretisch heelal dat ontstaat uit een pre-kosmologie waar nog van alles aan onderzocht moet worden. Wellicht dat een unificatie van ideeën uit de loop quantum gravity en snaartheorie ons dichter tot het “begin der tijd” kan brengen, en misschien kan zo’n model onze metafysische vragen over dit “hele-al”, uiteindelijk tot fysica maken.