









**Exoplaneten**

**Kans op buitenaards leven..?**



# **Exoplaneten**

## **Kans op buitenaards leven..?**

**Wiebe Hovinga**

Uitgever      MIJNBESTSELLER.NL  
Auteur        Wiebe Hovinga





## **Inhoud**

<b>1. Wat is leven?</b>	<b>pagina 10</b>
<b>2. Buitenaards leven</b>	<b>pagina 24</b>
<b>3. Sterrenclassificatie</b>	<b>pagina 30</b>
<b>4. Bewoonbaarheid rode dwergsystemen</b>	<b>pagina 40</b>
<b>5. Leefbare planeten</b>	<b>pagina 50</b>
<b>6. De exoplaneten</b>	<b>pagina 57</b>
<b>7. Kepler, TESS en andere observatoria</b>	<b>pagina 118</b>
<b>8. Vragen, opmerkingen, bewijzen</b>	<b>pagina 120</b>
<b>9. ETI (ExtraTerrestrial Intelligence)</b>	<b>pagina 144</b>
<b>10. Register</b>	<b>pagina 155</b>



## **1. Wat is leven?**

Zijn we alleen? Bestaat ergens leven naast die op onze aarde? Moderne astronomie kan helpen om deze fundamentele vragen te beantwoorden, maar eerst moeten we weten wat met 'leven' wordt bedoeld.

Het concept is moeilijk te definiëren. Vroeger werd algemeen aangenomen dat het leven georganiseerde materie is die zeven cruciale kenmerken vertoont: groei, ademhaling (d.w.z. uitwisseling van gassen), voeding, uitscheiding, reproductie, reactie op externe stimuli en voortbeweging (de laatste is slechts gedeeltelijk waar, aangezien planten en andere organismen niet mobiel zijn).

Materie in een kristal is georganiseerd en men zou kunnen stellen dat een kristal groeit door zichzelf te voeden met naburige atomen, dat het zich reproduceert wanneer het vertakt, en dat het reageert op externe prikkels, samentrekt wanneer het bijvoorbeeld wordt blootgesteld aan een elektrische lading (zoals in het piëzo-elektrische effect dat wordt gebruikt in kwartshorloges). Niettemin ademt een kristal niet, heeft geen uitscheiding en beweegt het niet. Hoe zit het dan met vuur? Een brand voedt zichzelf met brandbaar materiaal, neemt zuurstof op (ademt), groeit, beweegt, kan op nieuwe locaties extra branden ontsteken (reproduceert), warmte uitscheiden en reageert op externe prikkels zoals wind of een brandblusser. Maar als kan worden beweerd dat vuur voldoet aan de zeven basiscriteria voor leven, voldoen levende wezens aan één aanvullende voorwaarde: ze kunnen muteren. Hierdoor kan een organisme zich aanpassen aan nieuwe omgevingen en dus evolueren. Vuur kan niet evolueren naar een andere vorm van oxidatie, zoals roesten, maar we weten uit de fossielen dat het leven zichzelf voortdurend transformeert, resulterend in de buitengewone verscheidenheid aan vormen om ons heen: van bacteriën tot watermeloenen tot oesters tot olifanten.

Dus de oude definitie van leven, die zowel te beperkend als onvolledig was, heeft nu plaats gemaakt voor een nieuwe die uiteindelijk ook van toepassing zou kunnen zijn op het leven elders in het heelal: wat het leven fundamenteel onderscheidt van inerte materie, is zijn vermogen om groeien, reageren op externe prikkels, zich voortplanten en evolueren.

Op aarde zorgt het krachtige en veelzijdige DNA-molecuul ervoor dat al deze functies kunnen worden uitgevoerd: reproductie door zichzelf te kopiëren, evolutie door mutatie en groei en reactie op externe stimulatie door de gastheer te programmeren om te groeien en te reageren.

### **Hoe begon het leven op aarde?**

De oudst bekende fossielen dateren van ongeveer 3,5 miljard jaar geleden. Eenvoudige bacteriële vormen die in ondiep water leefden, lijken sterk op

bepaalde levende bacterie-stammen vandaag. Omdat de fossiele bacteriën noodzakelijkerwijs zijn geëvolueerd van primitieve levensvormen, wordt algemeen aangenomen dat het leven voor het eerst op aarde moet zijn verschenen 3,8 of 4,0 miljard jaar geleden, wat verrassend snel is na de vorming van onze planeet 4,5 miljard jaar geleden. Het vroegste leven was een eenvoudige cel, en hoe die eerste cel tot stand is gekomen, is nog niet helemaal begrepen, maar we kunnen enkele waarschijnlijke stappen stellen.

Als we eerst naar de chemische samenstelling van levende materie kijken, zien we dat dit in wezen is gemaakt van koolstof, stikstof, zuurstof en waterstof, wat de vier meest voorkomende elementen in het heelal zijn. Deze vier leveren 96% van de levensbestanddelen van het leven, de overige 4% bestaat uit fosfor, zwavel en sporen van andere elementen. De hoge concentratie van zuurstof en waterstof in levende materie is gemakkelijk te verklaren door het water dat het bevat, en door de hoge reactiviteit van zuurstof. Maar hoewel koolstof en stikstof in aanzienlijke hoeveelheden in sterren worden gevonden, zijn deze helemaal niet overvloedig op aarde; die is meestal gemaakt van siliciumdioxide en ijzer.

Waarom zou het levensrecept dan om koolstof en stikstof vragen?

Is er iets speciaals aan hun chemisch gedrag? Koolstof kan zich met waterstof binden tot koolwaterstoffen, maar kan zichzelf ook binden met vele andere chemische elementen. Dit zorgt voor een buitengewone variëteit aan complexe moleculen voor het vormen en gebruiken in de basisprocessen van het leven: structuren in cellen bouwen, energie opslaan, de informatie coderen die nodig is voor reproductie, enz.

Stikstof kan ook meer dan één elektron delen met een koolstofatoom voor het vormen van sterke maar breekbare bindingen om een groot aantal diverse, stabiele moleculen te bouwen. Bovendien, stikstofgas, dat zeer vluchtig is, kan zich gemakkelijk begeven tussen organismen en hun milieu. We moeten ons dan afvragen hoe deze vier elementen samen de vele verschillende organische verbindingen hebben gevormd, waarvan levende wezens worden gemaakt: de essentiële aminozuren, het DNA, de buitengewoon complexe eiwitten.

Sommigen hebben voorgesteld dat grote organische moleculen - of zelfs het leven zelf in de vorm van bacteriële sporen - volledig vanuit de ruimte naar de aarde kwamen. Het idee is niet helemaal vergezocht, aangezien de jonge aarde zwaar werd gebombardeerd door meteoroiden en kometen die soms organische verbindingen bevatten. De vier basiselementen van koolstof, zuurstof, stikstof en waterstof waren de belangrijkste componenten van de primitieve atmosfeer van de aarde - in de vorm kooldioxide

(CO<sub>2</sub>), stikstofgas (N<sub>2</sub>), waterdamp (H<sub>2</sub>O) en een kleine hoeveelheid waterstof (H<sub>2</sub>).

Veel organische verbindingen - waaronder aminozuren, de basis-componenten van eiwitten – zijn relatief eenvoudig te synthetiseren vanuit zo'n atmosfeer. Maar om het leven op gang te brengen, zou het nooit genoeg zijn om alleen maar partijen elementaire organische moleculen te produceren; ze zouden elkaar moeten ontmoeten en een interactie moeten vormen om de complexere moleculen van het leven te bouwen. Een vloeistof is een perfect medium voor dergelijke interactie, op voorwaarde dat het een goed oplosmiddel is. En water, dankzij de polaire aard van zijn molecuul en de overvloed op aarde, is ideaal voor die rol. Het wordt dus algemeen aangenomen dat het leven op aarde is ontstaan in water, een essentieel onderdeel van alle bekende levende cellen en dat inderdaad 70 tot 95% van de samenstelling van een cel is.

Ten slotte is er een fysieke grens nodig tussen de levende en niet-levende materie, tussen de componenten van de cel en de vijandige externe omgeving. Die rol wordt gespeeld door het beschermende membraan van een cel. Hoe de eerste membraan zich vormde is nog steeds een mysterie, maar het is waarschijnlijk dat de allereerste organismen de membranen niet zelf fabriceren, maar dat deze zich ontwikkelden in natuurlijke voorkomende omgeving, zoals vette bubbels, die de neiging hebben zich te vormen in waterige media.

Toen het leven eenmaal was gevestigd, bleef het gedurende een lange tijd eencellig - meer dan 3 miljard jaar. Het eerste bewijs voor meercellige organismen is het raadselachtige Ediacaran-fauna die ongeveer 630 tot 540 miljoen jaar geleden ontstond in het Precambrium tijdperk. Tijdens het Cambrium ontwikkelden zich complexere meercellige organismen.

Kort daarna vond er een ware "explosie" van levensvormen plaats in een zeer een korte tijdspanne van 10 miljoen jaar. Dit waren de voorouders van de belangrijkste groepen of stammen van leven (de phyla) die zich toen ontwikkelden.

### **Zou intelligent leven het lot van het universum kunnen omkeren?**

Het universum is voorbestemd om uit te breiden maar echter gedoemd om een gebied te worden van extreme koude, verstoken van sterrenstelsels, sterren, en energie waar het leven niet langer mogelijk zal zijn. Geconfronteerd met zo'n vooruitzicht, zou een vorm van intelligent leven mogelijk kunnen zijn om, voordat het te laat is, orde in wanorde aan te brengen en een universum creëren waarin leven kan bestaan? Nee. Je zou je kunnen voorstellen dat de mensheid bijvoorbeeld een vervangende zon creëert wanneer onze eigen zon sterft.

Maar dit zou alleen het onvermijdelijke slechts vertragen. De wanorde van het heelal kan niet worden teruggedraaid. Het uiteindelijk einde is zonder uitstel. Misschien is er troost te halen bij het lezen van Isaac Asimov's klassiek kort verhaal 'De laatste vraag'.

In "de laatste vraag" wordt beschreven hoe de entropie in het heelal stelselmatig toeneemt. Het universum loopt af, als een geweldige grote klok en eens zal het ophouden met tikken. Die gedachte hindert van tijd tot tijd mensen die op aarde leven. Aan het begin van het verhaal is er een computer, een heel grote computer. En één van de mensen vraagt de computer: "Kan het proces van de toenemende entropie ook omgekeerd worden? Kan de entropie weer afnemen?"

Kan het heelal, dat als het ware afloopt, weer worden opgewonden?"  
*(Entropie is een maat van wanorde, of de afname van bruikbare energie. De entropie neemt toe tot een maximum. Met het verloop van de tijd vallen alle fysische systemen uit elkaar; alles neigt tot volledige wanorde.)*

De computer antwoordt: "Er zijn niet voldoende gegevens beschikbaar om die vraag te beantwoorden."

Er volgt een korte beschrijving over de ontwikkeling van de mensheid, van de computer en die van het heelal.

De mensheid leert door de ruimte te reizen en verspreidt zich door het heelal. Tegelijkertijd wordt de computer steeds machtiger, steeds gecompliceerder en steeds minder materieel.

En intussen tikt het heelal naar zijn einde toe. Tenslotte, tegen het einde, is de computer zelfs niet meer in deze ruimte, maar in een hyperspace.

Vandaar kan de computer elke vraag, op welke plaats dan ook in het heelal gesteld en beantwoordt worden. Hyperspace is overal, dichtbij en overal even ver vanaf. Wat je ook vraagt, de computer antwoordt. En van tijd tot tijd is er iemand die vraagt aan de steeds meer wetende en haast almachtige computer: Kan de entropie worden omgedraaid?

En elke keer zegt de computer: "Er zijn niet voldoende gegevens beschikbaar om de vraag te beantwoorden."

Tenslotte loopt het universum af. De sterren zijn uitgebrand. De mensheid is als energie opgegaan in de computer in de hyperspace.

Daarmee bestaat alleen nog het onzichtbare, alwetende, almachtige denkbrein dat de computer is geworden.

En eigenlijk zou die ook moeten ophouden te bestaan.

Maar de computer wordt nog in stand gehouden door die ene, onopgeloste vraag: Hoe kan de entropie worden omgekeerd?

Eindeloze tijd gaat voorbij, waarin de computer alle beschikbare gegevens telkens opnieuw overweegt en door zich heen laat gaan.

Tenslotte vindt hij het antwoord. En na opnieuw eindeloze tijd ontdekt hij ook de weg waarlangs het hele proces opnieuw kan worden begonnen. En als hij daar is aangeland, broedt hij over de chaos die het universum is geworden en tenslotte spreekt hij. En hij zegt: 'Er zij licht.' En er was licht."

### **Zou het leven op aarde zijn ontstaan in de ruimte?**

Niemand gelooft echt dat kleine groene mannen van een verre planeet kwamen om de Aarde met leven te bevolken. Maar het idee dat leven zich van ster naar ster en planeet naar planeet kan voortplanten, is ook niet per se pure sciencefiction. Het idee werd omstreeks 1870 voorgesteld door twee gerespecteerde wetenschappers, Hermann von Helmholtz, een Duitser, en de Engelsman William Thomson (Lord Kelvin). Op dat moment had Louis Pasteur de theorie van spontane generatie bedacht en Charles Darwin had zojuist zijn evolutietheorie gepubliceerd. Helmholtz speculeerde dat als het leven niet spontaan kon ontstaan op aarde, het uit de ruimte moest komen. Lord Kelvin ging verder met berekeningen om in te schatten hoe lang het zou hebben gekost om de jonge aarde af te koelen, en ontdekte dat de planeet niet oud genoeg was om de lange, langzame evolutie mogelijk te maken van het leven dat Darwins theorie vereiste.

Hij stelde daarom ook voor dat na het reizen door de ruimte, levende cellen, waarschijnlijk via meteoroiden, op de aarde waren terecht gekomen. Dit idee, kosmische panspermie genoemd (van de Griekse panspermia: mix van zaden), bleef pure speculatie tot Svante Arrhenius, een Zweedse Nobelprijswinnaar in chemie, aantoonde dat sommige plantensporen levensvatbaar bleven na blootstelling aan een interstellaire omgeving (hoog vacuüm en temperatuur van  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Recente experimenten hebben aangetoond dat bepaalde soorten bacteriën ook sterke doses van ultraviolette en kosmische straling kunnen overleven in de ruimte, vooral als ze verborgen zijn in, bijvoorbeeld, een meteoroïde. Verschillende biologen beweren zelfs dat ze bacteriën hebben gereanimeerd die miljoenen jaren in barnsteen, in oud ijs, op Antarctica of in zoutkristallen opgesloten waren.

Het idee van panspermie werd in de jaren zeventig afgestoft door de beroemde Britse astronoom Fred Hoyle, die betoogde dat als bacteriën in de omgeving van de ruimte kunnen overleven, ze daar ook vandaan moesten komen! Hij beweerde dat de wolken van interstellair gas en stof opslagplaatsen zijn van bacteriën, die een lift kunnen maken op passerende kometen en zo hun weg naar de aarde vinden. Panspermie zou dus verklaren hoe het leven begon op Aarde, zo snel na de vorming van de planeet.

Voorstanders van panspermie beweren dat dit mechanisme nog steeds een rol speelt en de evolutie van het leven op aarde verstoort, en dat sommige

van de grote pandemieën, zoals de zwarte pest of het huidige COVID-19 (SARS-CoV-2) te wijten zijn aan bacteriën of virussen die uit de ruimte regenen.

Zo beweerde de Britse astrobioloog Chandra Wickramasinghe eerder dit jaar dat het virus op een komeet leefde en dat een stuk van die ruimterots in het noorden van China op aarde is gestort in oktober 2019. Van daaruit heeft SARS-CoV-2 zich verder kunnen verspreiden. Maar hoewel panspermia een aantrekkelijke theorie is en moeilijk te weerleggen, is er geen onduidelzinnig, tastbaar bewijs om het te ondersteunen.

### **Extremofielen**

Extremofielen zijn, zoals hun naam al aangeeft, organismen die van extreme omstandigheden houden, en misschien zelfs nodig hebben om te kunnen overleven. Het zijn voor het grootste deel bacteriën, maar ook weekdieren zo groot als dinerborden, krabben en bepaalde meters lange buiswormen zijn ontdekt in de extreme omgevingen rond de zwarte rokers in diepe oceanen.

Van anaerobe bacteriën, die leven zonder zuurstof en waarvoor zuurstof zelfs een gif is, is het bestaan al lang bekend. Maar bacteriën zijn recentelijk ook ontdekt die gedijen onder verbazingwekkend omstandigheden: zeer hoge temperaturen (+160 °C) of zeer lage temperaturen (ijs), sterk zuur of zoute omgevingen (zoutmeren, zoutkristallen), onder extreme druk (3500 m diep), in de totale afwezigheid van licht, of tijdens enorm lange periodes van droogte. Zelfs in de wanden van kernreactors zijn bacteriën gevonden. De straling in die reactors zou een mens ogenblikkelijk doden. Sommige bacteriën, zoals *Deinococcus radiodurans*, kunnen intense stralingsschade overleven door het DNA zelf te repareren, zelfs als de straling zijn DNA in meer dan 100 stukjes heeft gefragmenteerd.

Op hemellichamen zoals Mars en de manen Io en Europa, zijn omstandigheden die veel lijken op aarde waar extremofielen voorkomen. Volgens sommige onderzoekers zouden er op deze hemellichamen op extremofielen lijkende organismen kunnen voorkomen. Wanneer er leven is buiten de aarde, dan zouden extremofielen weleens de eerste buitenaardse organismen kunnen zijn die de mens tegenkomt.

### **Zal onder gunstige omstandigheden dan het leven verschijnen?**

Als we alleen zijn in het universum, lijkt het zeker een vreselijke ruimtever-spilling, heeft Carl Sagan eens gezegd. En inderdaad, de omstandigheden in het heelal lijken perfect te zijn om het leven een goede kans te geven. De fysieke constanten die regeren het heelal lijken ook exact aangepast voor het leven: het koolstofatoom en het water molecuul met hun gunstige



eigenschappen zijn beschikbaar. Ons universum lijkt dus inderdaad gunstig voor het leven.

Zoals de pap in de kleine kom van Goudlokje: niet te heet, niet te zout. . . precies goed.

Maar met dit heeal dat zo gunstig is voor het leven, hoe kunnen wij aardbewoners zich voor te stellen dat het leven alleen op onze planeet bestaat? We hebben misschien nog geen tastbaar bewijs, maar met de ontdekking van talrijke organische moleculen in de interstellaire ruimte en met ruim 300 miljard sterren in de Melkweg en met meer dan 300 miljard sterrenstelsels in het zichtbare heeal, is het moeilijk te betwijfelen of er ergens anders een soort leven bestaat.

### **Waar zou het verschijnen van leven de beste kans hebben?**

Het schijnbare gebrek aan leven in het zonnestelsel naast onze eigen planeet, gecombineerd met wat we weten over het leven op aarde, suggereert dat leven alleen op een plaats kan verschijnen:

- waar voldoende zware elementen (koolstof, silicium, ijzer, etc.) aanwezig zijn voor het vormen van een rotsachtige planeet zoals de aarde en om biomoleculen te ontwikkelen;
- waar water in vloeibare toestand aanwezig is om als oplosmiddel voor biomoleculen te dienen;
- waar er niet teveel schadelijke straling is, b.v. van nabijgelegen supernovae en heldere sterren;
- en waar bombardementen door kometen en andere lichamen niet te intens of veel voorkomend is.

Dergelijke regio's zijn gunstig om "bewoonbare zones" te worden genoemd. In onze eigen bewoonbare zone, in de kalme 'buitenwijk' van de Melkweg (zoals wij onze Galaxy of sterrenstelsel noemen) bevinden wij ons. In de 'binnenstad', in het centrum van de Galaxy, is de dichtheid zo hoog, waardoor het risico op vernietiging door straling of botsingen erg toeneemt. Inzoomend op de bewoonbare zone van individuele sterren zou het gebied waar de oppervlaktetemperatuur van een potentiële planeet het toelaat, vloeibaar water kunnen bestaan. De temperatuur aan het oppervlak van een planeet is afhankelijk van twee factoren: de afstand tot de ster en de dichtheid en samenstelling van de atmosfeer.

De afstand tot de ster bepaalt de totale energie die de planeet ontvangt (hoe meer afstand, hoe minder energie), en de kenmerken van de atmosfeer resulteren ofwel in het koelen of het verwarmen van de planeet. Over het algemeen is het: hoe meer lichtgevend de ster, dus hoe heter, hoe groter de bewoonbare zone kan zijn.