

ZIJN WE ALLEEN?

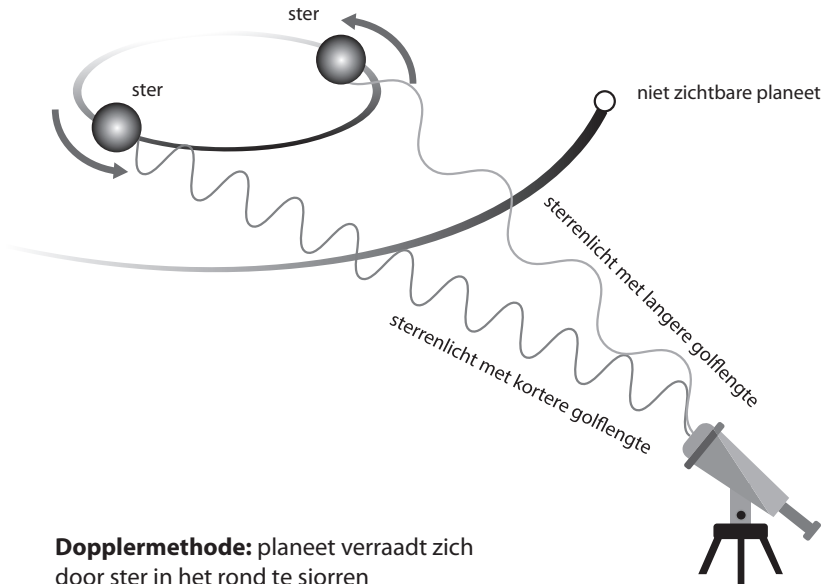
De kennis dat er planeten zijn buiten ons eigen zonnestelsel, zogenoemde exoplaneten, is betrekkelijk nieuw. Toen ik op de basisschool zat, vermeldden boeken alleen nog maar de (toen nog) negen planeten in ons eigen zonnestelsel: Mercurius, Venus, aarde, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus en Pluto. Natuurlijk: wetenschappers hadden allang bedacht dat andere sterren dan de zon ook weleens over een of meer planeten konden beschikken – waarom niet? – maar van zulke werelden was nog nooit een spoor gevonden.

Dat veranderde in 1992. Toen maakten de Poolse astronoom Aleksander Wolszczan en zijn Canadese collega Dale Frail bekend twee planeten te hebben gevonden rond een ster op 2300 lichtjaar afstand. Alhoewel: ster... Het ging om een zogenoemde neutronenster, het overblijfsel van een zware ster die aan het eind van zijn bestaan is geëxplodeerd. Je hebt het dan over een bol met het formaat van een grote stad waarin de massa van een tot drie zonnen is samengeperst. Bizar, maar een ster zou het eigenlijk niet moeten heten.

Drie jaar later was het écht raak. Toen kondigden de Zwitserse astronomen Michel Mayor en Didier Queloz aan dat ze een planeet hadden ontdekt bij een ster zoals onze zon: 51 Pegasi. Oké, daar was dan weer de planeet een geval apart. In ons planetenstelsel staan namelijk de kleine, vaste planeten (Mercurius, Venus, de aarde en Mars) allemaal dicht bij de zon en de grote gas- en ijsplaneten (Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus) verder naar buiten. Sterrenkun-

digen namen dan ook voetstoots aan dat dit de norm zou zijn. Maar de planeet die rond 51 Pegasi cirkelde, 51 Pegasi b genaamd, hield zich al gelijk niet aan het stramien. Deze planeet staat namelijk dicht bij zijn ster dan de binnenste planeet van ons zonnestelsel, Mercurius, maar weegt minstens half zoveel als Jupiter, de grootste en zwaarste planeet van ons zonnestelsel. Voor de zoektocht naar buitenaards leven was dat twee keer slecht nieuws: doordat 51 Pegasi b zich zo dicht bij zijn ster bevindt, heersen er temperaturen van zo'n 1000 graden Celsius, en doordat het een gasplaneet betreft, is er helemaal geen vast oppervlak om op te staan.

In de jaren daarna werden er vooral meer van deze 'hot Jupiters' gevonden. Dat wees er echter niet op dat dit soort planeten blijkbaar de norm was en wij de uitzondering. In plaats daarvan was het vooral het gevolg van de gebruikte zoekmethode: de dopplermethode. Die kijkt naar hoe een ster in het rond wordt gesjord door de zwaartekracht van de planeten die eromheen bewegen. Beweegt hij daarbij naar ons toe of van ons af, dan kunnen we dat zien: dan wordt name-

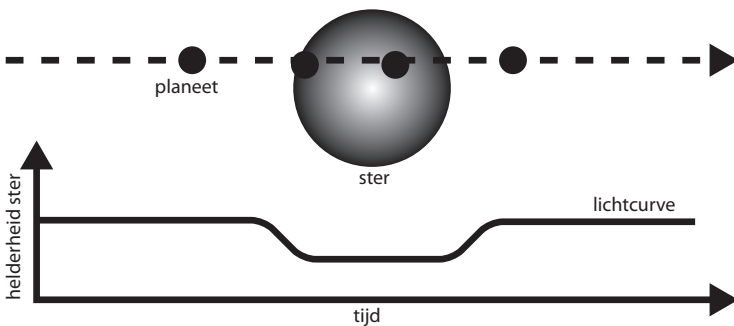


Dopplermethode: planeet verradt zich door ster in het rond te sjorren

lijk de golflengte van het uitgezonden licht respectievelijk korter of langer.

Je kunt dat vergelijken met wat er gebeurt als een ambulance je voorbijscheurt: als hij naar je toekomt, worden de golflengtes van het sirenegeluid korter en klinkt het hoger. Als hij vervolgens van je af rijdt, worden de golflengtes langer en klinkt het geluid lager. Dit zogenoemde dopplereffect treedt ook op bij de lichtgolven die een ster uitzendt. Handig, want daar is het te gebruiken om de beweging te meten die een ster naar ons toe of van ons af maakt ten gevolge van de planeten die eromheen cirkelen. Probleem is alleen dat niet elke planeet even hard aan zijn ster trekt: hoe zwaarder een planeet is en hoe dicht hij bij zijn ster staat, hoe groter het dopplereffect. Niet zo vreemd dus dat we in eerste instantie geen kleinere planeten in de wat koelere, verder van een ster af gelegen regio's vonden.

Dat veranderde echter toen astronomen een andere methode gingen inzetten: de zogenoemde transit- of overgangsmethode. Die maakt gebruik van het feit dat een planeet – als je geluk hebt – vanaf de aarde gezien af en toe voor zijn ster langs beweegt. Tijdens die overgang of *transit* blokkeert een dergelijke planeet een deel van het licht dat de ster uitzendt. Daardoor wordt de ster om de zoveel tijd



Transit- of overgangsmethode: planeet verradert zich door deel van sterrenlicht te blokkeren

net ietsje minder helder: van een honderdste van een procent tot een paar procent. En uit die dip is het bestaan van een planeet af te leiden.

Het grote voordeel van de transitmethode is dat we hiermee ook planeten vinden die kleiner zijn en verder van hun ster af staan dan de hot Jupiters die het veld in de eerste jaren domineerden. Daardoor hoor je nu steeds vaker over planeten die het formaat van de aarde hebben of net een maatje groter zijn (de zogenoemde superaardes). Oftewel: planeten waar leven zoals wij dat kennen misschien zou kunnen voorkomen.

MILJARDEN BEWOONBARE PLANETEN

Om wat voor getallen gaat het dan? Op het moment van schrijven zijn er ruim 3500 planeten buiten ons zonnestelsel ontdekt. Met name dankzij ruimtetelescoop Kepler overigens: die vond er met behulp van de transitmethode 2337. (Daarnaast staan er nog 4496 door Kepler ontdekte kandidaat-planetten op de ‘wachlijst’.) En die paar duizend planeten zijn nog maar het topje van de ijsberg. Volgens schattingen bevat ons sterrenstelsel, de Melkweg, in totaal *honderden miljarden* planeten. Anders gezegd: gemiddeld heeft elke ster in de Melkweg meer dan één planeet. Laat dat maar eens tot je doordringen als je op een donkere nacht een blik naar boven werpt: elk van die lichtpuntjes maakt een goede kans te worden vergezeld van een of meerdere werelden.

Nu is natuurlijk lang niet elk van die werelden ook een geschikte plek voor leven zoals wij dat hier op aarde kennen. Ik noemde al de gasplaneten à la Jupiter en Saturnus, waar je niet eens op kunt staan. Tenzij we allerlei heel exotische levensvormen zouden willen overwegen, vallen die op voorhand af. Rotsachtige planeten is wat we willen: klein, compact, met een vast oppervlak, net als de aarde.

Maar een rotsachtige planeet is niet genoeg. Je wil ook dat er vloeibaar water kan voorkomen. Dat spul is namelijk absoluut onmisbaar voor het leven op aarde. En de gedachte dat buitenaards leven ook niet zonder kan, is heel aannemelijk. Vloeibaar water is namelijk de perfecte ontmoetingsplaats voor andere moleculen om bij

elkaar te komen, met elkaar te reageren en grotere structuren te vormen.* Bovendien is vloeibaar water essentieel voor het kopiëren van DNA-moleculen, de belangrijkste dragers van onze erfelijke informatie.

Wil ergens vloeibaar water kunnen voorkomen, dan zal de temperatuur dat moeten toelaten. Op een planeet zoals 51 Pegasi b, die heel dicht bij zijn ster staat, is het met 1000 graden veel te heet. Om dezelfde redenen valt in ons eigen zonnestelsel Mercurius af, met dagtemperaturen tot 427 graden.** Aan de andere kant van het spectrum liggen de planeten die zo ver van hun ster af staan dat het er te koud is. Tussen die twee in ligt wat astronomen de bewoonbare zone noemen, of, als ze in een wat dichtertelijke bui zijn, de Goudlokje-zone: het gebied waar de temperatuur precies goed is om water in vloeibare vorm mogelijk te maken. (Voor wie zijn sprookjes niet kent: Goudlokje is de naam van het meisje dat het huis van drie beren in het bos aantreft. In het huisje zijn drie stoelen te vinden waarvan er één te groot, één te klein en één precies goed is, drie bordjes pap waarvan er één te warm, één te koud en één precies goed is, en drie bedden waarvan er één te groot, één te klein en één precies goed is. Daarom is de Goudlokje-zone of *Goldilocks zone* het gebied rond een ster waar de temperatuur niet te hoog, niet te laag maar precies goed is.)

* Er zijn op zich ook andere stoffen waar dat voor geldt, maar die zijn vloeibaar bij veel lagere temperaturen. En dat heeft weer tot gevolg dat scheikundige reacties die erin plaatsvinden extreem traag verlopen, wat het ontstaan en zich ontwikkelen van leven een stuk onwaarschijnlijker maakt. Daarnaast is water bij een groter bereik aan temperaturen vloeibaar dan veel andere stoffen. Gevolg daarvan is dat die andere stoffen bij een relatief kleine temperatuurstijging of -daling zullen verdampen of bevriezen, waarbij ze hun rol als 'matchmaker' voor andere moleculen kwijtraken.

** Venus is een geval apart: die staat een stuk verder van de zon dan Mercurius, maar toch is het er een stuk heter: de gemiddelde temperatuur bedraagt er 462 graden Celsius. Dat komt echter door de dikke, grotendeels uit koolstofdioxide bestaande atmosfeer van de planeet. Als die er niet was geweest, was Venus een stuk koeler; koel genoeg zelfs voor vloeibaar water. (Meer over de barre omstandigheden op Venus in hoofdstuk 4.)

We zoeken dus planeten die én rotsachtig zijn, én zich in de bewoonbare zone bevinden. Hoeveel zijn dat er? Volgens schattingen zou één op de vijf tot één op de tien sterren over zo'n planeet beschikken. Als we uitgaan van zo'n 200 miljard sterren in de Melkweg, komt dat dus neer op 20 tot 40 miljard planeten die op het eerste gezicht geschikt voor leven zouden kunnen zijn.

20 tot 40 miljard is al een meer dan hoopgevend getal – en dat kunnen we nog wel wat opkrikken. We hebben het tot nu toe namelijk alleen nog over planeten gehad, maar laten we de manen van die planeten niet vergeten. Dat kunnen er heel wat zijn (voor ons eigen zonnestelsel staat de teller op 184 stuks), en ook daar kan in principe leven voorkomen. Daarbij hoeven we ons dan niet eens te laten beperken door de bewoonbare zone; in de koudere gebieden zouden de getijdenkrachten, veroorzaakt door de planeet waar zo'n maan omheen cirkelt, voor de benodigde warmte kunnen zorgen. Zo beschikt de ogenschijnlijk bevroren Jupiter-maan Europa hoogstwaarschijnlijk over een oceaan van vloeibaar water onder de laag ijs die het oppervlak vormt. Datzelfde lijkt te gelden voor meerdere andere manen van Jupiter en Saturnus, waardoor we wel mogen aannemen dat het hier een allesbehalve zeldzaam verschijnsel betreft. Kortom, misschien mogen we bij die 20 tot 40 miljard mogelijk bewoonbare planeten nog eens tientallen miljarden mogelijk bewoonbare manen optellen.

PRINCIPEKWESTIE

Plekken voor buitenaards leven lijken dus ruim voorhanden. Maar mogen we er dan ook van uitgaan dat daar leven te vinden is, dat in sommige gevallen zelfs is opgeklommen tot een technologische beschaving? Of zou het toch nog kunnen dat de aarde de enige plek is waar dat is gebeurd?

Wie de loop van de geschiedenis bekijkt en die doortrekt, zal waarschijnlijk niet durven zeggen dat wij het enige leven in het heelal zijn, of op zijn minst in de wijde omtrek. Elke keer dat we onszelf een bijzondere plek toedichtten, bleken we het namelijk bij het verkeerde eind te hebben. Nee, de aarde staat niet in het centrum van het

heelal; hij is slechts een van de planeten die een baan rond de zon beschrijven. Nee, de zon is niet uniek; alle andere sterren zijn zonnen op zich. En nee, onze Melkweg is geen eiland van sterren te midden van een grote leegte; er zijn honderden miljarden andere sterrenstelsels. Momenteel wordt er zelfs lustig gespeculeerd over de vraag of ons universum wel het enige universum is.

De sterrenkunde heeft ons, kortom, een boel nederigheid bijgebracht: we zijn gedegradeerd van het middelpunt van alles tot een minuscuul klein onderdeelje in een ongrijpbaar groot geheel. Het voelt nogal vreemd om dan te roepen: 'Maar we zijn wél mooi het enige leven in het heelal!'

De redenering hierboven wordt wel het 'middelmaticheidsprincipe' genoemd: als je een willekeurig voorbeeld neemt van iets (een planeet, een ster, een sterrenstelsel), is de kans veel groter dat je een middelmatig exemplaar hebt dan een heel bijzonder exemplaar. En dat maakt het onverstandig om er op voorhand van uit te gaan dat je heel uitzonderlijk bent, of je op een heel uitzonderlijke plek bevindt.

Dat klinkt als een meer dan redelijk uitgangspunt – maar toch verzetten sommige wetenschappers zich ertegen. Tegenover het middelmaticheidsprincipe brengen zij het zogenoemde antropisch principe in stelling. Dat zet zich af tegen intelligente wezens zoals wij die verbaasd om zich heen kijken en zeggen: 'Het kán niet zo zijn dat dit een van de weinige plekken in de Melkweg is waar leven mogelijk is. Dat zou ál te toevallig zijn!' Zo toevallig is dat helemaal niet, zeggen aanhangers van het antropisch principe dan; je bevindt je als intelligent wezen automatisch op een plek waar de omstandigheden het ontstaan van intelligente wezens toelieten. Dat zegt alleen niets over hoe vaak die plekken voorkomen: misschien zijn ze heel gewoon, en misschien zijn ze wel zo zeldzaam dat er maar een van te vinden is in het hele sterrenstelsel. Je weet het simpelweg niet.

DRAKE VERSUS FERMI

Een andere manier om de vraag ‘zijn we alleen?’ aan te vliegen, vormt de Drake-vergelijking, die in geen enkel boek over de zoektocht naar buitenaards leven ontbreekt. De Amerikaanse sterrenkundige Frank Drake, een van de grondleggers van SETI, stelde deze formule in 1961 op om een schatting te kunnen maken van het aantal intelligente beschavingen in onze Melkweg dat met ons zou kunnen communiceren. Hij luidt als volgt:

$$N = R_* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

Daarin staan de termen aan de rechterkant van het isgelijktteken voor het volgende:

- R_* Het aantal sterren dat per jaar gevormd wordt.
- f_p De fractie van het aantal sterren dat planeten heeft. (Dit is, net als alle andere f 's in de formule, een getal tussen 0 en 1; als geen enkele ster een planeet heeft, is f_p 0, als letterlijk elke ster één of meer planeten heeft, is f_p 1.)
- n_e Het aantal planeten per ster dat leven kan herbergen.
- f_l De fractie van die planeten die daadwerkelijk leven herbergt.
- f_i De fractie van die planeten waar dat leven intelligent is geworden.
- f_c De fractie van intelligente soorten die in staat is tot communicatie door middel van radiosignalen.
- L De gemiddelde levensduur van zo'n radiosignalen versturende beschaving in jaren.

Vermenigvuldig je al die getallen met elkaar, dan krijg je N : het aantal beschavingen in de Melkweg dat je in theorie zou kunnen vinden als je op zoek gaat naar boodschappen in de vorm van radiosignalen.

Zeker in 1961 konden astronomen alleen maar gissen naar de waardes van de termen in deze vergelijking. Inmiddels kunnen we er een paar met enige zekerheid invullen, maar andere getallen zijn nog

steeds een pure gok. De fractie van het aantal 'levensvatbare' planeten waar daadwerkelijk leven voorkomt bijvoorbeeld, of de gemiddelde levensduur van een beschaving die boodschappen kan versturen. Maar goed, je kunt natuurlijk voor alle termen iets invullen, en dan concluderen: er zijn honderden, duizenden of zelfs miljoenen beschavingen in onze Melkweg. Om vervolgens de mouwen op te stropen en ernaar op zoek te gaan.

Tegenstanders van SETI redeneren echter vanuit de andere kant. Zij gaan uit van het gegeven dat tot op heden geen enkele buitenaardse beschaving zich hier op aarde heeft gemeld of op een andere manier contact met ons heeft gelegd. Daaruit concluderen ze dan dat de uitkomst van de Drake-vergelijking blijkbaar heel laag moet zijn. De term die hierbij hoort, is de Fermi-paradox, vernoemd naar natuurkundige Enrico Fermi, die tijdens een gesprek over het veelvuldig voorkomen van intelligent buitenaards leven uitgeroepen zou hebben: 'Maar waar *zijn* ze dan?'

NIET TE OVERBRUGGEN?

Het is vervolgens aan SETI-voorstanders om redenen te verzinnen waarom buitenaardse intelligentie veelvuldig aanwezig kan zijn in ons sterrenstelsel, zonder dat we daar iets van hebben gemerkt. Een mogelijkheid is dan dat het simpelweg te moeilijk is om de afstanden tussen de sterren te overbruggen. Net als wij zullen buitenaardse wezens nooit sneller dan het licht kunnen gaan. Bovendien krijgen ze te maken met alle technische beperkingen die het reizen naar andere planetenstelsels met zich meebrengt. Misschien is de uiteindelijke uitkomst wel dat ze het opgeven en lekker op hun thuisplaneet blijven.

SETI-sceptici stellen daar tegenover dat er wel degelijk allerlei manieren zijn te verzinnen om van ster naar ster te reizen. Goed, die gaan onze huidige mogelijkheden te boven – maar wij komen dan ook pas net kijken. Een beschaving die millennia op ons voorligt, bouwt bijvoorbeeld ongetwijfeld veel snellere ruimteschepen dan wij. En als zo'n ruimteschip eenmaal in de buurt van de lichtsnelheid komt, krijgt het te maken met een handig verschijnsel dat volgt uit

Albert Einsteins relativiteitstheorie. Die leert namelijk dat de bemanningsleden aan boord van zo'n supersnel ruimteschip minder tijd ervaren dan hun stilstaande soortgenoten. Gevolg daarvan is dat ze weliswaar eeuwen onderweg zijn naar een ander planetenstelsel in de beleving van de thuisblijvers, maar zelf tijdens hun reis maar enkele jaren ouder worden. (Dat leidt er dan wel toe dat bij terugkomst al hun vrienden en bekenden inmiddels van ouderdom overleden zullen zijn. Maar goed: je moet *iets* overhebben voor een interstellair avontuur.)

Ook zonder zulke snelle ruimteschepen zijn er mogelijkheden. Denk aan het invriezen of in slaap brengen van passagiers om ze op de plaats van aankomst te ontdooien of wakker te maken, zoals gebeurt in de sciencefictionfilm *Passengers* uit 2016. Een andere optie zijn generatieschepen. Je accepteert dan simpelweg dat de reis langer duurt dan de bemanningsleden zullen leven, dus je stuurt een enorme groep die zich onderweg voortplant. Uiteindelijk zullen niet zij, maar hun kleinkinderen of achterkleinkinderen landen in een ver planetenstelsel. Of misschien koloniseren buitenaardse beschavingen ons sterrenstelsel wel met robots, eventueel voorzien van de apparatuur om ter plekke reageerbuisbaby's geboren te laten worden. Opties genoeg, als je bereid bent om technologische voorsprong en een flinke dosis vastberadenheid te veronderstellen bij de aliens.

NAVELSTAREN OF KERNOORLOGEN UITVECHTEN?

Een andere reden die moet verklaren waarom er schijnbaar nooit buitenaardse wezens de aarde hebben bereikt is: ze hebben wel wat beters te doen. Aliens die een stukje verder zijn ontwikkeld dan wij, zo schetst natuurkundige én bekroond sciencefictionschrijver David Brin, zouden hun technologie achter zich kunnen laten 'als een kind dat het speelgoed wegdoet waar het overheen is gegroeid'. In plaats van het heelal te verkennen of zelfs te koloniseren, zouden ze zich dan voortaan richten op 'spirituele contemplatie'.

Of, ook een mogelijkheid: buitenaardse soorten laten ons bewust met rust om onze ontwikkeling niet te verstoren. Zo gaat de toekomstige mensheid in *Star Trek* te werk: de beroemde *prime directive* ('eer-

ste richtlijn') verbiedt het de bemanning van de Enterprise en andere verkenningsschepen om zich te bemoeien met beschavingen die nog niet hebben bedacht hoe ze van ster naar ster kunnen reizen. Wellicht hebben aliens dezelfde regel ingesteld en wordt die nu op ons toegepast.

Het meest cynische antwoord op de Fermi-paradox, ten slotte, is dat beschavingen zichzelf in de regel vernietigen voordat ze toekomen aan het koloniseren van de ruimte. Onderweg naar de daarvoor benodigde technologie zullen ze waarschijnlijk eerst manieren uitvogelen waarop ze zichzelf kunnen vernietigen – met kernwapens, bijvoorbeeld. En wie weet is het dan onvermijdelijk dat die wapens ook een keer op grote schaal worden ingezet, waarna de soort uitgeroeid of terug bij af is.

Het probleem met al dit soort veronderstellingen is dat ze alleen werken als ze op *alle* buitenaardse beschavingen van toepassing zijn. Het is best denkbaar dat een soort zijn technologie op de schroot hoop gooit en zich overgeeft aan navelstaren – maar een stuk minder denkbaar dat *élke* soort dat zou doen en daar vervolgens ook nooit op terugkomt. Iets vergelijkbaars geldt voor buitenaardse soorten die besluiten om de aarde voorlopig met rust te laten: aan die afspraak zou dan elke beschaving in onze omgeving mee moeten doen. Complicerende factor daarbij is dat onze zon vanzelf nieuwe burens krijgt naarmate hij verder vordert op zijn 230 miljoen jaar durende tocht rond het centrum van de Melkweg. En ook de beschavingen op planeten bij die sterren zouden dan een *Star Trek*-achtige richtlijn moeten hanteren.

Tot slot: ja, natuurlijk kan een beschaving zichzelf vernietigen. Maar *élke*? Ten tijde van de Koude Oorlog, toen doemdenken over een wereldwijde kernramp aan de orde van de dag was, leek dat misschien heel aannemelijk. Maar nu we die periode hebben overleefd zonder dat er ook maar één Russische of Amerikaanse kernraket is afgevuurd, zouden we toch op zijn minst mogen aannemen dat er af en toe een beschaving ontstaat die erin slaagt zichzelf *níét* terug naar de steentijd te bombarderen.

Kortom, er zijn allerlei redenen aan te voeren waarom de aarde