

Dit is een uitgebreide versie van een boekbespreking, geschreven voor de Academische Boekengids (nr. 84, 6–9, jan. 2011).

## DAN ZOUDEN WE HET TOCH GEHOORD HEBBEN

Piet van der Kruit

THE EERIE SILENCE: ARE WE ALONE IN THE UNIVERSE?, door *Paul Davies*, in de USA uitgegeven als THE EERIE SILENCE: RENEWING OUR SEARCH FOR ALIEN INTELLIGENCE, Allen Lane, 241 pag., \$ 27,00, ISBN 978-1-846-14142-3, 2010

CONTACT WITH ALIEN CIVILIZATIONS: OUR HOPES AND FEARS ABOUT ENCOUNTERING EXTRATERRESTRIALS, door *Michael Michaud*, Copernicus Books, 460 pag., \$ 29,95, ISBN 0-387-28598-8, 2007

IF THE UNIVERSE IS TEEMING WITH ALIENS... WHERE IS EVERYBODY? FIFTY SOLUTIONS TO THE FERMI PARADOX AND THE PROBLEM OF EXTRATERRESTRIAL LIFE, door *Stephen Webb*, 288 pag., \$ 27,50, Copernicus Books, ISBN 0-387-95001-0, 2002

RARE EARTH: WHY COMPLEX LIFE IS UNCOMMON IN THE UNIVERSE, door *Peter Ward & Donald Brownlee*, 335 pag., \$ 16,95 (Paperback), Copernicus Books, ISBN 0-387-95289-6, 2004

HOW TO FIND A HABITABLE PLANET door *James Kasting*, Science Essentials, 326 pag., \$ 29,95, Princeton UP, ISBN 978-0-691-13805-3, 2009

THE CROWDED UNIVERSE: THE SEARCH FOR LIVING PLANETS, door *Alan Boss*, 224 pag., \$ 26,00, Basic Books, ISBN 978-0-465-00936-7, 2009

Wat was er vóór de Big Bang? Bestaan zwarte gaten? Wat is donkere materie? En donkere energie? Als je als vak-astronoom een populaire lezing hebt gehouden, krijg je meestal eerst een paar vragen over je onderwerp, maar dan onvermijdelijk komen er algemene vragen, waaronder vaak de net genoemde. Dit zijn vragen over onopgeloste astronomische of fysieke onderwerpen, die mensen fascineren, net zoals de vraag die ik als ongeveer twaalf-jarige niet uit mijn gedachten kon krijgen, waarom een spiegel wel links en rechts verwisselt, maar boven en onder niet. Bijna onvermijdelijk komt er ook een vraag, die niet alleen te maken heeft met puur wetenschappelijke zaken, maar die naast wetenschappelijke veel bredere, voor sommigen culturele, voor anderen filosofische en voor weer anderen religieuze aspecten heeft, en dat is die naar het voorkomen van leven in het heelal. En ja, wie heeft zich niet zulke vragen als het voorkomen van extraterrestisch leven en onze plaats in het heelal gesteld bij het aanschouwen van een sterrenhemel vanaf een donkere lokatie? Meestal gaat het uiteraard over intelligent leven en de mogelijkheden er contact mee te maken. De vraag is echter al interessant als het erom gaat of er überhaupt leven elders is ontstaan, misschien niet verder evoluerend dan wat wij primitief (b.v. één-cellig) leven noemen zonder dat er intelligent leven uit voortkomt, dat geïnteresseerd is te communiceren met ander leven, zoals op aarde.

Mijn ervaring is dat het voor vele vraagstellers, die zich met dit onderwerp hebben bezig gehouden, een uitgemaakte zaak is, dat leven elders in het heelal veelvuldig moet voorkomen. Men haalt meestal aan, dat er een enorm aantal sterren in het waarneembare heelal is; sommigen weten een getal van  $10^{12}$  melkwegstelsels te noemen, die elk uit  $10^{11}$  sterren bestaan, zodat dus dat de zon één doodgewone ster is onder tenminste  $10^{23}$  sterren in het heelal. Hoe kun je iets anders geloven dan dat leven, ook intelligent leven, veelvuldig moet voorkomen? Ik wordt met een skeptische stilte aangehoord, als ik daar de paradox van Fermi tegenover stel, die zegt dat het feit dat we geen enkele betrouwbare aanwijzing hebben, dat intelligent leven van elders de aarde bezocht heeft of op andere wijze onze aandacht probeert te trekken, zal moeten betekenen dat zulk leven op z'n minst uiterst zeldzaam is. Of zoals Wikipedia het zegt: *“The Fermi paradox is the apparent contradiction between high estimates of the probability of the existence of extraterrestrial civilizations and the lack of evidence for, or contact with, such civilizations.”* Het moet gezegd, dat de paradox eigenlijk is ontstaan in discussies, waarbij aangenomen werd dat interstellair reizen uiteindelijk heel goed mogelijk zou zijn en de vraag was dus, waarom we geen teken hebben van bezoek door buitenaardse wezens. *“Where are they?”*, moet fysicus en Nobelprijswinnaar Enrico Fermi gevraagd hebben. Waarom immers zouden andere beschavingen zich voor ons verbergen? Vaak komen na afloop nog mensen uit het publiek mij verder bevragen en bijna altijd blijkt dat men zeer oncomfortabel is met de gedachte dat intelligent leven niet in overvloed door het heelal verspreid zou zijn en vindt men mijn mening, dat Fermi nadrukkelijk een punt had, maar teleurstellend, fantasieloos en weinig aansprekend.

Maar is het wel zo'n conventioneel, saai of weinig creatief standpunt? Arthur C. Clarke (1917 – 2008), Brits science fiction schrijver en futuroloog, was een meester in ondubbelzinnige uitspraken, zoals die (naar mijn mening onovertroffen) opmerking over astrologie: *“I don't believe in astrology; I'm a Sagittarius and we're skeptical.”* Hij was zeker niet de eerste de beste; niet alleen zijn science fiction boeken behoren tot de top van het betreffende genre, hij schreef ook uitstekende populair wetenschappelijk werken. Hij wordt wel ten onrechte opgevoerd als bedenker van het idee van geostationaire banen van kunstmatige satellieten; hij was wel de eerste om op het nuttig gebruik van zulke banen voor telecommunicatie- of weersatellieten te wijzen. Eén van zijn meest geciteerde, zeer treffende, uitspraken betreft buitenaardse beschavingen: *“Sometimes I think we're alone, sometimes I think we're not. In either case the thought is staggering.”* Inderdaad, mochten we uniek blijken te zijn, dan is ook dat verbijsterend.

## DE DRAKE VERGELIJKING

Boeken over leven in het heelal beginnen vaak met een historische inleiding, waarbij men teruggaat tot de vroegste geschiedenis. Natuurlijk wordt Giordano Bruno (1548 – 1600) niet vergeten, die o.a. om zijn geloof in een oneindig heelal gevuld met zonnen en planeten op de brandstapel eindigde. En ook Johannes Kepler (1571 – 1630) niet, die in zijn *‘Somnium’* zich verplaatste naar de maan en beschreef hoe de aarde vandaar er zou moeten uitzien. De moderne interesse in de mogelijkheid van intelligent leven in het heelal begon met een artikel van Giuseppe Cocconi en Philip Morrison in 1959, *‘Searching for Interstellar Communication’*, gepubliceerd in *Nature* **184**, 844-846 ([www.coseti.org/morris.0.htm](http://www.coseti.org/morris.0.htm))<sup>1</sup>, en het bekende project *OZMA* van radioastronoom Frank Drake in 1960 met de 85-foot (26-meter) radioteleskoop van de National Radio Astronomy Observatory NRAO in Green Bank (West-Virginia, USA), waarbij waarnemingen werden gedaan van twee nabije sterren die veel op onze zon lijken en gezocht naar signalen, die van intelligente beschavingen zouden hebben kunnen komen (voor een mijmering van Frank Drake over dit project

---

<sup>1</sup>Ik zal zoveel mogelijk links identificeren waar artikelen en dergelijke op het Web gevonden kunnen worden.

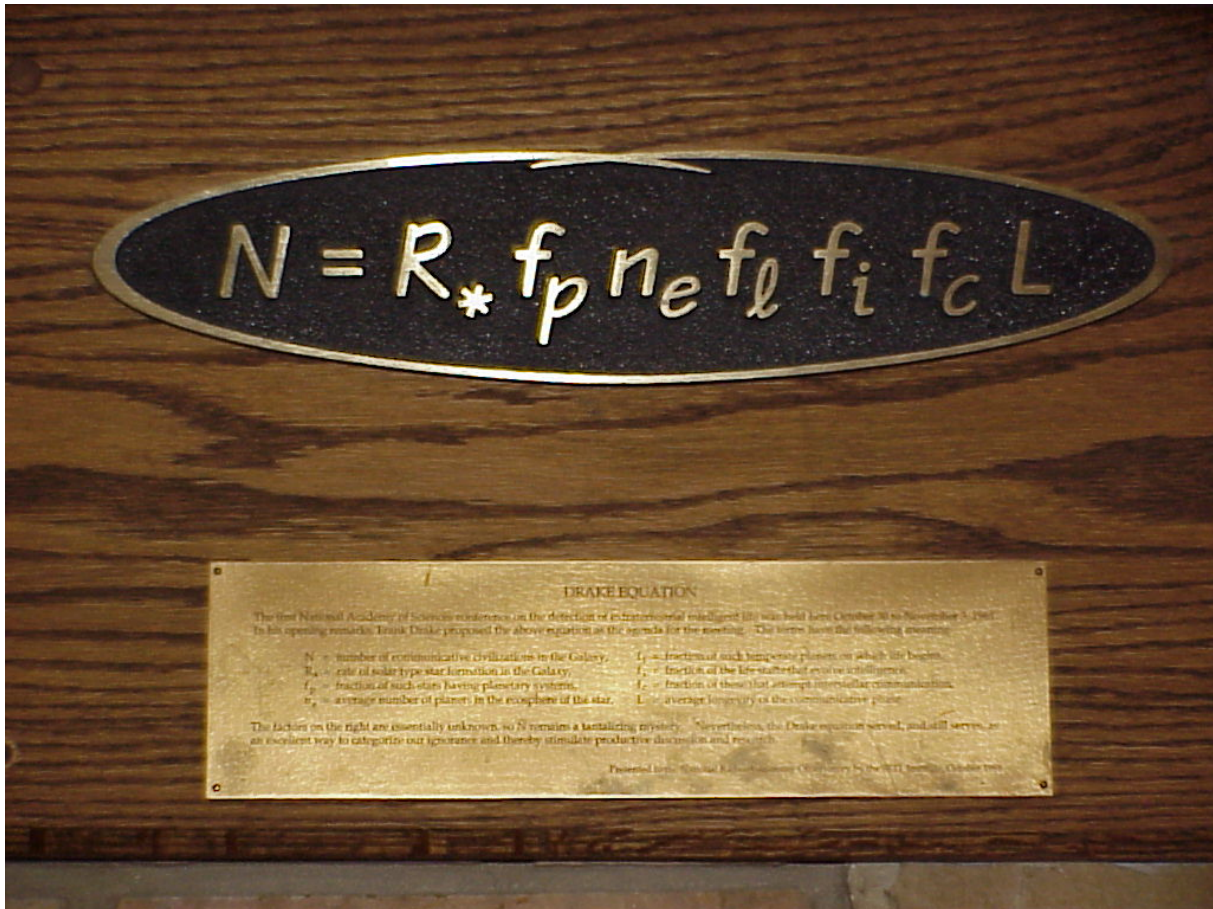


Figure 1: De Drake Vergelijking op een plaquette in het National Radio Astronomy Observatory in Charlottesville (Virginia, USA) op de plaats van het schoolbord waarop de vergelijking voor het eerste geschreven is. ([www.setileague.org/general/drake.htm](http://www.setileague.org/general/drake.htm))

zie [www.bigear.org/vollno1/ozma.htm](http://www.bigear.org/vollno1/ozma.htm)). Daartoe werd er gekeken op een golflengte, die door Cocconi en Morrison was voorgesteld als de meest voor de hand liggende, namelijk rond de 21-cm lijn van neutrale waterstof. Voor een breder publiek begon het allemaal met de publicatie van het boek INTELLIGENT LIFE IN THE UNIVERSE door Carl Sagan (1934 – 1996) en Iosif Shklovskii (1916 – 1985), oorspronkelijk gepubliceerd in 1966 (de eerdere en veel kortere Russische versie van Shklovskii alleen stamt uit 1962). Het is vervolgens vele malen bewerkt en een classic geworden. Ik heb zelf een versie die ik in de jaren zeventig heb gekocht en die blijft de moeite van het herlezen waard, zoals ik (althans in gedeelten) heb gedaan bij de voorbereiding van deze bespreking. Sagan was, naast een succesvol astronoom die o.a. onderzoek deed naar atmosferen van planeten in ons zonnestelsel, een zeer begiftigd popularisator en onvermoeid pleitbezorger voor onderzoek naar signalen van intelligent leven uit het heelal. Ik heb hem toen ik begin jaren zeventig als postdoc in de V.S. werkte een keer op een bijeenkomst van de American Astronomical Society ontmoet en hem ook enkele keren op de Johnny Carson ‘Tonight Show’ op TV gezien; hem kan bepaald niet verweten worden een ondermaats ego te hebben bezeten, maar het moet gezegd, hij was enorm effectief. De latere TV serie ‘Cosmos’, gevolgd door versies in de vorm van boek, video- en dvd-serie, is zeer veel bekeken en gelezen.

Elk boek, exposé of documentaire over wat inmiddels de ‘Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI’ is gaan heten bevat een bespreking van de ‘Drake Equation’. Deze vergelijking is opgesteld

om een schatting te maken van de afstand tot de dichtsbijzijnde beschaving, die technologie ontwikkeld heeft om radiosignalen de ruimte in te sturen en dat ook doet. Dit mede om een indicatie te krijgen van hoe zinvol het is om naar zulke signalen te gaan zoeken. De vergelijking is voor het eerst bedacht door Frank Drake (1930) in 1961. Carl Sagan rapporteert in bovengenoemd boek, dat het voor het eerst is gepresenteerd door Drake tijdens een conferentie over intelligent buitenaards leven op NRAO. Sagan beschrijft ook een onafhankelijke benadering door Sebastian von Hoerner (1919 – 2003), ook een radioastronoom die in een vroeg stadium naar nabije sterren ‘keek’, waarbij veel beter met tijdschalen rekening gehouden werd, maar die conceptueel en wiskundig minder geschikt is voor presentatie aan een breed publiek.

De vergelijking is van een heel ander soort dan bijvoorbeeld  $E = mc^2$  van Einstein, de vergelijkingen van Newton voor gravitatie of die voor het electromagnetisme van Maxwell. Die drukken fundamenteel inzicht uit over de werking van fysische processen; die van Drake geeft alleen inzicht in de factoren die een rol spelen en is dan ook wel omschreven als de meest compacte manier om ons onbenul uit te drukken. Het zegt in feite niets meer dan hoe het aantal intelligente beschavingen in ons Melkwegstelsel te schatten is als je bedenkt welke de factoren daarvoor essentieel zijn. Het is dan ook niet nodig de vergelijking als een wiskundige formule op te schrijven, want dat voegt weinig toe, en dat doe ik dus ook niet.

Begin met het gemiddelde aantal sterren dat per jaar ontstaat (en die voldoende lang leven zodat biologische evolutie kan plaatsvinden) in ons Melkwegstelsel en vermenigvuldig dat met de fractie waar planeten omheen draaien, hoeveel er daarvan geschikt zijn zodat leven erop kan ontstaan, de fractie waarop dit ook gebeurt, de fractie waarvoor daaruit intelligent leven voorkomt en de fractie waarvoor dat leven een technologische fase doormaakt en geïnteresseerd is om signalen de ruimte in te sturen. Dan heb je het aantal relevante beschavingen dat per jaar ontstaat in ons Melkwegstelsel. Het aantal geschikte sterren dat ontstaat is redelijk goed bekend en bedraagt tussen 1 en 10 per jaar; de andere factoren zijn onzeker en werden elk tussen 0.1 en 1.0 geschat. Dus in de berekening neemt men aan, dat de aanwezigheid van planeten de normale gang van zaken is, er meestal wel een geschikte planeet bij is en dat als die er is, de rest (bijna) onvermijdelijk is. Deze benadering neemt ook aan, dat er geen kolonisatie is en dat zulk intelligent, technologisch ontwikkeld leven gebonden blijft aan de planeet, waarop het ontstond. Dat is natuurlijk nog de vraag. Wellicht is het ook wel erg naïef om te denken dat als er intelligent leven is er onvermijdelijk technologische ontwikkeling uit voortkomt. Immers de meeste beschavingen ontwikkelen helemaal geen technologie, zoals beschreven in het provocatieve boek GUNS, GERMS AND STEEL van Jared Diamond; technologie is eerder een uitzondering dan een regel en alleen mogelijk als aan een groot aantal factoren, waaronder geografische, is voldaan.

Het resultaat van de vermenigvuldiging van deze factoren ligt dus tussen, zeg, een tiende en tien, ofwel op een factor tien na één per jaar. Om het aantal op elk moment te vinden moet je dat dan vermenigvuldigen met het aantal jaren dat die beschavingen blijven bestaan en hun interesse behouden in Galactische communicatie. Daar heb je geen idee van; het kan zijn dat het enkele tientallen jaren is (wij hebben de technologie nog maar sinds ergens in de vorige eeuw en misschien gaan we helemaal nooit op grote schaal signalen uitzenden of maken we spoedig een eind aan het leven op aarde door een kernoorlog of door verkeerde omgang met ons milieu), maar het kan wellicht oplopen tot een aanzienlijke fractie van de vijf of zo miljard jaar die ons nog resten voor de zon aan haar eind komt. Aan de andere kant suggereren recentere modellen van de evolutie van de zon dat deze al op kortere tijdschaal aanzienlijk helderder wordt en de aarde wel eens al over een miljard jaar of zo onbewoonbaar zou kunnen worden, terwijl de tijdschalen voor andere catastrofes vanuit het heelal (botsing met een asteroïde of explosie van een nabije ster tot supernova) nog veel korter zijn. Daarnaast is het verre van triviaal om met beperkte grondstoffen en energie, een kwetsbaar milieu, genoemde dreigingen vanuit de ruimte, neiging tot onbeheerste bevolkingsgroei en beperkte

ruimte voor voedselvoorziening te zien hoe onze huidige beschaving zeer lange tijd kan overleven. Dat dit alleen met grote inspanning mogelijk is wordt besproken in het originele boek SURVIVING 1000 CENTURIES: CAN WE DO IT? door Roger-Maurice Bonnet en Lodewijk Woltjer, die de externe en interne bedreigingen uitvoerig in kaart brengen en onder de loop nemen.

Mogelijk gebeurt het ontstaan van leven en ontwikkeling tot technologische maatschappij diverse keren onafhankelijk van elkaar en dan neem je de som van al die perioden. De supporters van SETI nemen natuurlijk een optimistisch lange periode voor de levensduur van technologische beschavingen (typisch honderdduizend of een miljoen jaar) en dan vind je dat er in ons Melkwegstelsel ongeveer dat aantal sterren zijn (dus ergens in de buurt van een miljoen), waarvoor we zinvol zouden kunnen zoeken naar electromagnetische signalen of boodschappen. De dichtsbijzijnde is dan niet meer dan honderd lichtjaar of zo bij ons vandaan. Met deze verheugende uitkomst in de hand ontstond er met name in de V.S. een sterke lobby om SETI te verwezenlijken. Een goed voorbeeld van de lobby, dat ook de achtergronden van SETI goed beschrijft, is een artikel van Carl Sagan en Frank Drake *'The Search for Extraterrestrial Intelligence'* in Scientific American (mei 1975; [www.is.wayne.edu/mmissani/a&s/et.htm](http://www.is.wayne.edu/mmissani/a&s/et.htm)). Overigens heeft planeet-wetenschapper Christopher McKay van NASA Ames Research Center opgemerkt dat met bovenstaande de definitie van intelligentie is teruggebracht tot *"the ability to build a radio telescope"*.

## SETI

Dit leidde al snel tot de gedetailleerde studies voor de bouw van een radioteleskoop of een 'array' daarvan om systematisch te gaan zoeken naar signalen uit de ruimte. Met name was de studie uit 1971 invloedrijk, die de naam *"Project Cyclops"* kreeg en die de bouw van een enorme groep (1000 tot 1500) radioteleskopen voorstond, verspreid over een gebied van enkele kilometers diameter en waarvan de ontvangers verbonden konden worden, om te zoeken naar signalen van ETI's. Het doel was: *"to assess what would be required in hardware, manpower, time and funding to mount a realistic effort, using present (or near-term future) state-of-the-art techniques, aimed at detecting the existence of extraterrestrial (extrasolar system) intelligent life."* Het zou miljarden dollars kosten, maar vergeleken met de kosten van het Apollo programma om een mens op de maan te zetten en terug naar aarde te brengen was dat acceptabel. Er is een elektronische versie van dit uit historisch oogpunt belangwekkende rapport PROJECT CYCLOPS op het Web beschikbaar (zie de literatuurverwijzing).

NASA heeft de draad opgepakt, eerst met een set workshops, resulterend in een rapport *'The Search for Extraterrestrial Intelligence'* ([history.nasa.gov/SP-419/sp419.htm](http://history.nasa.gov/SP-419/sp419.htm)) in 1977<sup>2</sup> en een grote conferentie *'Life in the Universe'* ([history.nasa.gov/CP-2156/cp2156.htm](http://history.nasa.gov/CP-2156/cp2156.htm)) in 1979, en vervolgens met het financieren van een onderzoeksproject in 1992. Helaas werd dat laatste door tegenstanders in het Congress belachelijk gemaakt en het werd daardoor al snel weer beëindigd. De activiteiten liggen tegenwoordig geconcentreerd in het SETI Institute<sup>3</sup>, dat uit privé fondsen en donaties wordt betaald. Prominent binnen het instituut is Jill Tarter, die directeur is van het Center for SETI Research en haar hele carrière aan onderzoek naar buitenaards leven heeft gewijd. Haar *'Invited Discourse'* tijdens de General Assembly van de Internationale Astronomische Unie in Praag, *'The evolution of life in the Universe: are we alone?'* (Proc. IAU, **14**, 14-29, 2007; [adsabs.harvard.edu/abs/2007HiA....14...14T](http://adsabs.harvard.edu/abs/2007HiA....14...14T)) is het lezen zeer de moeite waard. Vanuit dat instituut wordt samen met de University of California at Berkeley de 'Allen Telescope Array' (ATA) geëxploiteerd, dat uiteindelijk uit 350 of zo radioteleskopen van 20 voet diameter (ruim 6 meter)

<sup>2</sup>Deze titel wordt gezien als de oorsprong van de naam SETI.

<sup>3</sup>The SETI Institute: *"The mission of the SETI Institute is to explore, understand and explain the origin, nature and prevalence of life in the universe"*, [www.seti.org](http://www.seti.org).





Figure 2: De Allen Telescope Array (ATA) op de Hat Creek Radio Observatory in California, die zowel voor conventioneel radioastronomisch onderzoek wordt gebruikt als voor SETI. ([www.seti.org/ata](http://www.seti.org/ata))

zal moeten bestaan. Het heet naar de benefactor van het eerste deel van het project, Paul Allen –mede-oprichter van Microsoft–, en dat eerste deel is met 42 elementen operationeel sinds 2007 ([www.seti.org/ata](http://www.seti.org/ata)). Naar verdere financiering wordt nog gezocht. De radioteleskoop wordt in de eerste plaats voor astronomisch onderzoek gebruikt; veel van de SETI waarnemingen gebeuren tegelijk met deze wetenschappelijke programma's. Maar daarnaast zijn er ook gerichte SETI observaties van geselecteerde sterren.

Naast de mogelijke detectie van radiosignalen van andere beschavingen is er in principe ook de mogelijkheid van gebruik van andere golflengte gebieden van electromagnetische straling, met name optisch licht. Hierover zijn diverse speculaties gedaan, maar er zijn veel minder daadwerkelijke waarneemprogramma's uitgevoerd. Ook is meerdere malen de kwestie bestudeerd van het detecteren van onopzettelijk uitgezonden radiostraling, zoals wij zelf ook doen als gevolg van radio, televisie en andere vormen van telecommunicatie. Daarvoor moet je zelfs bij de dichterbij staande sterren een wel heel gevoelige radioteleskoop hebben, maar dat is niet uitgesloten. Veel belangrijker is, dat die fase van uitzenden van signalen heel goed van korte duur kan zijn als er slechts een korte periode van straalzenders gebruik wordt gemaakt, zoals bij ons het geval lijkt te zijn.

In het kader van de genoemde activiteiten is er ook zogenaamde 'Actieve SETI' uitgevoerd. Hiermee wordt bedoeld het actief uitzenden of versturen van boodschappen door ons zelf om van onze aanwezigheid kond te doen. Ook dat is meerdere malen (symbolisch) gedaan en, zoals we hieronder zullen zien, verre van onomstreden. Bijvoorbeeld was er de 'Arecibo message' in 1974, waarbij met de Arecibo radioteleskoop te Puerto Rico een patroon van 1679 nullen en enen werd uitgezonden. Dat is het product van twee priemgetallen (23 en 73) en één van de twee manieren om er een rechthoek van te maken geeft (althans dat is de bedoeling) een beeld met informatie over ons. Een andere vorm van actieve SETI is de plaquette, die op de Pioneer 10 satelliet, die in 1972 is gelanceerd, is aangebracht. Dit ruimtevaartuig, dat langs Jupiter is 'gevlagen', heeft inmiddels het zonnestelsel verlaten en is nu op een afstand van zo'n 100 Astronomische Eenheden (1 A.E. = de gemiddelde afstand aarde–zon).

Het is de vraag of je je moet laten leiden door het soort schattingen als met de Vergelijking van Drake gevonden worden. Ik ben zelf een groot voorstander van SETI, maar ben eerder van mening (in overeenstemming met Fermi's paradox) dat leven weliswaar in de vorm van primitieve staat als één-celligen of andere minder ontwikkelde vormen dan onze beschaving best heel frequent kan voorkomen, maar dat intelligent, technologisch ontwikkeld leven in het heelal uiterst zeldzaam

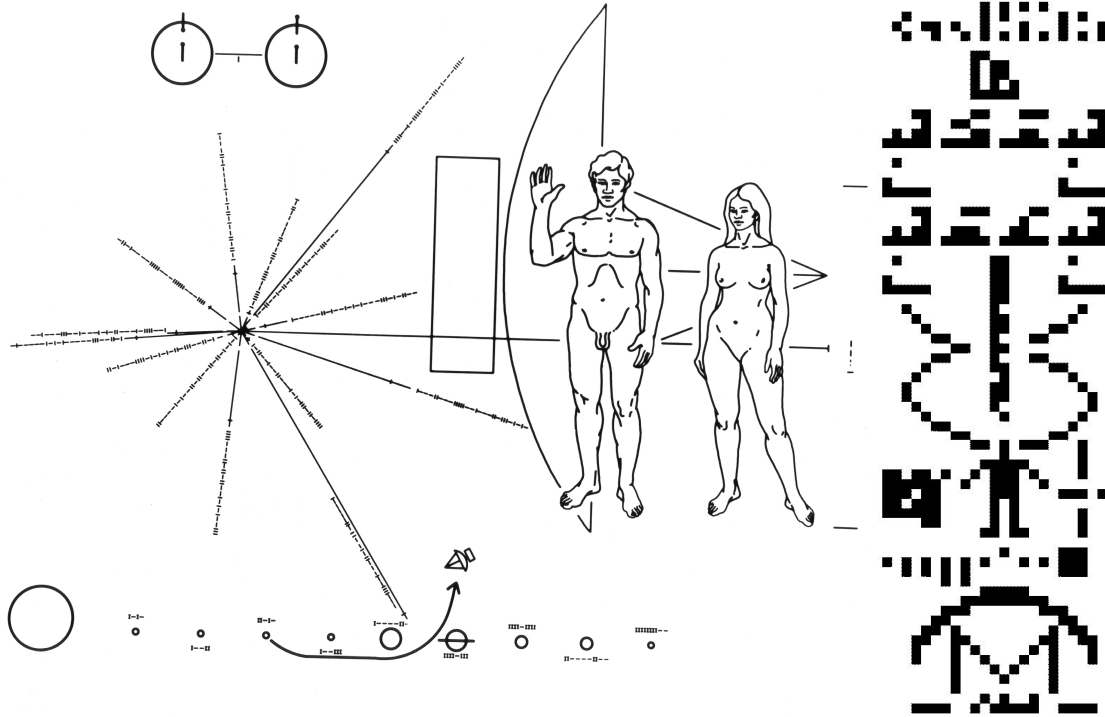


Figure 3: Twee voorbeelden van Actieve SETI. Links: De plaquette die op het Pioneer 10 ruimtevaartuig is aangebracht, dat in 1972 is gelanceerd en na passage van Jupiter ons zonnestelsel heeft verlaten. (en.wikipedia.org/wiki/Pioneer\_plaque). Rechts: De ‘boodschap’ die op 16 november 1974 door de Arecibo radiotelescoop is ‘verstuurd’ naar de sterrenhoop M13; het bestond uit een serie van 1679 nullen en enen en kan als een beeld van 23 bij 73 bij worden geïnterpreteerd. Het zal zo’n 25 duizend jaar onderweg zijn. (en.wikipedia.org/wiki/Arecibo\_message)

is en dat de kans van succes van SETI bijna nul is. Maar dat is geen reden het niet te doen en het bepalen dat we uniek zijn is een minstens zo belangrijk resultaat (zie de quote van Arthur Clark hierboven) dan het vinden van het tegenovergestelde en het leggen van contacten zou zijn. Dit is echter niet de plaats mijn eigen standpunt verder te verklaren of verdedigen; daarvoor verwijs ik naar mijn J.H. van Oosbreelezing OORSPRONG.

Een aspect van SETI, dat ook veel invloed heeft op de discussies is gerelateerd aan het zogenaamde ‘antropisch principe’. Dit stelt dat alles is zoals het is, omdat wij er anders niet zouden zijn om die vraag te stellen. In hun lijvige boek THE ANTHROPIC COSMOLOGICAL PRINCIPLE geven John Barrow en Frank Tipler een uitvoerige inventarisatie en uiteenzetting van antropische ‘toevalligheden’. Indien natuurconstanten als bijvoorbeeld de constante van Newton voor de zwaartekracht, de lading van het electron of de massa van het proton iets anders waren geweest, had leven als het onze niet hebben kunnen ontstaan. Op die grond argumenteerde Frank Tipler al (zie zijn artikel ‘*Extraterrestrial intelligent beings do not exist*’, Quart. J. Roy. Astr. Soc. **21**, 267-281, 1980; adsabs.harvard.edu/abs/1980QJRAS..21..267T), dat als de diverse aspecten van het heelal worden bepaald door de voorwaarde dat intelligent leven erin bestaat, dit impliceert dat het dus van de orde van zeker  $10^{20}$  sterren moet bevatten om ook maar één voorbeeld van intelligent leven te bevatten. Dan hoeven we ook niet verbaasd te zijn, zegt hij, als blijkt dat er maar één is. Dit is een extreme interpretatie, maar desondanks spelen diverse vormen van dit antropisch principe expliciet of impliciet een belangrijke rol in de discussie over intelligent leven in het heelal.

## ZIJN WE ALLEEN?

De hier te bespreken zes boeken behandelen diverse aspecten van het voorkomen van leven in het heelal, SETI en de culturele impact van het vinden van een ETI. Ik begin met het boek THE EERIE SILENCE: ARE WE ALONE IN THE UNIVERSE? van Paul Davies, cosmoloog en fysicus, maar ook schrijver van een groot aantal publicaties en boeken op het gebied van leven in het heelal. In de Amerikaanse versie luidt de ondertitel RENEWING OUR SEARCH FOR ALIEN INTELLIGENCE. Dit is een uiterst leesbaar boek, dat kan dienen als een goede inleiding in het onderwerp SETI, maar waarvan de waarde zeker vergroot is doordat het besprekingen bevat van zaken waar in veel andere literatuur minder aandacht aan wordt gegeven. De vraag of als de omstandigheden er gunstig voor zijn, leven ook onherroepelijk moet ontstaan, wordt niet alleen in de context geplaatst van wat we kunnen zeggen over het ontstaan van leven en na een bespreking van de experimenten met ruimtevoertuigen die Mars bezocht hebben, leidt het tot de vraag of het leven op aarde misschien meer dan eens is ontstaan. Bijvoorbeeld als het prille leven kort na het ontstaan door een botsing van de aarde met een asteroïde weer zou zijn uitgeroeid, dan zou het opnieuw hebben kunnen ontstaan en wellicht heeft dat zelfs meerdere malen plaatsgevonden. Of misschien is leven onafhankelijk op verschillende plaatsen op aarde ontstaan. Als dit allemaal vergelijkbaar leven is als het huidige, dan is dat moeilijk te bewijzen, maar als er ‘vreemd leven’ (‘weird life’ als Davies het noemt) bestaat dan zou dat misschien wel te vinden zijn onder extreme toestanden diep in de oceanen of in het binnenste van vulkanen. Of in vervuilde meren, zoals in het met arsenicum vervuilde Mono Lake in California, waar organismen voorkomen, die dat tot hun voordeel hebben gemaakt. Is dat uit leven als het onze ontstaan of is het een ‘tweede biosfeer’? Zover is het nog niet, maar er zijn eigenlijk weinig betrouwbare aanwijzingen, dat leven inderdaad met behoorlijke waarschijnlijkheid ontstaat als de voorwaarden ervoor aanwezig zijn.

Een ander belangrijk punt van Davies betreft tijdschalen. Als leven op zich geen ‘cosmic freak’ zou zijn of de ontwikkeling van intelligentie onvermijdelijk, dan volgt uit de afwezigheid van aanwijzingen voor andere beschavingen de deprimerende conclusie dat intelligente, technologisch ontwikkelde beschavingen in het algemeen maar kort kunnen bestaan. Overigens wijst hij er ook op, dat onze technologische beschaving nog zo jong is, dat andere beschavingen ons waarschijnlijk nog niet hebben kunnen opmerken. Bijvoorbeeld als de dichtstbijzijnde ETI op (maar) duizend lichtjaar ligt, dan zien ze onze aarde zoals die was in 1010 toen er geen sprake was van moderne technologie. Misschien zijn we nog niet eens opgemerkt! De kans dat het per ruimtevaartuig zal zijn geschied, is natuurlijk aanwezig, maar binnen onze huidige kennis blijft het probleem van de benodigde energie om ruimtereizen praktisch te maken onoverkomelijk. Wellicht zijn er nanotechnologische apparaatjes gestuurd die ons in de gaten houden, maar dan nog duurt het ook eeuwen voordat de informatie terug is bij de originator. Al deze zaken, evenals een Galactische diaspora en voor ons ongedroomde technologieën komen bij Davies aan de orde zonder het gevoel te geven dat het ongebreidelde speculatie is.

Het laatste deel van het boek gaat over de impact van de ontdekking van buitenaards intelligent leven. In de eerste plaats: hoe gaan we met de ontdekking om? Hoe en door wie wordt die aangekondigd voor het grote publiek? Zal die beschaving een zegen of een bedreiging zijn? De organisatie ‘International Academy of Astronautics’ (IAA), opgericht te Stockholm in 1960, zet zich in voor een vreedzaam gebruik van ruimtevaart en coördineert internationale uitwisseling van ideeën en initiatieven op het gebied van ruimteonderzoek en -technologie. Deze organisatie heeft een ‘Permanent SETI Study Group’ ingesteld, waarvan een ‘Post-Detection Taskgroup’ zich bezig houdt met zulke zaken. Paul Davies is daar sinds 2004 voorzitter van. Deze werkgroep heeft (in 1989, voor dat Davies er voorzitter van was) een Protocol opgesteld met de titel ‘*Declaration of Principles Concerning Activities Following the Detection of Extraterrestrial Intelligence*’, bekend als ‘*the First SETI Protocol*’, waarin alle activiteiten en zaken aangaande de wijze hoe te handelen



als we buitenaards leven ontdekken worden geregeld. Davies geeft een uitstekend exposé van de haken en ogen van deze kwesties.

## EN ALS WE DAN EEN SIGNAAL ONTVANGEN...

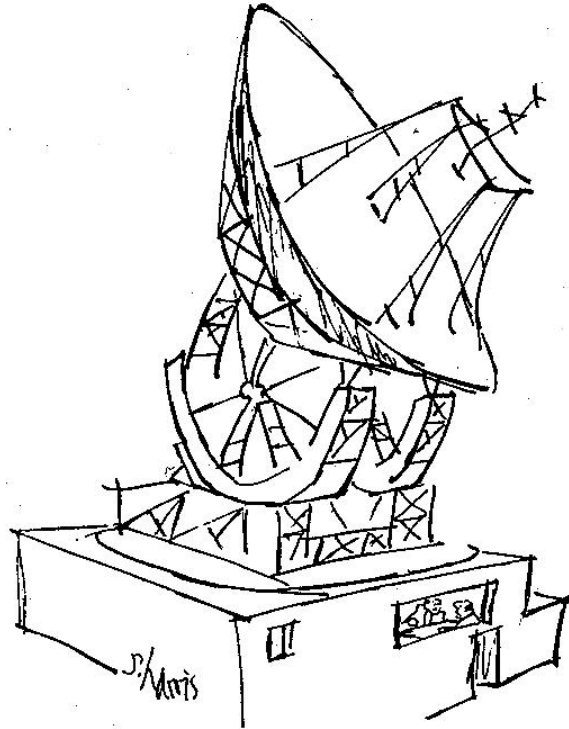
Dit brengt ons automatisch bij Michael A.G. Michaud, auteur van het boek CONTACT WITH ALIEN CIVILIZATIONS: OUR HOPES AND FEARS ABOUT ENCOUNTERING EXTRATERRESTRIALS. Michaud is een voormalig top-diplomaat in het Amerikaanse State Department; hij is de opsteller van het genoemde protocol. Op de Website van de SETI Permanent Study Group kunnen protocols en andere documenten gevonden worden ([www.setileague.org/iaaseti/index.html](http://www.setileague.org/iaaseti/index.html)). Er zijn twee aparte protocols. Het genoemde eerste protocol komt erop neer, dat men na ontdekking eerst een verificatie- en bevestigingsprocedure zal volgen door inschakeling van andere SETI onderzoekers, waarna het publiek via de gebruikelijke kanalen op de hoogte zal worden gesteld. Overeengekomen is ook dat er vervolgens wereldwijd overleg zal dienen te zijn, voordat er een reactie zal worden gegeven. Dat tweede protocol, ook in concept door Michaud geschreven, beschrijft dan hoe dit af te spreken en te coördineren. Het uitgangspunt is vaak dat als we ander intelligent leven zullen vinden, deze beschavingen verder gevorderd zijn dan wij en dat we van hen kunnen leren. Maar het kan natuurlijk ook, dat er grote gevaren aan verbonden zijn om van onze aanwezigheid kennis te geven en dat de extraterrestrischen ons helemaal niet zo welgezind zijn. Uiteindelijk zal er een soort van globale concensus moeten komen om wel of niet te reageren en zo ja, in welke vorm.

Het was de bedoeling daarin tegelijkertijd afspraken te maken over actieve SETI. Hierover echter is geen overeenstemming ontstaan en de meningsverschillen zijn dermate opgelopen dat Michaud (en ook John Billingham, mede-opsteller van het Cyclops rapport, thans vice-voorzitter van de 'Board of Trustees' van het SETI Instituut) zich uit de Study Group hebben teruggetrokken. Zij vinden dat er duidelijke afspraken moeten komen voordat op grote schaal berichten in de vorm van radio-boodschappen worden uitgezonden en dat men zo lang zich daarmee terughoudend moet opstellen. Sinds de genoemde 'boodschap' met de Arecibo radiotelescoop zijn er zeker meerdere geweest, met name uit Rusland.

De huidige voorzitter van de Study Group is Seth Shostak, senior astronoom bij het SETI Instituut. Seth heeft ruim tien jaar (vanaf midden jaren zeventig) als radioastronoom in Groningen aan mijn instituut (het Kapteyn Instituut van de Rijks-universiteit Groningen) gewerkt<sup>4</sup>, alvorens naar de zijn geboorteland, de V.S., terug te keren. Tijdens een periode dat Jill Tarter Groningen bezocht, hebben zij een SETI experiment met de Westerbork Synthese Radio Telescoop (*SIGNAL – Search for Intelligence in the Galactic Nucleus with the Array of the Lowlands*) uitgevoerd en niets gevonden. Seth en de rest van de groep nemen het standpunt in, dat er een verschil is tussen reageren op een signaal van anderen enerzijds en het uitgebreid en op eigen initiatief uitzenden van signalen bestemd voor beschavingen elders in het heelal. Een moratorium van het laatste valt niet te controleren en het is al niet aan de Study Group om het te verbieden, zeggen zij. Er zijn inmiddels wel, deels in reactie daarop, twee schalen gedefinieerd (de *Rio schaal* om het belang van een mogelijk SETI signaal te karakteriseren en de *San Marino schaal* om het potentiële gevaar van een uit te zenden signaal vanaf de aarde te kwantificeren), waarbij de sterkte van het signaal, de duur ervan en de informatie-inhoud parameters zijn. De genoemde website van de Study Group bespreekt deze in detail.

---

<sup>4</sup>Hij en ik hebben samengewerkt in onderzoeksprojecten en als co-auteurs enkele artikelen in vaktijdschriften gepubliceerd. Seth is tegenwoordig regelmatig te zien als populisator van radioastronomie en pleitbezorger van SETI in documentaires op zenders als Discovery Channel, en hij toont zich een getalenteerd spreker. In Groningen viel dat al op; hij sprak uitstekend Nederlands en was gefascineerd door taal- en woordspelingen. Hij begroette mij wel op de gang van het instituut met "Hoogveen!"; in het Engels is dat namelijk "high peat".



**“As I understand it, they want an immediate answer. Only trouble is, the message was sent out 3 million years ago.”**

Figure 4: Cartoon van Sydney Harris, [www.sciencecartoonsplus.com/index.php](http://www.sciencecartoonsplus.com/index.php).

Het boek van Michaud is geschreven rond de tijd van dit ‘incident’, maar bevat er geen verwijzing naar. Het is een typisch door een diplomaat geschreven boek; het is opgedeeld in ruim dertig hoofdstukken, die weer zijn onderverdeeld in korte onderwerpen, totaal meer dan tweehonderd van gemiddeld zo’n anderhalve pagina. Daarin wordt o.a. niet verzuimd uitvoerig en uitputtend aan te halen wat anderen vanuit diverse standpunten erover te zeggen hebben. De inhoudsopgave van 7 pagina’s geeft een gedetailleerd overzicht van de behandelde vraagstukken en geeft het geheel een indruk van een samenvattend beleidsstuk; de zaken lopen uiteen van algemene en wetenschappelijke tot praktische, sociale, filosofische, diplomatieke en zelfs theologische (‘hebben zij een vergelijkbare godsdienst?’) kwesties. Michaud’s passie en zijn eigen standpunten komen daardoor nauwelijks uit de verf. Een belangrijk (weinig verkondigd) thema in het boek is wel fundamenteel, namelijk dat het zoeken naar radiosignalen op zich een zeer selectief filter is, waardoor we hoogst waarschijnlijk voornamelijk die beschavingen zullen vinden, als die bestaan tenminste, die in ontwikkeling vergelijkbaar met die op aarde zijn.

## FERMI’S PARADOX REVISITED

Stephen Webb is Lecturer of Physics aan de Open University in Engeland en schrijver van diverse natuurkunde boeken voor een breed publiek. Hij is volgens zijn zeggen van jongsaf gefascineerd door de Fermi Paradox. Hij beschrijft in zijn boek IF THE UNIVERSE IS TEEMING WITH ALIENS... WHERE

IS EVERYBODY? FIFTY SOLUTIONS TO THE FERMI PARADOX AND THE PROBLEM OF EXTRATERRESTRIAL LIFE hoe Fermi de paradox formuleerde tijdens een lunch discussie in 1950 met o.a. Edward Teller te Los Alamos, waar tijdens de tweede wereldoorlog de atoombom werd ontwikkeld. De paradox is echter pas echt prominent geworden in het publieke debat door een invloedrijk artikel van Michael H. Hart: *'An explanation for the absence of extraterrestrials on Earth'*, Quart. J. Roy. Astr. Soc. **16**, 128-135, 1975; adsabs.harvard.edu/abs/1975QJRAS..16..128H). Hart is een zeer origineel en veelzijdig man<sup>5</sup> en hij heeft ook diverse studies gedaan. Hij haalde op wat oudere leeftijd dan gewoonlijk zijn doctorsgraad in Princeton op een theoretische studie aan fundamentele astrofysische processen en verkreeg daarna (begin jaren zeventig) een prestigieus 'Carnegie Fellowship' aan de Hale Observatories<sup>6</sup> in Pasadena, California. Deze sterrenwacht was destijds het Mekka van de optische sterrenkunde; ertoe behoorde de Hale 200-inch teleskoop (de 'Big Eye') te Palomar Mountain, de grootste werkende ter wereld, terwijl de 4-meter klasse telescopen, zoals de nationale Amerikaanse te Kitt Peak en Cerro Tololo, toen nog in aanbouw waren. Hart verlegde daar zijn interesse naar studies van atmosferen van planeten en de vraag naar extraterrestrische beschavingen.

Ik was tegelijkertijd met hem Carnegie Fellow in Pasadena en ik herinner me levendig de discussies over de Fermi Paradox tijdens de wekelijkse 'bag-lunch' van de staf, waar Michael zijn ontwikkelende gedachten over extraterrestrische beschavingen op ons uitprobeerde en ons uitdaagde ze te weerleggen. Het waren indringende discussies waarbij de gemoederen soms gemakkelijk verhit raakten, vooral toen de directeur van de sterrenwacht, Horace W. Babcock, het standpunt innam dat zulk werk geen serieus wetenschappelijk onderzoek was, dat dan ook niet thuis hoorde op een gerenommeerd instituut als de Hale Observatories en hem opdroeg die affiliatie niet voor dit werk te gebruiken. Zijn genoemd artikel is dan ook gepubliceerd onder de paraplu van zijn volgende werkgever, maar het is gevormd tijdens zijn Carnegie Fellowship, ondanks dat het nooit vermeld is in de 'Annual Report of the Hale Observatories' van de directeur en Hart er ook zelf geen melding van maakt. De data spreken voor zich: Hart eindigde zijn Carnegie Fellowship per 15 augustus 1974 en het tijdschrift heeft het manuscript ontvangen op 6 december van hetzelfde jaar. Hart's artikel heeft de discussie over de Fermi Paradox geïnitieerd en aangewakkerd<sup>7</sup> en sommigen spreken dan ook van de Fermi-Hart paradox.

Webb vat de discussie over de Fermi paradox in zijn boek samen door 50 mogelijke verklaringen te presenteren en bespreken. Hij doet dat in drie categorieën, te weten 'ze zijn er al, maar we hebben ze niet opgemerkt' (nummers 1 t/m 8), 'ze zijn er maar hebben nog niet geprobeerd met ons te communiceren' (9 t/m 30) en 'ze bestaan inderdaad niet' (31 t/m 50). Oplossingen die Webb opsomt zijn bijvoorbeeld, dat ze er zijn, maar zich niet kenbaar maken, dat wij hen zelf zijn, dat de afstanden in het heelal te groot zijn voor communicatie, dat we verkeerd zoeken, dat ze allemaal luisteren en niet uitzenden, ze een heel andere wiskunde hebben, dat de omstandigheden voor het ontstaan van leven om welke reden dan ook zeldzaam zijn of dat biologische evolutie zo lang duurt dat wij een van de eersten zijn. Ook hebben zijn argumenten soms expliciet, veelal impliciet een

<sup>5</sup>Zie zijn cv op [en.wikipedia.org/wiki/Michael\\_H.\\_Hart](http://en.wikipedia.org/wiki/Michael_H._Hart). Later in zijn carrière heeft zijn interesse zich naar vele terreinen uitgebreid, waaronder geschiedenis. Zijn latere standpunten zijn ronduit extreem te noemen, met name die over rassensegregatie hebben hem –naar mijn mening terecht– veel critici opgeleverd.

<sup>6</sup>Dit heette voorheen de Mount Wilson and Palomar Observatories, gezamenlijk beheerd door de Carnegie Institution of Washington en de California Institute of Technology. Omdat de laatste afgekort wordt als CalTech zou volgens sommigen de eerste moeten worden aangeduid als CarWash. In 2007 heeft deze organisatie een nieuwe naam aangenomen, de Carnegie Institution for Science, omdat de meeste onderzoeksinstituten ervan buiten Washington gevestigd zijn.

<sup>7</sup>Het bovengenoemde artikel *'Extraterrestrial intelligent beings do not exist'* van Tipler uit 1980, evenals het zeer informatieve *'Cosmology, extraterrestrial intelligence, and a resolution of the Fermi-Hart paradox'* van Paul Wesson, (**31**, 161-170, 1990; [articles.adsabs.harvard.edu/abs/1990QJRAS..31..161W](http://articles.adsabs.harvard.edu/abs/1990QJRAS..31..161W)) in hetzelfde tijdschrift, zijn er voorbeelden van.

element van antropisch beschouwen in zich. Het is in zijn totaliteit een uiterst leesbaar boek met een heldere presentatie, en ondanks dat het al wat ouder is (het stamt uit 2002) is het nog voldoende up-to-date om bruikbaar te zijn. De reproductie van de figuren is echter van zeer slechte kwaliteit.<sup>8</sup> Een ieder die geïnteresseerd is in de Fermi paradox en er een mening over op nahoudt, dient dit boek gelezen te hebben. Voor diegenen die nog geen mening over de Fermi paradox gevormd hebben is het zeker een aanrader.

In zijn uiteindelijke oplossing komt Webb tot de conclusie dat leven, althans dat communicatie via radiogolven praktiseert, zeldzaam is. Daarvoor is de argumentatie nu juist minder overtuigend en baseert hij zich op een opeenstapeling van eerdere oplossingen en schattingen van waarschijnlijkheden, die uit de lucht komen vallen. In een eerdere bespreking door mijn collega Frank Israel voor het Leidse Universiteitsblad Mare ([www.mareonline.nl/2004/32/libri09.html](http://www.mareonline.nl/2004/32/libri09.html)) is opgemerkt dat er een rekenfout zit in die 50<sup>e</sup> oplossing. Maar Webb lijkt zich te hebben voorgenoemen *coute que coute* uit te komen op één ster in ons Melkwegstelsel waar intelligent leven ontwikkeld is, en dan maakt dat dus niets uit.

## ZELDZAME AARDE

Het moge duidelijk zijn uit bovenstaande, dat er twee soorten oplossingen zijn van de Fermi paradox: òf de levensduur van een intelligente, technologisch ontwikkelde beschaving die interesse heeft in communicatie relatief is kort, òf één of meerdere van de andere factoren in de Drake vergelijking zijn vele ordegrotten kleiner dan één. De eerste termen in de Drake vergelijking hebben te maken met het wel of niet veelvuldig voorkomen van planeten die geschikt zijn voor de ontwikkeling van zulk leven. Hier zullen we ons verder op concentreren. Veel onderzoekers nemen het standpunt in (en ik schaar mij onder hen), dat het waarschijnlijk is, dat leven in de vorm van microben of van prokaryoten op vele plaatsen in het heelal niet alleen mogelijk zal zijn, maar ook inderdaad bestaat. De discussie gaat echter in de eerste plaats over de vraag of er ook meer-cellig eukaryotisch leven kan ontwikkelen en op den duur plantaardige, dierlijke en intelligente soorten. Mogelijk zijn de stappen van prokaryotische tot eukaryotische cellen en van éencellige naar meercellige vormen van leven dermate onwaarschijnlijk dat het maar zelden gebeurt. In ieder geval duurde het op aarde miljarden jaren voor die stappen gezet werden.

De discussie over waaraan voldaan moet worden of een planeet bewoonbaar (d.w.z. of er überhaupt leven in de meest primitieve vorm kan ontstaan) is, gaat terug tot twee wederom zeer invloedrijke artikelen van de eerder opgenoemde Michael Hart: *The evolution of the atmosphere of the Earth*, *Icarus*, **33**, 23-39, 1978: [adsabs.harvard.edu/abs/1978Icar...33...23H](http://adsabs.harvard.edu/abs/1978Icar...33...23H), en *Habitable zones about Main Sequence stars*, *Icarus*, **37**, 351-357, 1979; [adsabs.harvard.edu/abs/1979Icar...37..351H](http://adsabs.harvard.edu/abs/1979Icar...37..351H). Hij definieerde de ‘*Continuous Habitable Zone*’, *CHZ*, als dat bereik in afstand tot een ster die een planeet moet hebben om tijdens de gehele evolutie van die ster geen ‘runaway’ ijstijd of broeikas effecten te ondergaan. De gedachte is dat zo’n zone verandert met de leeftijd van de ster, dus de CHZ omvat die afstanden die er altijd binnen liggen. Voor de zon bleek dit een, volgens Hart opmerkelijke kleine, zone te zijn tussen 0.95 en 1.01 keer de Astronomische Eenheid (de gemiddelde afstand aarde – zon). Dus dat vormde bevestiging van het standpunt dat de condities voor het ontstaan van intelligent leven zeer restrictief zijn.

Maar er blijken veel meer condities precies te moeten zijn afgestemd, sommige direct volgend uit het antropisch principe. Het boek *RARE EARTH: WHY COMPLEX LIFE IS UNCOMMON IN THE UNIVERSE*, van geoloog en paleontoloog Peter Ward en astronoom en komeetonderzoeker Donald Brownlee uit 2004, somt een nog veel groter aantal van zulke condities op die een vruchtbaar milieu

---

<sup>8</sup>Het exemplaar dat ik via AUP kreeg kan wel eens een ‘print-on-demand’ versie zijn met beperkte reproductie kwaliteit.



Figure 5: 'Wish you were here!' Deze ansichtkaart van Seth Shostak stamt uit zijn Groningse tijd. © Seth Shostak photography, published by Art Press, Groningen.

en vooral een stabiele omgeving tot gevolg hebben. Daaronder zijn bijvoorbeeld de volgende van belang. Een centrale ster die de juiste eigenschappen heeft en uit materie van de juiste chemische samenstelling is ontstaan. De aanwezigheid van water; voor de aarde is het zo, dat er bij het ontstaan geen water was op de huidige afstand tot de zon. En naast water ook koolstof en kooldioxide om samen met water een regulerend broeikas-effect te bewerkstelligen. In het algemeen wordt aangenomen, dat water (en  $\text{CO}_2$ ) kort na de vorming van de planeten op de aarde afwezig was, als gevolg van de straling van de zon, maar dat een deel snel door kometen is teruggevoerd uit deze meer naar buiten gelegen streken. De banen van de planeten moeten stabiel zijn. Dit vereist een zonnestelsel met grote planeten als Jupiter en Saturnus, die in bijna cirkelbanen gaan (en in onderlinge resonantie wat betreft hun omlooptijden; hier 2 staat tot 5). En het vereist een juiste massa van de planeet, waarop waterdamp in de atmosfeer en oceanen niet verdampen, die een beschermend magneetveld heeft en waarop platentektoniek kan bestaan. En dat er een maan is als bij de aarde, die de helling van de aardas stabiliseert. Ze besteden veel aandacht aan de rol van massa extincties, zoals die van 65 miljoen jaar geleden, geassocieerd met het uitsterven van dinosauriërs. Deze extincties interpreteren zij juist als gunstig voor de bevordering van ontwikkeling van diversiteit, omdat die verscheidenheid uiteindelijk bevordelijk is voor de kans op evolutie naar intelligent leven.

De effecten op de biologische evolutie van de platentektoniek en van de stabiliserende werking van de maan en Jupiter worden met name als top-prioriteiten opgevoerd en verdienen hier enige toelichting. Uniek aan de aarde (ook vergeleken met andere planeten in ons zonnestelsel) is de aanwezigheid van water en een atmosfeer met een gecontroleerd broeikas effect, waardoor de temperatuur zodanig is dat vloeibaar water bestaan kan. Platentektoniek en vulkanische activiteit geven daarvoor niet alleen een soort van thermostat om de temperatuur relatief constant te houden, maar ook zijn daarmee de continenten tot stand gekomen, waardoor dierlijk leven en de ermee gepaard gaande grote biodiversiteit konden ontstaan en het is verbonden met het feit dat er een magneetveld is, dat ons beschermt tegen directe invloed van hoog-energetische kosmische stralingsdeeltjes. Dat maakt de aarde anders dan bijvoorbeeld Venus en Mars. Volgens Ward en Brownlee zijn al die unieke condities een noodzaak voor evolutie tot intelligent leven.

Cruciaal in hun argumentatie is het feit dat de aarde een relatief grote begeleider heeft, de maan met een diameter van ruim een kwart van die van de aarde en een massa verhouding van 1 op 80. In de eerste plaats heeft de maan voldoende massa om de helling van de aard-as ten opzichte van het baanvlak rond de zon te stabiliseren. Daardoor is er precies het juiste patroon van seizoenen, zijn de temperatuurverschillen tussen equator en polen en tussen de seizoenen niet te groot, zijn die seizoenen miljarden jaren vergelijkbaar gebleven en heeft het klimaat dus een uitzonderlijke lange termijn stabiliteit. Ten tweede hebben we daardoor ook de cyclus van de getijden. Verder heeft Jupiter, als zwaarste planeet in ons zonnestelsel (ruim driehonderd keer de massa van de aarde), in de loop van de evolutie van het zonnestelsel maar zeker in de vroegere fasen, ervoor gezorgd dat het binnenste deel van het zonnestelsel vrij werd gemaakt van gevaarlijke kometen en asteroïden die de aardbaan kunnen kruisen. De aanwezigheid van Jupiter en Saturnus, die door resonantie hun banen over zeer lange tijden stabiel lijken te houden (plus hun onderlinge afstand en de afwezigheid van een derde planeet van vergelijkbare massa) geven ook aanleiding tot langere termijn stabiliteit van de banen van de andere planeten in het planetenstelsel, inclusief die van de aarde.

Ward en Brownlee nemen op grond van deze overwegingen het standpunt in, dat eenvoudig leven zeer talrijk zal voorkomen in het heelal, maar dat het evolueren tot dieren, hetgeen op aarde pas na 4 miljard jaar gebeurde, een zeldzame gebeurtenis is. Zij concluderen dat het samenvallen van alle noodzakelijke condities een daarvoor noodzakelijke, maar uitzonderlijke samenloop van omstandigheden moet betekenen. Hun argumenten zijn op zich overtuigend, alhoewel gezegd moet worden dat er meestal geen kwantitatieve schattingen bestaan van die kansen. Maar dat is ook vaak lastig. Men is het er over het algemeen over eens, dat de dubbelplaneet aarde-maan is ontstaan tijdens de vorming van de planeten door een schamp-botsing van de aarde met een lichaam met de massa van Mars of zo (dat is van de orde van 10% van de massa van de aarde). Als zulke botsingen zeldzaam zijn, zullen bewoonbare planeten dat ook wel zijn.

Hoe dan ook, ondanks de overweldigende hoeveelheid restricties, waaraan een planeet moet voldoen om bewoonbaar te zijn en intelligent leven voort te brengen, lag het voor de hand dat er afwijzende reactie zou komen op deze ‘Rare Earth Hypothesis’ van onderzoekers die het heelal liever dichtbevolkt zien met intelligent leven. Nu er thans de mogelijkheid bestaat in grote getale planeten rond andere sterren te ontdekken en men in de nabije toekomst wellicht planetenstelsels in kaart kan brengen, kan men onderzoeken of er zulke bewoonbare planeten bij zijn. Een belangrijke opponent van ‘Rare Earth’ is James Kasting, die veel baanbrekend onderzoek op het terrein van de vorming en evolutie van planeten en hun atmosferen heeft gedaan.

## BEWOONBARE PLANETEN?

Op dit moment (21 juli 2010) zijn er 464 exoplaneten rond 396 sterren opgenomen in ‘*The Extra-solar Planets Encyclopaedia*’ (exoplanet.eu). Maar dat zijn nog geen planeten met massa’s



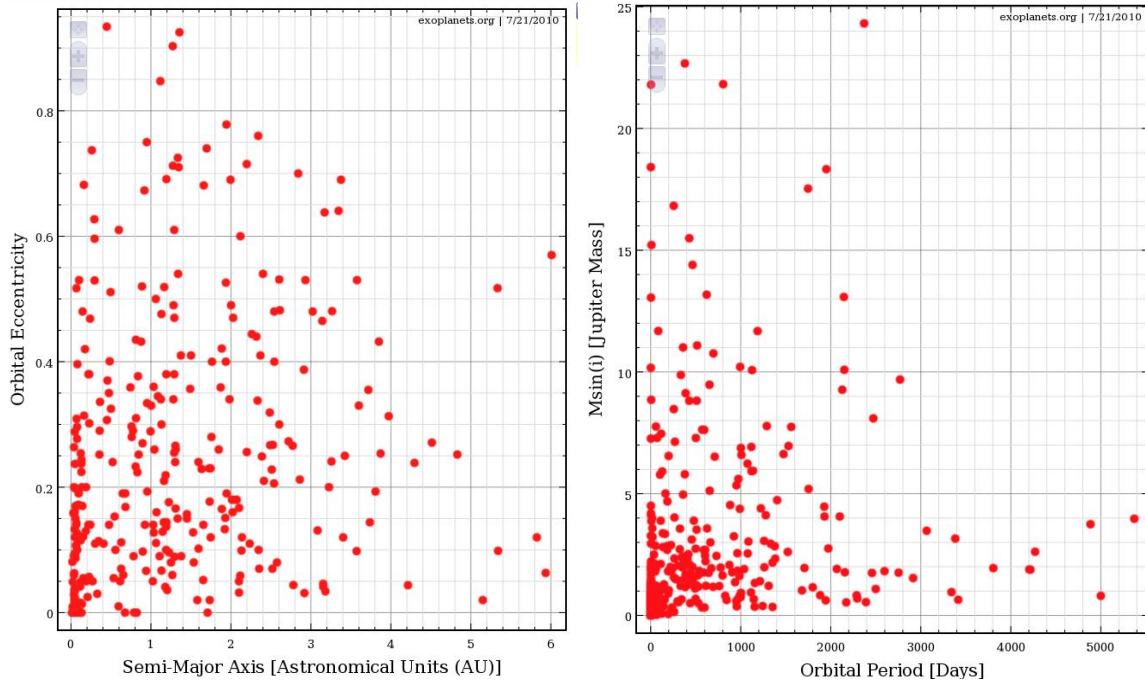


Figure 6: De correlatie van vier grootheden die gemeten zijn voor de eigenschappen van exoplaneten (juli 2010). De massa is op een factor  $\sin i$  na, waarbij  $i$  de inclinatie is van de baan t.o.v. de lijn van de aarde naar de ster. (Geproduceerd met ‘The Extra-solar Planets Encyclopaedia’, [exoplanet.eu](http://exoplanet.eu))

vergelijkbaar met de aarde en met stabiele, min of meer cirkelvormige banen binnen de CHZ rond een ster als de zon. In *HOW TO FIND A HABITABLE PLANET* bespreekt James Kasting alle aspecten rond die kwestie. Het boek is er een in de serie ‘*Science Essentials*’ van Princeton University Press, en vergt dan ook meer achtergrondkennis en is ook technischer dan de andere hier besproken boeken; er zijn vele diagrammen met grafisch gepresenteerde uitkomsten van simulaties of metingen, een enkele wiskundige vergelijking en flink wat chemische formules, maar als je daarmee om kunt gaan zijn die zeer verhelderend. Kasting is professor of geosciences aan Penn State University en de tekst leunt kennelijk sterk op zijn colleges voor studenten natuurkunde of biologie. Desondanks is hij er redelijk goed in geslaagd het begrijpelijk te houden voor een breder publiek.

Het boek bestaat uit drie delen. Hij beschrijft met zeer veel kennis van zaken eerst wat we weten over de vorming van de aarde en de stabiliteit van het klimaat (en de bedreiging daarvan). Voorts analyseert hij in groot detail wat de grenzen zijn waarbinnen leefbaarheid van een planeet mogelijk is en besteedt daarbij veel aandacht aan studies van Mars en Venus. Hij heeft veel werk gedaan aan CHZ’s van planeten en vindt dat deze ruimer zijn dan Hart had gevonden en dus dat die condities niet zo restrictief zijn als Hart deed voorkomen. Voor de aarde spreekt hij over een 6 keer zo brede CHZ, zodat een planetenstelsel als het onze er zeker wel een planeet in zal hebben. Maar wat is een factor 6, als we in de Drake vergelijking te doen hebben met onzekerheden van soms vele ordegrootten? Ook aan de kwestie van de stabiliserende werking van de maan op de rotatie-as van de aarde wordt veel discussie gewijd. Hij geeft toe dat dat een serieus probleem is om de aardas zonder de maan te stabiliseren, maar werpt ook op, dat er wellicht op instabiele planeten toch leven kan ontwikkelen, en het pas een probleem wordt als het gaat om landdieren. Kasting is niet erg onder de indruk van de ‘Rare Earth hypothesis’: “...one shouldn’t rule out the possibility of life, or of animal life, because most Earth-like planets are not likely to have large moons. That’s really one of the smaller problems that must be overcome for a planet to remain habitable’.

Pas in het derde deel spreekt hij over exoplaneten en beschrijft voortreffelijk de mogelijke technieken en hun geschiedenis om exoplaneten te vinden en bestuderen. Het zijn tot nu toe vooral indirecte methoden geweest die resultaten hebben geleverd. In de eerste plaats is er de methode, waarbij de beweging als gevolg van die rond het gemeenschappelijk zwaartepunt van de hemel in kaart gebracht wordt. Dit is over het algemeen niet nauwkeurig genoeg te meten. Wel kan men de veranderende radiële snelheid van de ster meten als gevolg van de beweging rond het gemeenschappelijk zwaartepunt. Men kan dit thans met een nauwkeurigheid van de orde van een meter per seconde en men is in staat de meetapparatuur voldoende stabiel houden over langere tijd!<sup>9</sup> Dit is voornamelijk de wijze waarop de meeste exoplaneten thans zijn gevonden. Een andere methode is om de afname van de helderheid van een ster te meten als er vanuit onze positie gezien een planeet voorlangs schuift; met telescopen op aarde kan dit tot beter dan 1% nauwkeurig, maar het kan tot minder dan een honderdste van een procent vanuit de ruimte!<sup>10</sup> Tenslotte is er de deflectie van licht van een achterliggende ster door het zwaartekrachtveld van een planeet, waardoor een gravitatie-lens ontstaat. De competitie tussen de groepen om als eerste een exoplaneet te vinden, wordt goed beschreven. Deze ontdekking vond plaats met de radiële snelheid methode door een Zwitsers team onder leiding van Michel Mayor van Genève, die vrijwel onmiddellijk werd bevestigd door een Amerikaans team uit San Francisco onder Geoff Marcy en Paul Butler. Tot nu toe heeft men op een paar uitzonderingen na vooral planeten ontdekt, die veel zwaarder zijn dan de aarde. Een belangrijke klasse daarvan zijn de ‘hot Jupiters’, die massa’s hebben vergelijkbaar met die van Jupiter, maar die in banen heel dicht bij hun ster draaien. Ook zijn de banen over het algemeen verre van cirkelvormig, terwijl die van de aarde en de andere planeten in ons zonnestelsel dat wel zijn.<sup>11</sup>

Ook documenteert Kasting hoe we binnenkort planeten zullen vinden, die vergelijkbaar zijn met de aarde, d.,w.z. met een vergelijkbare massa en in een CHZ van een ster die niet veel anders is dan de zon. Met name zijn daarvoor satellieten gebouwd als CoRoT van ESA en de Franse ruimtevaart organisatie CNES (gelanceerd december 2006; [www.esa.int/specials/CoRoT](http://www.esa.int/specials/CoRoT)) of de Kepler missie van NASA (maart 2009; [kepler.nasa.gov/](http://kepler.nasa.gov/)). Ook zijn er plannen voor mogelijke opvolgers zoals SIM (Space Interferometry Mission) en TPF (Terrestrial Planet Finder) van NASA en Darwin van ESA. Deze missies staan overigens op een laag pitje en wat het vervolg van CoRoT/Kepler zal zijn en wanneer (eventueel ESA en NASA gezamenlijk) staat nog niet vast. Kasting’s uitvoerige betrokkenheid bij de NASA missies tijdens hun planningsfasen maakt dat er veel interessante achtergrond

<sup>9</sup>Ter vergelijking vanaf een andere ster in het baanvlak van de betreffende planeet is de amplitude van die variatie 12.5 meter per seconde voor Jupiter met een periode van 11.86 jaar en voor de aarde 8.9 cm per seconde met een periode van 1 jaar.

<sup>10</sup>Ter vergelijking: vanaf een andere ster zouden waarnemingen van ons planetenstelsel als volgt zijn. De zon wordt 1.06% zwakker als Jupiter ervoorlangs trekt en dit duurt maximaal 36.6 uur als de waarneming precies vanuit het vlak van de Jupiterbaan plaatsvindt en treedt eens in de 11.86 jaar op; er is geen bedekking als de hoek van de gezichtslijn van de waarnemer met de Jupiterbaan groter dan 0.05 graden is. Voor de aarde is de afname van de helderheid 0.0083%, duurt maximaal 13.1 uur en treedt eens per jaar op; de hoek met het baanvlak van de aarde moet maximaal 0.25 graden zijn.

<sup>11</sup>Recent is er gevonden uit metingen van de radiële snelheid door twee teams over een periode van elf jaar, dat de ster Gliese 581 minstens zes planeten heeft. Dit is een kleine, koele en zwakke ster (massa ongeveer een derde van de zon en lichtkracht iets meer dan een tiende van de zon). Eén van die planeten is niet veel meer dan drie keer zo zwaar als de aarde, maar staat op een zesde van de afstand aarde-zon van de ster en gaat er in 36.5 dagen omheen. Dit betekent dat de planeet zich in de CHZ bevindt. De planeetbanen zijn ongeveer cirkelvormig en het systeem heeft waarschijnlijk een redelijke stabiliteit op lange termijn ([arxiv.org/pdf/1009.5733](http://arxiv.org/pdf/1009.5733), 2010). Als er een plaats is waar (primitief) leven mogelijk is dan is dit een uitstekende kandidaat. Deze ster staat op slechts ongeveer 20 lichtjaar afstand en binnen die afstand van de zon zijn er maar ruim honderd sterren; lang niet alle sterren in dit volume zijn voldoende nauwkeurig bestudeerd. Maar als er onder honderd sterren twee zijn met planeten in de HVC, dan kan dat soort gevallen dus veelvuldig voorkomen. Recentelijk is echter bij verbeterde analyse gebleken, dat de data niet meer rechtvaardigen dan vier planeten ([adsabs.harvard.edu/abs/2011A%26A...528L...5T](http://adsabs.harvard.edu/abs/2011A%26A...528L...5T) en [arxiv.org/abs/1101.0800](http://arxiv.org/abs/1101.0800)).

informatie genoemd wordt. Ook de stap waarbij met spectroscopisch methoden kan worden bepaald wat in grote lijnen de samenstelling van de atmosfeer is, speelt een fundamentele rol bij de toekomstige initiatieven. Door zijn betrokkenheid bij NASA komen mogelijkheden voor waarnemingen met volgende generatie optische telescopen vanaf de aarde (zoals de European Extremely Large Telescope van de European Southern Observatory ESO en vergelijkbare Amerikaanse initiatieven) onevenwichtig weinig naar voren.

Kasting biecht op behoorlijk bevooroordeeld te zijn en dat hij graag gelooft in een heelal vol met leven. Hij blijkt van jongsaf een grote fan en bewonderaar van Carl Sagan te zijn geweest. Hij zat in graduate school toen hij de invloedrijke artikelen van Michael Hart las en hij schrijft (p. 173): *“I can also remember being somewhat dismayed by Hart’s pessimism. I am one of those people who, like Carl Sagan, would like to believe life is widespread in the universe. Part of my motivation for pursuing<sup>12</sup> this subject was to try to figure out if Hart’s conclusions might be wrong.”* Aan het eind van zijn boek concludeert hij dan ook dat er geen volledig overtuigende argumenten zijn om de aarde ‘zeldzaam’ of uniek te verklaren. In de laatste pagina’s leren we dat de Fermi paradox in zijn optimistische perceptie dan zou moeten betekenen dat de levensduur van beschavingen kort zou zijn, maar nog liever zou hij de ‘Prime Directive’ uit *Space Trek* opvoeren, dat *“there can be no interference with the internal development of ‘pre-warp’ civilizations”*, zodat we voorlopig niet gestoord worden in onze ontwikkeling.

## OF TOCH EEN DICHTBEVOLKT HEELAL?

Tenslotte is er zeer recent het boek *THE CROWDED UNIVERSE: THE SEARCH FOR LIVING PLANETS* van Alan Boss verschenen. De schrijver heeft veel theoretisch werk gedaan aan de vorming van planetenstelsels, werkend bij het Department of Terrestrial Magnetism van de Carnegie Institution of Washington, en is in recentere jaren betrokken geraakt bij de zoektocht naar exoplaneten en (evenals Brownlee overigens) nauw betrokken bij de NASA Kepler missie. Het boek is geschreven als een dagboek, strikt chronologisch geordend. Het begint op 6 februari 1995 over de acceptatie van een artikel waarbij na vele pogingen geen snelheidsvariaties waren gevonden met aardse telescopen die op de aanwezigheid exoplaneten zouden wijzen. Het laatste hoofdstuk eindigt niet lang voor de lancering van Kepler in 2009. Aan de hand van specifieke gebeurtenissen volgen we de ontwikkeling van het veld van detectie van exoplaneten, eerst vanaf aarde, later tot de planning en bouw van CoRoT van ESO/CNES en Kepler van NASA en wat daarna zal moeten komen. Ook is het een persoonlijk document van Boss’s betrokkenheid bij de zoektocht naar exoplaneten. Met de preciese optekening van de datum is het goed in de tijd te localiseren (‘wat deed *ik* toen?’) en de ontwikkeling te volgen.

Het is niet echt een boek over SETI, maar concentreert zich op de geschiedenis van de zoektocht naar exoplaneten en vooral naar een planeet als de aarde, d.w.z. met een vergelijkbare massa in de CHZ van een vergelijkbare ster als de zon en in een min of meer cirkelvormige baan. Vooral komen aan de orde de plannen van NASA om met behulp van een satelliet zulke planeten te vinden en dus ook het wel en wee van Kepler, TPF en SIM onder een onzeker en veranderend NASA budget. Al lezende volgen we de competitie tussen de Europese en de Amerikaanse groepen om de eerste ontdekking van een exoplaneet (en de Japanse astronomen die zich in de strijd wierpen), die tussen de groepen die de satellieten CoRoT en Kepler voorstelden en tot realiteit brachten, tot de discussies over de volgende stap (TPF, SIM en Darwin). Het is vlot geschreven en heeft als pluspunt dat de trajecten van ruimtemissies in de tijd, de lange voorbereidingstijd, de frustraties en successen van supporters en de politieke strijd gedocumenteerd worden.

---

<sup>12</sup>Ik neem aan dat dit ‘pursuing’ moet zijn.

Een aspekt dat bij geen van de andere schrijvers aan de orde is gekomen is dat van de definitie van wat een planeet is. Sterren zijn objecten waarin in de centrale delen thermonucleaire reacties kunnen optreden, zoals in de zon waar fusie van waterstof naar helium plaatsvindt. Sterren met minder massa dan zo'n 75 keer die van Jupiter (iets minder dan een tiende van de zon) worden daar niet heet genoeg voor omdat de gravitatie energie, die bij samentrekking vrijkomt, onvoldoende is. Maar ze kunnen dan nog wel fusie van deuterium (zware waterstof) hebben en dan heten ze bruine dwergen. Als ze minder massa hebben dan ruim 10 keer Jupiter, is dit ook niet meer mogelijk. Een werkgroep van de Internationale Astronomische Unie (IAU), waar Boss bij betrokken was, besloot daarom dat een planeet maximaal een massa mag hebben dan 13 keer Jupiter. Maar wat is de minimum massa om planeet genoemd te mogen worden?

Die vraag is voorlopig eigenlijk alleen van belang voor ons eigen zonnestelsel. Tot voor kort was het duidelijk; er waren negen planeten en een gordel asteroïden. Het werd ingewikkelder toen er lichamen werden ontdekt met banen vergelijkbaar met Pluto, maar zeker werd het urgent toen er zo'n object werd ontdekt met een massa groter dan die van Pluto. Dit lichaam, dat nu Eris wordt genoemd, werd ontdekt door Mike Brown, en inmiddels is bepaald dat het zo'n 25% zwaarder is dan Pluto (zie [web.gps.caltech.edu/~mbrown/planetlila/](http://web.gps.caltech.edu/~mbrown/planetlila/) voor een beschrijving door Brown zelf en alle discussies over naamgeving en definitie van een planeet).

De Internationale Astronomische Unie IAU stelde een werkgroep in. Een eerste werkbare definitie was dat ze door hun zwaartekracht bolvormig moeten zijn en dat komt neer voor samenstellingen als rotsachtige planeten als de onze op minimaal  $5 \times 10^{20}$  kg (een tienduizendste van de aarde) of een diameter van 800 km (ruim 15 keer kleiner dan de aarde). Maar dan was in ons zonnestelsel het aantal planeten minstens twaalf<sup>13</sup> en tijdens de General Assembly van de IAU in Praag in 2006 is deze zaak hoog opgelopen en de uitkomst van een stemming, die ik me nog goed herinner, met opsteken van gele kaarten als bewijs van IAU lidmaatschap (Boss zegt dat het rode kaarten hadden moeten zijn geweest), was dat een planeet ook in zijn omgeving gravitationeel dominant moet zijn en dit dus moet hebben leeggeveegd tijdens zijn ontstaan. Daardoor bleven er maar acht over in ons zonnestelsel en werd Pluto gedegradeerd tot dwergplaneet, waarvoor het alleen nodig is om min of meer bolvormig te zijn.<sup>14</sup> Deze voor veel Amerikanen onverteerbare en principiële kwestie (Pluto is door Amerikaan Clyde Tombaugh ontdekt) wordt door Boss uitstekend beschreven met veel inside information. Hij geeft niet echt zijn eigen standpunt prijs en het had compleet geweest te vermelden, dat het parlement van de Amerikaanse staat New Mexico, waar Tombaugh vandaan komt, Pluto op 13 maart 2007 planeet heeft verklaart en deze datum "Pluto Planet Day".

Boss geeft in zijn epiloog toe, dat hij niets heeft gezegd over het ontstaan van leven, laat staan de evolutie van primitief leven naar intelligente beschavingen. Hij neemt aan dat microbisch leven in overvloed zal voorkomen en dan is het onwaarschijnlijk dat die laatste stap maar één keer gemaakt zou zijn. Zijn uitweg uit de Fermi paradox is dat beschavingen kort leven; net als mensen "*born to die*".

Het beeld dat uiteindelijk naar voren komt is, dat het zeer waarschijnlijk is dat planeten met primitief leven in overvloed voorkomen in het heelal.<sup>15</sup> Wat de condities voor meercelling leven

---

<sup>13</sup>Naast de bestaande negen, inclusief Pluto, zouden tenminste Eris (toen nog bekend als 2003UB313) en de grootste asteroïde Ceres planeet worden. De 'maan' van Pluto, Charon, zou ook kwalificeren als planeet; omdat het zwaartepunt van het Pluto en Charon buiten beide lichamen ligt, is Charon geen satelliet en werd het stelsel Pluto-Charon een dubbelplaneet. De andere, bekende manen van de planeten, inclusief onze Maan, blijven in deze definitie satelliet en kwalificeren daarom dan niet als planeet.

<sup>14</sup>Naast Pluto, Ceres en Eris zijn er inmiddels volgens deze definitie nog twee dwergplaneten in de buitendelen van ons zonnestelsel gevonden, met voorlopige namen naar goden uit Hawaï (Haumea, spreek uit Ha-oe-me-a) en Paaseiland (Makemake, spreek uit Ma-kie-ma-kie).

<sup>15</sup>Een recent overzichts-artikel over dit onderwerp is '*Determining Habitability: Which exoEarths should we search for life?*' van J. Horner en B.W. Jones.

zijn en hoe zeldzaam of overvloedig die gerealiseerd zijn is onbekend. Intelligent leven (dat communiceert of ander beschavingen bezoekt) lijkt voorlopig uiterst zeldzaam, maar desondanks is het van essentieel belang een SETI programma uit te voeren om met radioteleskopen naar signalen van buitenaardse beschavingen te zoeken. Bioloog Ernst Mayr zegt in het ‘SETI Debate’ tussen hem en Carl Sagan ([www.planetary.org/explore/topics/search\\_for\\_life/seti/seti\\_debate.html](http://www.planetary.org/explore/topics/search_for_life/seti/seti_debate.html)): “*The issue, as correctly emphasized by Carl Sagan, is the probability of the evolution of high intelligence and an electronic civilization on an inhabited world. Once we have life (and almost surely it will be very different from life on Earth), what is the probability of its developing a lineage with high intelligence? On Earth, among millions of lineages or organisms and perhaps 50 billion speciation events, only one led to high intelligence; this makes me believe its utter improbability.*” Daar stelt Carl Sagan tegenover: “*In the case of extraterrestrial intelligence, let us admit our ignorance, put aside a priori arguments, and use the technology we are fortunate enough to have developed to try and actually find out the answer.*”

*Prof. dr. P.C. van der Kruit* is Jacobus C. Kapteyn hoogleraar in de sterrenkunde aan de Rijksuniversiteit Groningen (zijn homepage is op [www.astro.rug.nl/~vdkruit](http://www.astro.rug.nl/~vdkruit)).

Overige literatuur:

INTELLIGENT LIFE IN THE UNIVERSE, door *I. S. Shklovskii & C. Sagan*, 509 pag., Dell Publishing, Library of Congress Card Number 64-18404, later diverse heruitgaven (in paperback), meest recent ISBN 1-892803-02-x in 1998

GUNS, GERMS AND STEEL, door *J. Diamond*, 494 pag., Random House, ISBN 0-393-31755-2, 1999

PROJECT CYCLOPS: A DESIGN STUDY FOR DETECTING EXTRATERRESTRIAL INTELLIGENT LIFE, door *J. Billingham & B.M. Oliver*, 243 pag., NASA/Ames Pub. CR-114445, 1972, beschikbaar op [ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19730010095\\_1973010095.pdf](http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19730010095_1973010095.pdf), tevens opnieuw uitgegeven door the SETI-Institute.

OORSPRONG: OVER MENS EN HEELAL, WETENSCHAP EN RELIGIE, SAMENHANG EN TOEVAL, DE WEG EN DE HERBERG, door *P.C. van der Kruit*, 56 pag., Eburon, ISBN 978-90-5972-265-1, 2008.

THE ANTHROPIC COSMOLOGICAL PRINCIPLE, door *J.D. Barrow & F.J. Tipler*, 706.pag., Oxford Univ. Press, ISBN 0-19-282147-4, 1986

SURVIVING 1000 CENTURIES: CAN WE DO IT? door *R.-M. Bonnet & L. Woltjer*, Springer, 422 pag., ISBN 0387746331, 9780387746333, 2008.

DETERMINING HABITABILITY: WHICH EXOEARTHS SHOULD WE SEARCH FOR LIFE? door *J. Horner & B.W. Jones*, Astrobiology (in press; preprint op [arxiv.org/abs/1007.3413](http://arxiv.org/abs/1007.3413)), 2010.