

## Aliens

### Inleiding

Dit artikel gaat over de mogelijkheid van het bestaan van buitenaards leven en hoe we daar mee om zouden kunnen of moeten gaan. Het gaat in dit artikel speciaal om intelligent buitenaards leven dat beschikt over geavanceerde technologie. Voor het gemak worden de vertegenwoordigers van dit veronderstelde leven, aliens genoemd.

Tot nu toe is er nog geen enkel bewijs gevonden voor buitenaards leven. Dit gegeven bevreemdt velen, en zij spreken in dit verband vaak over de Fermiparadox. De Fermiparadox is genoemd naar de Italiaanse natuurkundige Enrico Fermi. Fermi sprak in 1950 tijdens een lunch met collega's die ook werkzaam waren in het Los Alamos laboratorium (New Mexico), over dit onderwerp. Aangezien het waarneembare heelal zeer groot is, namelijk opgebouwd uit circa  $7 \times 10^{22}$  sterren, (waarvan 100 à 200 miljard in onze eigen melkwegstelsel) en ook al een behoorlijke leeftijd heeft (13.8 miljard jaar) lijkt het vreemd dat uitgerekend alleen hier intelligente wezens zijn. Misschien is dat ook wel niet zo, maar "Waar zijn ze dan?", vroeg Enrico Fermi zich af. Deze korte vraag suggereert dat we eigenlijk al bewijzen van buitenaards leven hadden moeten vinden, zoals sondes, ruimtevaartuigen, nederzettingen, ruimteafval, sporen van mijnbouw, en radiuitzendingen. Overigens was Fermi niet de eerste die deze paradox onder woorden bracht. Er zijn anderen die er eerder aan gerefereerd hebben zoals Konstantin Tsiolkovsky. Michael H. Hart was de eerste die (in 1975) er uitgebreid op inging er erover publiceerde. Volgens sommigen is de Fermiparadox geen echte paradox en zou het beter een argument genoemd kunnen worden bijvoorbeeld het Hart-Tipler argument. Frank J. Tipler heeft de argumenten van Hart substantieel uitgebreid. Toch wordt in dit artikel vastgehouden aan naam Fermiparadox, omdat deze benaming het meest gebruikt wordt.

In de Fermiparadox wordt ervan uitgegaan dat de aarde een typische planeet is. De omstandigheden die hier tot het ontstaan en de ontwikkeling van leven geleid hebben, zullen statistisch gezien ook op tal van andere aardachtige planeten geheerst hebben. Weliswaar zal de evolutie van het leven een grote variëteit vertonen, maar er hoeft maar op een minuscuul percentage van al die aardachtige planeten een vergelijkbare ontwikkeling van het leven als op de aarde doorlopen te worden, om toch meerdere technologisch geavanceerde beschavingen te geven, mogelijk zelfs binnen ons eigen melkwegstelsel. Bovendien zouden veel van die beschavingen langer de tijd hebben gehad om hun technologie te ontwikkelen dan wij op aarde, want wij zijn daar pas ongeveer twee eeuwen serieus mee bezig. De aanname is voorts dat de meer geavanceerde beschavingen hun sterrenstelsel zullen verkennen of koloniseren, waarbij opgemerkt moet worden dat ook met relatief gewone "langzame" rakettechnologie een typisch sterrenstelsel doorkruisbaar is in 5 tot 50 miljoen jaar, wat op een kosmologische tijdschaal niet heel lang is. Als we interstellaire ruimtereizen binnen ons melkwegstelsel buiten beschouwing laten, zouden we nog signalen vanaf de thuisplaneten van buitenaardse beschavingen kunnen verwachten. Of de aarde een typische planeet is, weten we niet; maar we weten wel dat de zon, een niet heel bijzondere hoofdreeks ster is. Daarmee is ook de chemische samenstelling van ons planetenstelsel niet heel bijzonder. Water, dat beschouwd wordt als een essentiële chemische verbinding voor leven zoals wij het kennen, is verre van zeldzaam en komt in grote hoeveelheden rond tal van sterren voor. De elementen die voorkomen in de moleculen van onze biochemie (voornamelijk koolstof, waterstof, zuurstof, stikstof, fosfor en zwavel) zijn ook niet zeldzaam in ons melkwegstelsel. Van de 116 elementen zijn er 25 biologisch essentieel voor de mens. Dat zijn de 6 genoemde elementen plus calcium, natrium, kalium, magnesium en chloor en daarnaast nog 13 elementen die in geringe hoeveelheden nodig zijn, zoals ijzer en koper. Van die 13 sporenelementen zijn er 6 met een hoger atoomnummer dan ijzer, maar omdat het toch al sporenelementen zijn, is het onwaarschijnlijk dat het geringe voorkomen van deze

elementen elders de ontwikkeling van hogere levensvormen in de weg staat. De elementen zwaarder dan ijzer zijn zeldzamer, omdat deze slechts bij een supernova ontstaan; dat is een ontploffing van een ster die minimaal acht keer zo zwaar is als de zon of een ontploffing die ontstaat door een botsing tussen neutronensterren.

Verder weten we dat het voorkomen van planeten op zichzelf, rotsachtig en klein zoals de aarde of groot en gasvormig zoals Jupiter, niet uitzonderlijk is (integendeel). Er is alleen wel een grote variëteit in soorten planetenstelsels. Zoiets als ons zonnestelsel is nog niet gevonden, maar het exoplaneten-onderzoek staat nog maar in kinderschoenen. Er zijn verder geen aanwijzingen dat de aarde toevallig één van de eerste planeten is waarop intelligent leven ontstaan is. In theorie zouden ook planeten die miljarden jaren ouder zijn dan de aarde al hogere vormen van leven ontwikkeld kunnen hebben. Er zit, afgezien van de leeftijd van 13.8 miljard jaar van het universum, wel een limiet aan de maximale ouderdom van een aardachtige planeet die in staat is om leven te herbergen zoals wij het kennen, omdat een dergelijke planeet moet zijn gevormd uit sterrenstof dat verrijkt is met zwaardere elementen. Het gaat dan om de elementen van koolstof t/m ijzer, en o.a. de meer zeldzame zwaardere radioactieve elementen uranium en thorium die nodig zijn voor langdurig vulkanisme. Dit vereist voorafgaande cycli van vorming en desintegratie van veelal grote (korter levende) sterren. Daarnaast is er onzekerheid over de duur van de Darwinistische evolutie die op aarde tot op heden circa 4 miljard jaar geduurd heeft. Maar we weten niet of dat snel, langzaam, gemiddeld, (of iets unieks nooit eerder opgetreden), is.

Een inschatting van het aantal actieve, technologisch geavanceerde beschavingen in ons melkwegstelsel (N) wordt gegeven door de formule van Drake, die luidt:  $N = R * f_p * n_e * f_l * f_i * f_c * L$ . Waarin R=het aantal sterren dat per jaar geboren wordt in ons melkwegstelsel;  $f_p$ =de fractie van die gevormde sterren die planeten hebben;  $n_e$ =het gemiddelde aantal aardachtige planeten (in staat om leven te herbergen) van die sterren;  $f_l$ =de fractie van die planeten waarop daadwerkelijk leven ontstaan is;  $f_i$ =de fractie van die planeten waarop intelligente beschavingen ontstaan zijn;  $f_c$ =de fractie van die beschavingen die technologisch geavanceerd geraakt is (radiotechnologie en bijvoorbeeld ruimtevaart tot gevolg hebbend); en tenslotte L=de gemiddelde levensduur van die beschavingen uitgedrukt in jaren. Van de eerste drie factoren kunnen redelijke schattingen gemaakt worden: R is ongeveer 2 à 3,  $f_p$  is vrijwel 1 (100%) dat wil zeggen dat het uitzonderlijk is als een ster niet minstens één planeet heeft.  $n_e$  wordt geschat op 0.1 tot circa 0.3. Het gaat dan om kleine rotsachtige planeten die op een zodanige afstand van de ster draaien dat vloeibaar water aan het oppervlak mogelijk is. Eventueel zouden manen ter grootte van de aarde die bijvoorbeeld om een jupiterachtige planeet draaien ook in aanmerking kunnen komen. Buitenbeschouwing gelaten zijn planeten of manen die door ijs bedekt zijn maar door interne warmte bijvoorbeeld tengevolge van getijdenwerking daaronder een oceaan hebben (zoals de jupitermaan Europa), ook hier zou zich leven kunnen bevinden.

Men moet zich wel bedenken dat voor complexer lang geëvolueerd leven dat ook op land kan voorkomen, waarschijnlijk aanzienlijk hogere eisen gesteld moeten worden. Bijvoorbeeld dat de planeet dan om een zonachtige ster moet draaien en niet om een rode dwerg (het meest voorkomende type ster), vanwege gebonden rotatie van de planeet (ten gevolge van getijdenwerking), en meer schadelijke uitbarstingen van energierijke straling die rond een dergelijk systeem te verwachten valt. De meer precieze chemische samenstelling van een zonachtige ster beïnvloedt de ontwikkeling en stabiliteit van zijn energie-emissie in de loop van miljarden jaren en is daarmee ook een factor om rekening mee te houden. Vooral een hoog zuurstofgehalte in een zonachtige ster vertraagt de geleidelijke toename van de helderheid van de ster, en verlengt daarmee de duur waarin een planeet in de bewoonbare zone kan blijven. De aarde heeft nog maar een miljard jaar te gaan voordat ze te heet wordt om leefbaar te blijven door toename van de helderheid van de zon; de zon verandert geleidelijk in een rode reus die uiteindelijk de aarde zal opslokken. Ook wordt wel gewezen op het belang van grote gasreuzen in ruime banen om de ster om de kans op inslagen van meteorieten en ander ruimtepuin op een aardachtige

planeet in een kleinere baan, lager te houden. Interessant is ook de stabiliserende rol van een grote maan rond de planeet op zijn rotatie-as. Ook is nog niet bekend hoe gevoelig het voorkomen van plaattektoniek is met betrekking tot de chemische samenstelling en de meer precieze grootte van de planeet. Vulkanisme en plaattektoniek spelen waarschijnlijk een essentiële rol in het ontstaan en de evolutie van het leven. Het ontstaan van leven is waarschijnlijk gerelateerd aan hydrothermale bronnen en plaattektoniek brengt voor het leven allerlei nuttige mineralen naar het oppervlak, en heeft daarnaast een klimaatregulerende werking omdat juist in tijden van een warm klimaat veel kooldioxide door naar het oppervlak gebrachte gesteenten opgenomen wordt. Voor vulkanisme en plaattektoniek die miljarden jaren kunnen voortduren moeten in de planeet voldoende radioactieve stoffen aanwezig zijn, die de daarvoor extra benodigde warmte leveren, maar ook weer niet te veel, anders zou het vulkanisme weer te destructief zijn. Water is een essentiële stof voor leven zoals wij het kennen, maar te veel water zou er voor kunnen zorgen dat de gehele planeet bedekt is door diepe oceanen met alleen bij de polen, ijskappen; op zo'n planeet kan zich geen landleven ontwikkelen. Andere factoren zijn bijvoorbeeld het magnetisme van de planeet, en de atmosfeer waarvan stikstof of een ander inert gas het hoofdbestanddeel zou moeten zijn. De vraag is eigenlijk hoe aardachtig een planeet moet zijn om meer of minder complex leven te kunnen herbergen, even buiten beschouwing gelaten dat er in theorie ook nog totaal afwijkend leven kan bestaan op niet aardachtige planeten.

De overige factoren in de formule van Drake kunnen we nog niet inschatten, daarmee kan je eigenlijk niets zinnigs zeggen over het aantal actieve beschavingen (N). Drake zelf kwam tot een schatting van 20 tot 5000000, maar eigenlijk is de vergelijking van Drake een aantal bruggen te ver.

Het is al ingewikkeld genoeg om überhaupt leven te vinden buiten de aarde, zodat een poging gedaan kan worden om fl uit de formule van Drake in te schatten. We staan echter aan de vooravond van een project dat een reële kans maakt om hier in te slagen. We konden al exoplaneten ontdekken met de Keplersatelliet. Indien een planeet precies tussen de bijbehorende ster en onze waarnemingspositie heen trekt, leidt dat tot een minuscule dip in de helderheid van de ster die meetbaar is (onder voldoende gunstige omstandigheden). Met de James Webb Space Telescope (JWST) wordt het mogelijk om tijdens de passage van een planeet langs zijn ster de samenstelling van de exoplaneet atmosfeer te bepalen uit spectrometrische gegevens, dit wordt ook mogelijk met de alternatieve 'direct-imaging' techniek (o.a. met de in aanbouw zijnde European Extremely Large Telescope (E-ELT) in Chili). Met name een sterk zuurstofsignaal (of eigenlijk ozonsignaal, zuurstof zelf is onzichtbaar in het infrarood) zou indicatief zijn voor leven. Hoewel zuurstof ook langs een anorganische manier in een exoplaneet atmosfeer kan komen, is het onwaarschijnlijk dat het zich tot een hoog percentage kan opbouwen, omdat het een reactief gas is. Indien er op een planeet fotosynthetische cellen voorkomen wordt er constant zuurstof aangemaakt en kan de concentratie hoog oplopen.

De vergelijking van Drake kan vereenvoudigd worden als alleen een schatting van het aantal planeten waarop leven voorkomt, of voorgekomen is, (L), gemaakt wordt, namelijk  $L=A*n*fl$  waarin A=aantal sterren, n=de fractie van die sterren die een rotsachtige planeet in de bewoonbare zone hebben (een aardachtige) en fl=de kans op het ontstaan van leven op een aardachtige planeet. De kans dat er buitenaards leven is (of geweest is in een planetenstelsel dat nog steeds bestaat), wordt daarmee:  $pL=1-(1/e)^L$  (voor  $A*n$ =heel groot). Bijvoorbeeld als de kans op leven op een aardachtige planeet gelijk is aan 1 gedeeld door het aantal aardachtige planeten in het universum dan bedraagt pL 63%.

De Fermiparadox kan langs drie argumentaties opgelost worden. Ten eerste: we zoeken niet goed genoeg en ook nog maar heel kort en we zijn, gerelateerd daaraan, ook nog maar heel kort zichtbaar als technologisch geavanceerde beschaving. Ten tweede: intelligent leven dat over geavanceerde technologie beschikt, is zeldzamer dan we geneigd zijn om aan te nemen. Ten derde: intelligent leven heeft (vooral in een verder stadium van ontwikkeling) de eigenschap dat het geen contact wil, specifiek met ons niet of met geen enkele beschaving buiten het eigen gebied.

## 1) We zoeken niet goed genoeg en ook nog maar heel kort

Er valt wel wat voor te zeggen dat we nog niet goed gezocht hebben naar tekenen van aliens en ook nog maar ruim een halve eeuw met geavanceerde hulpmiddelen; de eerste operationele radiotelescoop dateert pas van 1937. De voornaamste systematische poging om tekenen van aliens te vinden is het SETI-project (Search for Extra Terrestrial Intelligence). Met radiotelescopen wordt geprobeerd communicatiesignalen van buitenaardse beschavingen te detecteren, tot nu toe zonder succes. Hoewel het project redelijk bekend is, is het tamelijk bescheiden van opzet. Wel kan geconcludeerd worden dat het niet wemelt van buitenaards radioverkeer dat voor ons detecteerbaar is. Voor ons eigen radioverkeer valt de tendens op, voor een waarnemer ver weg, dat het lastiger is te detecteren en te herkennen dan in de beginfase. Het gebruik van schotelantennes en ontvangers, heeft het mogelijk gemaakt om met bescheiden signaalvermogen meer gericht tussen twee locaties te communiceren. Met de huidige modulatie-techniek die digitaal van aard is geworden, is bovendien het decoderen van het signaal en daarmee de herkenning van het signaal als intelligente communicatie, alleen mogelijk met een compatibele ontvanger. Daarom is het zo dat SETI zich alleen richt op herkenbare radiocommunicatie namelijk AM en FM. Het is aannemelijk dat buitenaardse beschavingen (voor zover die er zijn) een soortgelijke evolutie in radiotechnologie door gemaakt hebben, zodat er maar een korte periode is (zeg maar een eeuw) waarin detectie niet zeer problematisch is. Eventuele signalen van planeten waar zich aliens bevinden, zullen sowieso erg zwak zijn, door de grote afstand tussen zender en ontvanger, tenzij (opzettelijk) gericht en met heel grote vermogens uitgezonden wordt. We kunnen dit enigszins ondervangen door veel en grote radiotelescopen te gebruiken, en door te luisteren in een zeer nauwe frequentieband, dit laatste beperkt overigens dan weer de mogelijkheid om informatie uit het signaal te halen. Een reusachtige radiotelescoop op de achterkant van de Maan (weg van aardse stoorzenders) zou helpen, maar ligt buiten de financiële mogelijkheden van SETI. Al met al mag van SETI voorlopig niet verwacht worden dat ze normale radiocommunicatie in andere sterrenstelsels (minimaal miljoenen lichtjaren ver) kan vinden, hooguit alleen op gunstige locaties binnen ons eigen melkwegstelsel; een radio of televisie uitzending van de aarde zou met een typische aardse radiotelescoop slechts tot circa 0.3 lichtjaar afstand detecteerbaar zijn.

Er wordt ook wel met de gedachte gespeeld om zelf opzettelijk sterke radiosignalen de ruimte in te sturen om zo onze aanwezigheid aan eventuele aliens kenbaar te maken. Dit toekomstige project staat bekend onder de naam METI (De 'Searching for' uit SETI is vervangen door 'Messages to'). Er zijn redenen om aan te nemen dat het een onverstandige actie zou zijn (waarover later meer). De kritiek op METI is o.a. dat de initiatiefnemers de rest van de mensheid niet om hun mening of goedkeuring gevraagd hebben. Overigens zijn er al eens opzettelijk berichten de ruimte ingestuurd als een poging tot communicatie met aliens, bijvoorbeeld de Ariceboboodschap. Dit gebeurde in 1974 vanaf de Aricebo radiotelescoop in Puerto Rico, en omvatte een frequentie gemoduleerd bericht (2380 Mhz) gestuurd in de richting van de grote Herculesbolhoopcluster (M13) die op een afstand van circa 25000 lichtjaar van de aarde ligt. In het bericht waren gegevens over ons getalstelsel, chemische elementen, DNA, en een grafische voorstelling van de mens, het zonnestelsel en de radiotelescoop, gecodeerd. De Ariceboboodschap was meer bedoeld om te laten zien waar men toen technisch toe in staat was, dan een serieuze poging tot communicatie.

Andersom is het ook mogelijk om radiocommunicatie zo goed als ondetecteerbaar te maken d.m.v. frequentiespreiding. Het signaal is dan voor degenen die onbekend zijn met de manier waarop het signaal is verspreid over meerdere frequenties, niet uit de ruis te halen. Daarnaast valt er over te speculeren of aliens misschien sterke bronnen van natuurlijke radio- of andere elektromagnetische straling, zoals pulsars, gebruiken voor communicatie. De boodschappen van aliens staan dan als het ware in de sterren geschreven. Mogelijk worden signalen gecamoufleerd door het bericht over een relatief lange periode uit te smeren, alleen na langdurige observatie is dat bericht zichtbaar als je

tenminste weet waar je moet kijken. Er is ook wel eens gesuggereerd dat aliens met neutrino's zouden communiceren, die gaan ook met de lichtsnelheid maar hebben veel minder last van obstakels en van de detectie hebben mensen nog niet veel kennis. Het nadeel van elektromagnetische straling (en neutrino's) blijft, ondanks dat het het snelste middel is om te communiceren voor zover wij weten, dat het voor het overbruggen van interstellaire afstanden toch traag is. Via kwantumverstreming is het mogelijk om deeltjes instantaan te beïnvloeden onafhankelijk van hun onderlinge afstand, dus sneller dan het licht. Het is volgens onze inzichten echter niet mogelijk om op deze manier informatie te verzenden.

Gerelateerd aan het gegeven dat de mensheid zelf nog maar heel kort radiotelescopische waarnemingen doet, is de slechts zeer recente zichtbaarheid van radiostraling vanaf de aarde, voor anderen. Pas vanaf 1895 zijn we bezig met het uitzenden van radioberichten; deze berichten zijn nu pas in een straal van 122 lichtjaar van de aarde terecht gekomen, wat kosmologisch gezien een haarbreedte is. Het is daarom goed denkbaar dat aliens nog niet de kans hebben gekregen om te weten dat op de aarde een technologisch geavanceerde beschaving is ontstaan, laat staan dat ze al actie ondernomen hebben om die beschaving nader te onderzoeken. Het is meer aannemelijk dat het aliens al veel eerder opgevallen is dat de aarde waarschijnlijk een planeet is met hoger ontwikkeld leven. Via telescopische waarneming aan onze atmosfeer is namelijk al honderden miljoenen jaren zichtbaar dat er veel zuurstof in onze atmosfeer zit. Het kan zijn dat aliens nooit een missie naar de aarde hebben gestuurd omdat ze dergelijke planeten ook dichterbij kunnen vinden. Of ze hebben het wel bijzonder genoeg gevonden voor een missie, laten we zeggen 100 miljoen jaar geleden. Zij hebben dan de aarde bezocht in het tijdperk van de dinosauriërs, en zijn ooit met interessant onderzoeksmateriaal huiswaarts gekeerd. Anderzijds als planeten met een hoog zuurstofgehalte in de atmosfeer erg zeldzaam zijn, zullen zij gemiddeld zo ver van elkaar verwijderd zijn dat zelfs aliens met de meest geavanceerde technologie ze niet telescopisch vanaf hun thuisplaneet kunnen identificeren als planeten met hoger ontwikkeld leven. De aarde zou dan door aliens waarschijnlijk alleen gevonden kunnen worden door systematische verkenning met ruimtevaartuigen van ons melkwegstelsel.

Het is daarnaast niet erg plausibel dat aliens zichzelf op een presenteerblaadje aan ons bekend maken. Maar zelfs al zou een stel aliens bij een willekeurige aardbewoner aanbellen voor een bezoekje (na een verder onopvallende landing op de aarde gevolgd door een onopvallend vertrek), dan zal die willekeurige aardbewoner niet snel geloofd worden dat ie inderdaad een stel aliens op bezoek heeft gehad. Overigens is het wel mogelijk dat aliens gebruik maken van Bracewell-sondes. Bracewell-sondes zijn veronderstelde ruimtevaartuigen (uitgerust met kunstmatige intelligentie) die de ruimte verkennen met als doel radiocontact te leggen met andere beschavingen als zij deze op kleine afstand zijn genaderd. Het voordeel van deze aanpak is dat er geen grote vertragingen zijn in de radiocommunicatie omdat de signalen dan geen astronomisch grote afstanden tussen zender en ontvanger, hoeven af te leggen. Andere hypothetische ruimtevaartuigen die we al dicht bij de aarde zouden kunnen verwachten zijn Von Neumann sondes. Von Neumann sondes zijn bedoeld om de ruimte te verkennen, en zij doen dat door zichzelf tijdens de reis te repliceren, gebruikmakend van onderweg gevonden grondstoffen. Door dit proces van replicatie is ons gehele melkwegstelsel doorkruisbaar al in circa 5 miljoen jaar. Het is potentieel een gevaarlijke technologie omdat de replicatie uit de hand zou kunnen lopen en dan moeilijk is om te repareren; de sondes zouden dan een soort ratten van het universum worden. Aliens zouden daarom terughoudend kunnen zijn om dit soort technologie te gebruiken, anderzijds is er maar één geniale gek voor nodig om het wel te doen, als het tenminste technisch mogelijk is.

Wat hebben we verder gedaan om aliens te vinden? Af en toe zijn er UFO meldingen geweest waarvan de meest serieuze nader zijn onderzocht. Er zijn toch geen overtuigende bewijzen gevonden dat aliens te maken hadden met deze UFO's. Er is daarnaast hier en daar wat gekeken in ons zonnestelsel, bijvoorbeeld op de Maan en op Mars als onderdeel van missies die niet specifiek tot doel hadden om aliens te vinden. Maar er zijn tot nu toe geen nederzettingen, ruimteafval, sondes of iets anders van

aliens gevonden (laat staan de aliens zelf). Het zou dan gaan om zaken zoals ze volgens onze verbeelding over aliens, zouden moeten zijn (en dat is vooral geïnspireerd op ons zelf). Het kan best zijn dat op slechts 500 miljoen km van de aarde een snelweg ligt van aliens. Met grote regelmaat schieten daar ruimtevaartuigen ter grootte van een personenauto met 10% van de lichtsnelheid voorbij. We zouden er waarschijnlijk niets van merken, tenzij we toevallig in de buurt gaan observeren of de gebruikte rakettechnologie zichzelf verradert (bijvoorbeeld door de emissie van gammastraling).

Hoe zouden we dan wel buitenaardse beschavingen kunnen vinden? Met superkrachtige ruimtetelescopen die de zon als gravitatielens gebruiken zouden exoplaneten tot op enkele honderden lichtjaren hier vandaan rechtstreeks in beeld gebracht kunnen worden als een klein schijfje. Als we nu aan de nachtzijde van zo'n schijfje lichtjes zien, dan is dat waarschijnlijk de verlichting van aliens, hoewel misschien zijn het wel zwermen vuurvliegjes. Als het licht spectrometrisch onderzocht wordt, kan mogelijk wel de conclusie getrokken worden of het de verlichting van aliens is; bijvoorbeeld LED-verlichting heeft kenmerken die afwijken van natuurlijk licht. Behalve ozon, zouden ook moleculen zoals CFK's in exoplaneet atmosferen gedetecteerd kunnen worden. Dit soort kunstmatige chemische stoffen zijn vrijwel zeker tekenen van een beschaving (maar wel een onverstandige beschaving die snel van die CFK's af zou moeten raken). Er is ook wel gesuggereerd dat geavanceerde beschavingen in hun groeiende behoefte aan energie, megaconstructies rond een ster zullen maken om zoveel mogelijk stralingsenergie van de ster op te vangen. Dit worden ook wel Dysonzwermen genoemd. Dergelijke Dysonzwermen zouden fluctuaties in de helderheid van de ster kunnen veroorzaken die we vanaf de aarde met bijvoorbeeld de Keplersatelliet kunnen detecteren. De ster KIC8462852 is een ster op circa 1280 lichtjaar van de aarde die sterke fluctuaties in helderheid vertoont. Natuurlijke processen kunnen daar een verklaring voor zijn, maar men is er nog niet uit wat dan precies; een Dysonzwerm kan niet helemaal uitgesloten worden. In het algemeen kan gesteld worden dat het buitengewoon moeilijk is om ondubbelzinnige tekenen van aliens te vinden ook al zijn zij niet zeldzaam in ons melkwegstelsel, tenzij aliens bepaalde slordigheden begaan zoals het achterlaten van afval, de gebruikte raket- en communicatietechnologie duidelijke sporen achterlaat of aliens (opzettelijk) hun aanwezigheid kenbaar maken.

Als we naar aliens zoeken, dan zoeken we in de eerste plaats naar wezens die op ons lijken, dat wil zeggen die ongeveer of precies dezelfde biochemie hebben; daarom is de zoektocht naar aliens vooral eerst een zoektocht naar aardachtige planeten waar die biochemie mogelijk is. Andere aliens met een geheel andere biochemie of interne orde, kunnen niet uitgesloten worden, maar zullen in hun voorkomen voor ons als levensvorm onherkenbaar kunnen zijn. We zouden die aliens wel indirect kunnen herkennen aan hun (superieure) technologie, tenzij we die door zijn vreemde aard ook voor ons verborgen blijft. Onder aliens kun je ook bepaalde kunstmatige intelligentie die ze zelf gemaakt hebben verstaan. Het is goed mogelijk dat dat de slimste aliens zijn. Nu al zie je in onze maatschappij voorbeelden van kunstmatige intelligentie die ons in een bepaald opzicht overtroffen heeft (bijvoorbeeld schaakcomputers en navigatieapparatuur). Het is overigens nog lastig om leven goed te definiëren. We herkennen het leven zoals we het zelf gewend zijn gemakkelijk zowel macroscopisch als microscopisch; maar zouden bijvoorbeeld een zich voortplantende storm of een lopend vuurtje niet ook al levensvormen kunnen zijn, en zo nee waarom dan niet?

De aliens die in sciencefiction films te zien zijn, lijken vaak op mensen of dieren zoals ze hier op aarde voorkomen, dit uit gemakzucht, gebrek aan fantasie of om de kijkers toch iets herkenbaars te bieden. Het is ook wel goed denkbaar dat in de evolutie van het leven de zelfde oplossingen gekozen worden, zodat buitenaards leven met ongeveer de zelfde biochemische basis als hier, opmerkelijk veel overeenkomsten in uiterlijk zal vertonen. Bijvoorbeeld een mens uitgerust met drie benen lijkt niet handig, er zit een zekere ratio achter dat de mens 2 benen heeft. Maar misschien schiet onze verbeelding wel te kort en is er een veel grotere rijkdom aan levensvormen. Een wat meer vreemde levensvorm zou een intelligente zwerm van vliegende cellen die draadloos communiceren, kunnen zijn.

Zo'n zwerm zou motorisch heel vaardig kunnen zijn en iedere gewenste vorm kunnen aannemen. Er valt ook te denken aan een in zee levende soort die technologisch geavanceerd is geraakt, laten we zeggen een octopusachtige. Deze veroverd dan het land in rijdende aquaria. En op een gegeven moment kunnen ze in hun rijdende aquaria, met raketten de thuisplaneet verlaten.

Tot nu toe is er wel enigszins gezocht naar aliens, vooral via het SETI-project maar heel groots is het nog niet aangepakt, misschien wel terecht. Want waarom zouden we eigenlijk gaan zoeken naar aliens? Als we gaan zoeken naar aliens op hun thuisplaneten, dan kunnen we met onze huidige technologie niet naar ze toe en ook niet met ze communiceren, binnen de levensduur van één of zelfs meerdere generaties onderzoekers, vanwege de astronomisch grote afstanden die dan overbrugd moeten worden. Als de aliens al bij ons in de buurt zijn (op de aarde zelf of er vlak bij), dan lopen ze kennelijk niet met hun aanwezigheid te koop. Gezien de technologische voorsprong die ze vermoedelijk zullen hebben, zouden ze het makkelijk moeten hebben om voor ons verborgen te blijven. En als er helemaal geen aliens zijn, of alleen miljoenen lichtjaren ver weg, dan valt er aan de zoektocht ook weinig eer te behalen. De mensen die naar aliens zoeken, zouden misschien beter eens contact kunnen zoeken met andere wezens dan aliens, zoals hun burens één deur verder, mochten ze die niet eens kennen. Maar uit nieuwsgierigheid willen we natuurlijk toch weten of er aliens zijn, en er zit ook een veiligheidsaspect aan. Als wij begluurd worden door aliens die daarvoor voor ons onbekende motieven hebben, dan moeten we daar eigenlijk meer van weten.

## 2) Aliens zijn zeldzamer dan we geneigd zijn aan te nemen

Een tweede oplossing voor de Fermiparadox is de veronderstelling dat aliens veel zeldzamer zijn dan we geneigd zijn aan te nemen. Misschien bestaan aliens wel in het geheel niet en is de aarde met al zijn complexe levensvormen en de mens als intelligent en zelfbewust wezen, uniek. Aan aardachtige planeten is geen gebrek, maar we weten om te beginnen al niet of het vanzelfsprekend is dat daar altijd of meestal, leven op ontstaat. Het is nog altijd niet begrepen hoe het leven op aarde kon ontstaan. Het proces waarbij op een planeet (of maan) leven uit anorganische en eenvoudige organische verbindingen ontstaat heet abiogenesis. In theorie kan microscopisch leven op aarde ook ooit kant en klaar zijn komen aanwaaien (waarbij het probleem waar het dan wel is ontstaan naar elders verschoven is), maar abiogenesis is de meest voor de hand liggende theorie over het ontstaan van het leven. De oudste ééncellige levensvormen die nu nog bestaan, namelijk de bacteriën en de archaea, die op één of andere manier een gemeenschappelijke voorouder gehad moeten hebben, zijn al complexe biochemische fabriekjes. Een eenvoudige cel bevat al verschillende soorten complexe organische moleculen. Er is het zelf-replicerende DNA (of RNA) dat een polymeer is van nucleotiden, hiermee bewaart de cel informatie over zijn eigen constructie. Een nucleotide bestaat uit een suiker (desoxyribose in DNA en ribose in RNA) met fosfaatgroep(en) en een nucleobase. DNA is een dubbele spiraal die bijeengehouden wordt door waterstofbruggen tussen specifieke paren van (een viertal) nucleobasen, en is robuuster (en daarmee veiliger als vorm van informatieopslag) dan het enkelstrengs RNA dat meer complexe structuren vormt. RNA komt in diverse varianten in een cel voor, en speelt bijvoorbeeld als mRNA een rol bij het overbrengen van genetische informatie uit DNA die de eiwitsynthese regelt. Eiwitten (ook wel polypeptiden genoemd), zijn polymeren die zijn opgebouwd uit aminozuren. Een belangrijke rol van eiwitten, die complexe driedimensionale structuren vormen, is het katalyseren van tal van chemische reacties. De celmembranen worden gevormd door (fosfo)lipiden die de cel ook zelf maakt. De benodigde energie komt van energierijke chemische verbindingen in de omgeving van de cellen. De eerste bacteriën en archaea gebruikten geen zuurstof, dat was zelfs giftig voor ze, bovendien was er toen nauwelijks zuurstof. Circa 1 miljard jaar na het ontstaan van de eerste levensvormen hebben de bacteriën (zoals de cyanobacteriën) een manier gevonden om de energie uit het zonlicht te halen om daarmee zelf energierijk waterstof te maken uit water (fotosynthese) met zuurstof als restproduct. Later

ontwikkelde de zuurstofproducerende micro-organismen een resistentie tegen het giftige zuurstof en kon de concentratie van dit gas hoger oplopen. Toen er eenmaal meer zuurstof beschikbaar werd, ontwikkelde andere micro organismen een manier om het zuurstof te gebruiken voor de verbranding van koolhydraten. Al het tot nu toe bekende leven is zoals hierboven geschetst, waarbij de eiwitten allemaal gevormd zijn uit (een twintigtal) linksdraaiende aminozuren, en DNA/RNA uit rechtsdraaiende suikers. Er zijn geen aanwijzingen dat het leven op meerdere plaatsen op aarde onafhankelijk van elkaar ontstond waarbij afwijkende bouwstenen werden gebruikt. Maar dit kan wel gebeurd zijn, alleen zijn daar geen sporen meer van als al dit andere minder succesvolle leven, netjes is opgegeten door het overheersende leven met volledig overeenkomstige biochemie. Het moet dan wel over de mechanismen hebben beschikt om vreemde onverteerbare moleculen te transformeren tot wel bruikbare voedingsstoffen.

Verondersteld wordt dat aan de Darwinistische evolutie van het leven een chemische evolutie van moleculen vooraf is gegaan. Aan het molecuul RNA wordt een belangrijke rol toegeschreven omdat dit molecuul zelfreplicerend is en ook nog eens als katalysator kan dienen voor zichzelf. Naast zelfrePLICATIE speelt ook zelforganisatie van moleculen een cruciale rol. De zelforganisatie leidt tot de specifieke driedimensionale structuur van eiwitten, (fosfo)lipiden en RNA/DNA die van essentieel belang zijn voor hun biochemische functie. Het is interessant om te speculeren over andere moleculen die ongeveer het zelfde kunnen als die van onze biochemie. Van biochemische moleculen die precies het spiegelbeeld zijn van de onze (rechtsdraaiende aminozuren en linksdraaiende suikers) valt te verwachten dat die het net zo goed doen. Maar er zijn misschien ook wel alternatieve polymeren die ook zelfreplicerend kunnen zijn en alternatieve moleculen voor katalyse en membraanconstructie. Dit alternatieve leven kan het best gezocht worden op de aarde, namelijk in de laboratoria van chemici die zich met dit onderzoek bezig houden. Het is voorstelbaar dat er alternatief leven kan bestaan dat krachtig genoeg is om ander ontluikend leven in de kiem te smoren, maar zelf toch chemisch niet geraffineerd genoeg is om door te kunnen groeien tot hogere meercellige organismen; dit zou slecht zijn voor de kans op het ontstaan van aliens.

Sommige biologen denken dat de eerste levensvormen op aarde zijn ontstaan in hydrothermale bronnen circa 4 miljard geleden op een geologische tijdschaal niet lang nadat zich de oceanen op aarde gevormd hadden. In deze bronnen waren kooldioxide en waterstof als uitgangsstoffen voor handen. Bovendien was er door de botsing van alkalisch water met het neutrale oceaanoewater, een natuurlijke gradiënt van protonen. Iets wat de vroegste levensvormen al tussen de binnen en buitenkant van hun celmembraan creëerde, als drijvende kracht achter tal van biochemische reacties. Hoe de eerste levensvormen dan precies zijn ontstaan blijft onduidelijk, en er zijn ook wel andere theorieën over. Het is al met al niet vanzelfsprekend dat zulke complexe chemie zomaar ontstaat op een willekeurige aardachtige planeet.

Een volgende belangrijke stap in de evolutie van het leven, was het ontstaan van eukaryoten pas ongeveer een miljard jaar na opkomst van de eerste fotosynthetische bacteriën. Eukaryoten bevatten organellen, dat zijn kleine subcellen met specifieke functies binnen een grotere omhullende cel. Zij zouden zijn ontstaan door een fusie van bacteriën en archaea, die door sommige biologen wordt gezien als een zeer onwaarschijnlijke speling van de natuur. Vooral het ontstaan van het organel dat bekend staat als de mitochondriën was een grote doorbraak. De mitochondriën zijn de energiecentrales van een cel die het mogelijk maakten dat de cel groter werd, en die ook de weg opende naar meercellige organismen, die overigens pas honderden miljoenen jaren later ontstonden. Maar ook een organel als de chloroplast (bladgroenkorrel) was een grote doorbraak, hiermee werd de weg geopend naar het ontstaan van algen en planten. Met de meercelligen ontstonden bovendien langzamerhand gespecialiseerde groepen cellen, en daarmee organen, zintuigen en later zoiets als het centraal zenuwstelsel. Een andere belangrijke ontwikkeling was het ontstaan van seksuele voortplanting, waarmee op een meer gecontroleerde manier genetische variatie gecreëerd kon worden zonder de



noodzaak van enkel mutaties in het DNA van individuen. Hierna volgden nog een aantal belangrijke revoluties zoals de Cambrische explosie van circa 542 tot 488 miljoen jaar geleden (van bijna alle stammen van de meercellige dieren zijn de vroegste fossielen uit deze periode afkomstig), de opkomst van landleven vanaf circa 400 miljoen jaar geleden (mogelijk gemaakt door de toegenomen atmosferische zuurstofconcentratie die het ontstaan van een UV-beschermende ozonlaag tot gevolg had), gevolgd door een aantal massa-extincties zoals de bekende massaextinctie waarbij de grote dinosauriërs circa 65 miljoen jaar geleden uitstierven. Het voert te ver om hier op in te gaan, maar het is duidelijk dat al deze met elkaar samenhangende stappen gezamenlijk wel eens een erg lage waarschijnlijkheid zouden kunnen hebben. En dan is er nog de merkwaardige opkomst van de mens. Pas een paar miljoen jaar geleden ontstonden de eerste mensachtigen. De moderne mens (*Homo sapiens*) dateert slechts van de laatste tweehonderdduizend jaar. Het grootste deel van zijn bestaan was *Homo sapiens* een onopvallende jager/verzamelaar. Pas de laatste tienduizend jaar is de mensheid zich met landbouw gaan bezighouden en ontstonden de eerste steden. En de opkomst van geavanceerde technologie is pas van de laatste twee eeuwen. (En nu pas, de zomer van 2017, wordt dit artikel over aliens geschreven).

Daar valt tegen in te brengen dat er wel meer wegen naar Rome zouden kunnen zijn, namelijk alternatieve evolutionaire routes die ook tot intelligente wezens zouden hebben geleid. Die intelligente wezens hoeven niet noodzakelijk aapachtige zoogdieren te zijn, misschien had een boomslingerende dino ook ooit wel kunnen doorevolueren tot een intelligente soort, vanzelfsprekend is dat echter niet. Dit alles overziend hoeft het niet verbazingwekkend te zijn als de kans op het ontstaan van aliens wel eens aanzienlijk kleiner is dan 1 gedeeld door het aantal aardachtige planeten in ons melkwegstelsel.

Anderzijds zou die kans ook wel wat groter kunnen zijn. Misschien ontstaat het leven wel makkelijk op aardachtige planeten met oceanen en vulkanische activiteit, en is het in grote lijnen identiek aan onze biochemie. De daarop volgende Darwinistische evolutie verloopt weliswaar langzaam, maar het is voorstelbaar dat op voldoende stabiele planeten na vier miljard jaar redelijk gegarandeerd complexe meercellige organismen ontwikkeld zijn. Dat vervolgens ook technologische geavanceerde beschavingen ontstaan, zal zeldzamer zijn, maar het zou binnen ons melkwegstelsel toch nog wel eens kunnen gebeuren. Het is echter goed mogelijk dat het typisch is voor technologisch geavanceerde beschavingen dat ze maar kort (bv slechts enkele eeuwen) bestaan. Zij zouden wel eens met grote waarschijnlijkheid aan hun eigen succes ten onder kunnen gaan, ofwel zelfvernietigend zijn, waarbij een terugval tot pre-industriële samenlevingen plaatsvindt of zelfs uiteindelijk het uitsterven van de intelligente soort. Als dit zo is, dan is het aantal actieve technologisch geavanceerde beschavingen juist vanwege hun geringe gemiddelde levensduur klein (zie de formule van Drake) en is de kans op contact met andere beschavingen gering, ook omdat die beschavingen maar weinig tijd hebben om het universum met hun geavanceerde technologie te verkennen. Overigens kunnen ook natuurlijke rampen de duur van een beschaving beperken. Te denken valt aan rampen zoals een uitbarsting van supervulkanisme, het inslaan van een grote meteoriet, een uithaal van een extreme zonnevlam of de vernietigende straling van een supernova of gammaflits. De tijdschaal waarop dit soort rampen plaatsvinden ligt echter in de orde van miljoenen jaren, terwijl de opkomst van technologisch geavanceerde beschavingen waarschijnlijk eerder ligt in de orde van duizenden jaren. Een mogelijke uitzondering daarop is een extreme uitbarsting van zonneactiviteit die krachtig genoeg is om alle elektronica op een planeet plat te leggen, maar het grootste gevaar lijkt toch zelfvernietiging te zijn. Mocht een technologisch geavanceerde samenleving niet zelfvernietigend zijn, dan is die waarschijnlijk doorgroeit tot een hyperontwikkelende samenleving die een heel ander karakter heeft gekregen (waar ik in het volgende hoofdstuk op terug kom). Maar een samenleving die eeuwen/millennia lang blijft voortmodderen op het huidige niveau, is moeilijk voorstelbaar. Het lijkt wel een wetmatigheid dat hoe verder een samenleving ontwikkeld is, hoe korter die kan bestaan in zijn huidige vorm.

Wat je in onze samenleving ziet is dat met de opkomst van geavanceerde technologie, een enorme groei in menselijke populatie en energieconsumptie, optreedt. We noemen onszelf intelligent, maar we lossen de problemen die met de groei samenhangen zoals de uitstoot van het broeikasgas kooldioxide, andere vervuiling, de opbouw van massa-vernietigingswapens, en in de nabije toekomst misschien slecht ontworpen (onveilige) computercode en kunstmatige intelligentie, mogelijk niet snel genoeg op. Eerder nog dan onze eigen teloorgang gaat de explosieve groei van de mensheid voorlopig vooral ten koste van ons natuurlijk habitat, dat zijn we in rap tempo aan het transformeren zijn tot een gecultiveerde dierentuin met teruglopende biodiversiteit. Wat dat betreft lijkt wat wij aan het doen zijn op een massaextinctie die in de evolutie van het leven op de aarde al een paar keer eerder plaatsvond. Paradoxaal genoeg is het economische groeimodel dat hoogwaardige technologie, veel welvaart (hoewel niet voor iedereen) en een miljarden tellende bevolking opleverden, een teken van primitiviteit. Planten en dieren die wij primitief noemen, doen het zelfde, namelijk opportunistisch zelf zo talrijk en wijd verbreid worden als maar mogelijk is (alleen bij 'primitieve' planten en dieren was altijd sprake van een min of meer subtiel evenwicht). De nadelen van groei in menselijke populatie, energie- en grondstofgebruik zijn ten eerste dat het extra gevaar oplevert voor het ontstaan van conflicten en ten tweede dat het leidt tot onaangename drukte-verschijnselen (bijvoorbeeld in het verkeer of in gebieden die de mensen juist bezoeken voor de rust) en ten derde dat het kan leiden tot stressverschijnselen die samen hangen met de gigantische productie- en afvalstromen (vervuiling, erosie, uitputting, ziektes etc.). De stressverschijnselen kunnen weliswaar met technologie grotendeels opgelost worden, maar zolang de groei doorgaat, komen nieuwe problemen voor de oude in de plaats. Een ramp dreigt als er een keer voor een bepaald probleem geen technische oplossing gevonden kan worden. Maar het gaat niet alleen om het vinden van technische oplossingen, er moet ook voldoende politieke wil zijn. Tegenwoordig bestaat de mensheid nog steeds uit concurrerende groepen (samenhangend met de aard van de jagers/verzamelaars uit de oertijd, die nog altijd in ons brein huist). Hierdoor is het moeilijk om tot een gezamenlijk beleid te komen waarin niet telkens de ene groep het bord van de andere groep leeg probeert te eten. Anderzijds is een keten van telkens nieuwe technologische uitdagingen, een goede stimulans voor steeds verdere kennisontwikkeling. Maar een echt intelligente beschaving zou zo'n stok achter de deur niet nodig moeten hebben. Zo'n beschaving zou eerder kiezen voor een stabiele en bescheiden populatie te midden van rijke ecosystemen van andere levensvormen.

Maar om terug te komen op het onderwerp van dit hoofdstuk, als aliens zeldzaam zijn, dan zou het best kunnen dat de eerst volgende beschaving die ooit verder ontwikkeld is dan die van ons, ver buiten ons eigen sterrenstelsel ligt, miljoenen lichtjaren hier vandaan. Het is goed mogelijk dat ondanks hun hogere graad van technologische ontwikkeling zij toch stuiten op bepaalde fysische limieten zoals de snelheid van het licht. In SF boeken wordt wel eens gespeculeerd over reizen via wormgaten, Alcubierre warpdrive of rakettechnologie waarbij de lichtsnelheid heel dicht benaderd wordt, maar dit zou wel eens in de praktijk onmogelijk kunnen zijn. De meest realistische van deze methoden lijkt het dicht benaderen van de lichtsnelheid. Dit vereist heel veel energie en daarmee een rakettechnologie zoals materie-antimaterie aandrijving die nu bijvoorbeeld voor ons nog lang niet haalbaar is (wij zitten nog in het stadium van rakettechnologie door middel van chemische verbranding en hebben kernfusie nog niet eens onder de knie). Maar er zitten daarnaast wel een paar nadelen aan deze methode. Ten eerste werkt de tijddilatatie waardoor relatief snel gereisd kan worden alleen voor de inzittenden van de raket en niet voor de achterblijvers (die asymmetrie ontstaat omdat de ruimtereizigers in tegenstelling tot de thuisblijvers een versnelling ondergaan hebben). Ten tweede veroorzaakt een ruimteschip dat dicht tegen de lichtsnelheid vliegt, behoorlijk veel wrijving en extreme straling door interactie met de kosmische achtergrondstraling en interstellair waterstof, die schadelijk (zeg maar gerust dodelijk) is voor mensen en elektronica. Er wordt wel gesuggereerd dat de interstellaire materie met een gigantische trechter zou moeten worden opgevangen om vervolgens als energie voor de voortstuwing te dienen,

maar hoe die materie, die aanvankelijk de voortstuwing juist zou moeten remmen, zo kan worden gemanipuleerd dat die het omgekeerde gaat doen, is onduidelijk. Overigens zou een raket die tegen de lichtsnelheid vliegt voor waarnemers op de aarde, o.a. een karakteristieke locale verstoring van de kosmische achtergrondstraling te zien geven in het terahertz tot infrarode frequentiegebied (iets wat nog niet door astronomen is waargenomen).

Als slechts met een laag percentage van de lichtsnelheid gereisd kan worden, dan duurt het al eeuwen tot duizenden jaren om de dichterbij gelegen sterren uit het eigen sterrenstelsel te bereiken. Het is voorstelbaar dat aliens geweldig goede doktoren hebben. Zij zouden alle ziektes onder de knie hebben, veroudering kunnen tegen gaan, en zelfs de volwassenen decennia kunnen laten verjongen. Daarmee zouden ze zo goed als onsterfelijk zijn. Die (bijna) onsterfelijkheid kan ook bereikt worden via mind uploading. Daarmee wordt iemands actuele brein inclusief herinneringen als een reservekopie opgeslagen in een computersysteem ergens in een extreem beveiligde opslagplaats. Mocht die persoon tijdens een ruimtereis dood gaan, dan is er nog de reservekopie van zijn brein waarmee die persoon kan voortleven. Het lichaam is dan iets wat je kiest zoals wij onze kleding kiezen. Als je onsterfelijk bent is het niet zo erg om duizenden jaren in een raket te zitten, als die raket tenminste voldoende beschermd is tegen kosmische straling en eventuele andere gevaren. Om de tijd te doden zouden ze een heleboel goede (of slechte) films kunnen bekijken afgewisseld door periodes met kunstmatige slaap, gymlessies, virtuele realiteit en af te toe toch eens even uit het raam kijken. Een alternatief voor deze manier van reizen is het vooruit sturen van ruimteschepen bestuurd door kunstmatige intelligentie, naar de gewenste exoplaneten, waarna de aliens zelf (althans de informatie waaruit hun brein bestaat) via mind uploading worden overgestraald (met de lichtsnelheid) naar die planeten (voor zover die techniek ooit van de tekentafel komt). Op die manieren zouden aliens hun eigen sterrenstelsel kunnen koloniseren. Maar om dan ook nog eens naar andere sterrenstelsels te gaan zou wel eens een brug te ver kunnen zijn. Dat betekent een reisduur van al gauw 1000 keer zo lang (de gemiddelde reisduur tussen twee naast elkaar gelegen bewoonbare planeten binnen een sterrenstelsel versus de gemiddelde reisduur tussen twee bewoonbare planeten tussen twee buursterrenstelsels), om alleen nog maar meer sterren en planeten te bezoeken, waarvan ze er al miljarden binnen het bereik van hun eigen sterrenstelsel hebben, dat voegt vermoedelijk te weinig toe. Dit soort aliens zal ons waarschijnlijk niet via ruimtevaart bereiken, en voor ons verborgen blijven, ook al omdat eventuele huishoudelijke radiosignalen van dit soort beschavingen te zwak zullen zijn voor detectie, vanwege de grote onderlinge afstand. Anderzijds is het voorstelbaar dat aliens zodanig van alle gemakken zijn voorzien in hun raket, dat ze er zich volledig thuis voelen en daarom wel extreem lange reizen kunnen maken ook naar andere sterrenstelsels. Maar als zij zich zo thuis voelen in hun raket, hoeven ze eigenlijk ook niet te verhuizen naar een planeet. De vraag is wat dan eigenlijk het doel van de reis was; misschien alleen maar om wat rond te kijken; dit soort aliens zouden dan gewoon toeristen zijn. Je hebt dit soort toeristen ook op de aarde, namelijk mensen die op hun vakantiebestemming nauwelijks uit hun caravan of camper komen, zodat je je afvraagt waarom ze niet gewoon thuis zijn gebleven.

Je kunt je daarnaast afvragen of het wel zo vanzelfsprekend is dat, indien de beschikbare ruimtevaarttechnologie het toelaat, aliens een groot percentage van de bewoonbare planeten van hun sterrenstelsel, zullen koloniseren. Zij zullen misschien een aantal reserveplaneten willen hebben, om hun voortbestaan niet in gevaar te laten komen door een ramp die de oorspronkelijke thuisplaneet zou kunnen treffen, maar waarom zou je verder meer ruimte in beslag nemen dan nodig is? Ongeremd bewoonbare planeten in beslag nemen voor de eigen soort(en), waar zich al leven had ontwikkeld of waar het op het punt stond zich te ontwikkelen, leidt tot een soort monocultuur, die de diversiteit van het leven in het algemeen aantast. Dit is iets wat bijvoorbeeld door biologen veroordeeld wordt. Nu is niet gezegd dat alle aliens daar ook zo over denken maar het zou een tamelijk universele overweging kunnen zijn. Een paar alinea's terug kwam bovendien al aan de orde dat ongebreidelde bevolkingsgroei, onverstandig is. Ver ontwikkelde beschavingen zullen op dat gebied ook wel eens verstandig geworden

kunnen zijn, en streven naar een bescheiden en stabiele populatie. Eén en ander sluit niet uit dat er toch nog wel onverstandige beschavingen kunnen bestaan die wel onbesuisd willen doorgroeien ook door middel van interstellair koloniseren. Daarbij kan de typische pioniersmentaliteit dat als men niet zelf de beschikbare ruimte in beslag neemt een ander het wel doet, een rol spelen. Overigens lost het koloniseren van andere planeten waarschijnlijk eventuele overbevolking op de thuisplaneet, niet op. Want aangenomen mag worden dat ruimtevaart naar andere planeten voorbehouden zal zijn aan een kleine elite. Als de lichtsnelheid een beperkende factor blijft in transport en communicatie, zal het ook moeilijk zijn om een echt multiplanetair imperium te vormen. Koloniën op verschillende planeten zullen namelijk al snel het contact met de thuisplaneet kunnen verliezen of niet erg gemotiveerd zijn om het te behouden, en vervolgens van elkaar vervreemden. Uiteindelijk kunnen de koloniën zich zelfs tegen het imperium keren, en met elkaar in conflict komen. Ook vergroot koloniseren de kans dat het territorium van andere intelligente wezens geschonden wordt, met opnieuw conflict tot gevolg. Deze overwegingen kunnen een reden zijn om maar een beperkt aantal planeten (maar wel intensief gecontroleerd), te koloniseren. Maar misschien is dat niet haalbaar en zullen nakomelingen van kolonisten op de eerste nieuw bewoonde reserveplaneten op een gegeven moment ook zelf eigen planeten gaan ontdekken (en bewonen), en blijkt controle van de autoriteiten op de oorspronkelijke thuisplaneet om dat tegen te houden niet mogelijk. De potentieel meest interessante planeten bevinden zich waarschijnlijk in de meeste gevallen in de middelste zone van het galactische vlak. Planeten dicht bij het galactische centrum lopen meer risico op kosmische rampen door de hogere waarschijnlijkheid van hoog energetische verschijnselen zoals gammaflitsen en supernova's; planeten ver van het galactische centrum zijn gemiddeld armer aan zwaardere elementen en daarom minder geschikt voor complex leven. Dit betekent dat kolonisatie globaal in twee tegenovergestelde richtingen (linksom en rechtsom) langs de galactische schijf door de middelste zone zal lopen, waarbij de kolonisten die linksom gaan uiteindelijk in de buurt van de rechtsomgaande kolonisten kunnen komen aan de andere kant van het sterrenstelsel. In het geval van ons melkwegstelsel gezien vanaf de aarde, zal de ene exploitatierichting aanvankelijk liggen in het sterrenbeeld Cassiopeia en de andere tegenovergesteld ongeveer in het sterrenbeeld Carina (Kiel). Een dergelijke kolonisatie hoeft niet erg intensief te zijn; het geschikt maken van een planeet voor permanente bewoning zou wel eens een moeizame operatie kunnen zijn. Als de links- en rechtsomgaande kolonisten gezamenlijk éénmaal de gehele galactische schijf rond gegaan zijn, zouden zij er de voorkeur aan kunnen geven om bij elkaar op bezoek te gaan in plaats van nieuwe planeten te gaan koloniseren.

Het is ook mogelijk dat aliens besluiten niet zelf fysiek naar andere bewoonbare planeten (waar nog geen tekenen van leven zijn) te reizen, maar slechts de sporen van hun eigen biochemie te transporteren naar die planeten en de rest over te laten aan de daarop volgende Darwinistische evolutie. Zo'n onderneming is (met uitzondering van enkelvoudige experimenten) echter weinig aannemelijk, omdat de resultaten vele miljarden jaren op zich zullen laten wachten, wat zelfs voor ver ontwikkelde aliens langdurig is, waarbij ook de uitkomst onzeker is want de evolutie zou wel eens tegenvallende levensvormen kunnen opleveren. Bovendien zullen aliens mogelijk juist extra geïnteresseerd zijn in leven dat zelfstandig op exoplaneten ontstaat; hun eigen biochemie kennen ze wel. Als het gaat om overleven zal het daarnaast vooral gaan om het overleven van hun civilisatie. De aantrekkingskracht van interstellaire kolonisatie (of ruimtereizen in het algemeen), zal toch vooral liggen in de daadwerkelijke beleving van verse nieuwe planeten met schitterende natuur en landschappen. Maar mogelijk hebben aliens zelfs dat niet nodig omdat ze dat (deels) met virtuele realiteit veel goedkoper thuis, op een dichtbij gelegen dode planeet, of in een speciaal ruimteschip kunnen creëren. Overigens wordt volgens de schaal van Kardasjov de mate waarin een beschaving zich technologisch ontwikkeld heeft, afgelezen aan de hoeveelheid energie die ze aan haar omgeving onttrekt (onder het motto hoe meer hoe beter). Of de groei in energieconsumptie hand in hand gaat met een alsmaar toenemende bevolking of dat die groei ergens anders voor nodig is, wordt er niet bijgezegd. Waar het

goed voor zou zijn om alsmat te groeien is niet duidelijk. Voor het geluk van een individu zou het niet uit hoeven maken om deel uit te maken van een populatie van een miljard of bijvoorbeeld miljard in het kwadraat.

Als sommige aliens wel over de technologie beschikken om bijvoorbeeld via wormgaten, warpdrive of dicht tegen de lichtsnelheid, te reizen, dan zouden ze ook snel hier kunnen komen. Maar zeker als dit soort technologisch geavanceerde beschavingen zeldzaam is, kun je je afvragen of de kans dat ze uitgerekend hier komen, wel zo groot is. Het aantal bestemmingen dat deze aliens kunnen kiezen is immers duizelingwekkend groot. Het argument dat het grote aantal mogelijke bestemmingen de kans op een ontmoeting laag houdt, geldt vooral als de betreffende aliens incidentele reizigers zijn en geen systematische kolonisten. Aliens die door extreme verbuiging van de ruimte/tijd (zoals in wormgaten) snelle ruimtereizen maken, zijn ook tijdreizigers. Dit geldt ook voor klassieke ruimtereizigers die met een hoog percentage van de lichtsnelheid reizen. Zij reizen naar de toekomst omdat hun tijd aanzienlijk trager loopt dan op de achtergelaten of te bezoeken planeten, volgens de speciale relativiteitstheorie van Einstein. Reizen naar het verleden is op basis van de algemene relativiteitstheorie niet uit te sluiten, (het zou o.a. exotische negatieve energie vereisen), maar lijkt nog minder haalbaar dan reizen naar de toekomst. Omdat deze aliens naar de toekomst reizen, kunnen ze er voor kiezen om planeten waarvan de beschaving in hun ogen in een oninteressante of onaantrekkelijke fase verkeert, maar even niet te bezoeken. Hierdoor kunnen aliens niet alleen in ruimte maar ook in tijd zeldzaam zijn.

### 3) Aliens willen geen contact met ons

Een derde oplossing voor de Fermiparadox is de veronderstelling dat aliens niet noodzakelijk zeldzaam zijn maar geen contact met ons willen. De aliens die contact met ons zouden kunnen leggen, zullen waarschijnlijk technologisch en maatschappelijk verder ontwikkeld zijn dan wij. Weliswaar is het met ouderwetse technologie al mogelijk om een radioboodschap naar een exoplaneet te sturen, maar heel serieus wordt deze techniek door ons ook niet genomen, o.a. omdat je zo lang moet wachten op een eventueel antwoord. Om wel serieus contact te kunnen leggen zouden de aliens zelf naar ons toe moeten komen met ruimteschepen, of ze zouden het kunnen uitbesteden aan sondes die uitgerust zijn met kunstmatige intelligentie. Dit vereist een technologisch niveau dat wij nog niet bereikt hebben. Er is een aantal redenen te bedenken waarom aliens hier überhaupt sondes of ruimteschepen naartoe zouden sturen. Ten eerste zouden ze dat kunnen doen om de aarde te koloniseren of als toeristen, wetenschappers of medewerkers van geheime diensten tijdelijk te bewonen of te verkennen. Voor zo ver wij weten is dit nog niet gebeurd. Het kan wel dat aliens hier al zijn of in het verleden geweest zijn, maar zij zijn er dan goed in geslaagd om niet op te vallen (of dit was niet eens nodig omdat de mensheid nog niet bestond). Aliens zouden er voor kunnen kiezen om niet op te vallen door zich te vermommen als mensen. Een collega van Fermi, de Hongaar Leó Szilárd maakte daarover de opmerking dat de mensheid deze aliens inderdaad al kende, namelijk als Hongaren. Een reden om zich te vermommen of verborgen te houden, kan zijn dat ze ons geen schrik willen aanjagen of omdat ze onze cultuur niet willen beïnvloeden voor een authentieke ervaring van het leven hier op aarde. Dit kun je vergelijken met menselijke onderzoekers die bijvoorbeeld in het amazonewoud een natuurfilm maken, waarbij ze camouflagetechnieken gebruiken om de dieren zo min mogelijk te verstoren en hun gedrag zo natuurgetrouw mogelijk, vast te leggen. Het is ook goed voorstelbaar dat aliens niet met veel minder ontwikkelde wezens, wat mensen in hun beleving waarschijnlijk zijn, willen communiceren, omdat ze er het nut niet van inzien. Net zo als wij bijvoorbeeld niet proberen te communiceren met mieren. Het kan ook zijn dat ze niet met ons willen communiceren uit minachting over ons gedrag en onze maatschappij in het algemeen. Bovendien, als ze wel met ons gaan communiceren, dan hebben aliens daar waarschijnlijk geen baat bij, sterker nog, het is een risico. Zodra wij weten dat er aliens op aarde zijn, is de kans groot dat wij ze gaan lastig vallen, bijvoorbeeld dat we ze gaan bevragen over hun technologie.

Zij zullen uit veiligheidsoverwegingen hun superieure technologie waarschijnlijk liever voor zichzelf houden. Als je van plan bent die technologie geheim te houden, kun je maar beter ook je hele aanwezigheid geheim houden. Met hun technologische voorsprong zal het voor aliens ook niet zo moeilijk zijn, om daar in te slagen. Een andere reden voor aliens om zich niet bekend te maken kan zijn dat zij vijandige of ongestuvige reacties in het algemeen, vrezen. Daar valt tegen in te brengen dat aliens met een superieure technologie waarschijnlijk niets van ons te vrezen hebben, waarom zouden zij zich dan verbergen? Het kan zijn dat als aliens (of hun kunstmatige intelligentie) zich fysiek op de aarde begeven, zij toch, ondanks hun technologische voorsprong, bepaalde kwetsbaarheden hebben, die zij willen beperken door incognito te opereren. In de ruimte zijn zij mogelijk voor ons moeilijk te zien omdat hun raket- en communicatietechnologie voor ons geen of slecht waarneembare sporen achterlaat. Een ander punt is, dat wat ze over ons willen weten ze niet aan ons hoeven te vragen, daar zijn ze uit observatie en onderzoek waarschijnlijk al lang achter. Een vrijblijvend gesprek tussen een mens en een bezoekende alien die zichzelf niet verhuult, zou wel eens een onaangenaam karakter kunnen hebben. De mens zal denken dat de alien niet duizenden lichtjaren heeft afgelegd om over koetjes en kalfjes te praten en dat er achter de ontmoeting wel een verborgen agenda zal zitten. De alien moet toezien dat zijn boodschap en eventuele cadeaus met een terecht wantrouwen tegemoet getreden worden. Het is wel mogelijk dat een open kaart spelende alien en een mens een leuk gesprek hebben, een alien hoeft namelijk niet altijd geheel rationeel te handelen. De kans op zo'n gesprek is echter het groots als beide partijen het gesprek voor zichzelf houden, de alien moet dan het psychologisch inzicht hebben om een mens met het daarvoor juiste karakter, aan te spreken.

Als aliens bewoonbare planeten in ons melkwegstelsel willen koloniseren, kan het zijn dat ze de aarde daarvoor niet geschikt vinden omdat die al bewoond wordt door zeer veel hogere levensvormen. Er kunnen ethische bezwaren zijn om die levensvormen in gevaar te brengen door er zelf te gaan wonen, maar er kunnen ook praktische bezwaren zijn. Het kan bijvoorbeeld eenvoudiger zijn om een planeet te koloniseren waar nog geen leven is, of waar slechts microscopisch leven is. Deze overwegingen sluiten aan op de zogenaamde dierentuinhypothese. De dierentuinhypothese stelt dat de aarde deel uitmaakt van een reservaat in ons melkwegstelsel dat door aliens bewust met rust gelaten wordt, net zoals dat geldt voor natuurreservaten zoals die door mensen op aarde zijn opgericht. Er is wel handhaving nodig om zo'n reservaat te kunnen afdwingen; dit zou nog wel eens lastig kunnen zijn zeker als er ter plekke verschillende soorten aliens actief zijn. Er hoeft er maar één lak te hebben aan de regels en over de middelen te beschikken om de handhaving te omzeilen, om er voor te zorgen dat het reservaat geschonden wordt. Misschien is het ook wel meer plausibel als aliens voor zichzelf goede redenen hebben om hun aanwezigheid niet aan ons kenbaar te maken.

Een tweede reden voor aliens om naar de aarde te komen kan zijn dat ze iets van ons gedaan willen krijgen, bijvoorbeeld dat ze handel met ons willen drijven. Het is echter moeilijk voorstelbaar wat dat kan zijn. Grondstoffen en dergelijke kunnen aliens eenvoudig dichterbij huis vinden. Kunstwerken die ze als souvenir naar huis willen meenemen, hoeven ze niet van ons te kopen, die kunnen ze met hun superieure technologie kopiëren. Als het echt iets bijzonders is, kan het inderdaad gekocht of gestolen worden; om het te kopen kunnen aliens als truc weer de menselijke vermommening inzetten. Het kan ook zijn dat ze ons willen helpen met problemen in onze samenleving. Dit kan ook weer zonder zichzelf bekend te maken. Maar misschien is het wel naïef om te denken dat ze ons willen helpen, omdat het wel begrijpelijk is als aliens van mening zijn dat we onze problemen zelf moeten oplossen of dat ze ons zelfs zien als potentiële toekomstige concurrenten. Verder zou je kunnen zeggen, dat het nogal onbeleefd is van aliens om hier wel aanwezig te zijn, maar zich niet bekend te maken. Als aliens zich al iets van onze opvattingen over beleefdheid zouden aantrekken, kunnen er hogere belangen zijn. Zo zal een welopgevoede spion ook niet uit beleefdheid zeggen dat ie een spion is.

De mogelijkheid dat aliens wel op of nabij de aarde vertoeven maar zichzelf verborgen houden, geeft voeding aan de theorie dat sommige UFO-waarnemingen toch te maken hadden met de aanwezigheid

van aliens. Aliens kunnen af en toe foutjes gemaakt hebben waardoor hun ruimtevaartuigen wel zichtbaar zijn geweest voor aardbewoners. Het kan ook zijn dat ze een keer expres de camouflage hebben uitgezet om ons te laten schrikken. 's Avonds zitten ze dan met chips en bier lachend voor de TV naar onze nieuwsuitzending over die UFO-melding te kijken. Dit sluit ook aan bij de complottheorie dat overheden bewijzen over de aanwezigheid van aliens geheim houden bijvoorbeeld om maatschappelijke onrust te voorkomen.

Een andere mogelijkheid is dat aliens de aarde bewust niet bezoeken hoewel ze misschien wel vermoeden dat er leven is (via telescopische waarneming van onze atmosfeer-samenstelling, vanaf hun thuisplaneet). Dit kan te maken hebben met een negatief uitgevallen kosten/baten analyse van lange interstellaire reizen. Sommige aliens mogen dan technologisch verder ontwikkeld zijn dan wij, het is goed voorstelbaar dat zij toch stuiten op bepaalde technische problemen in de ontwikkeling van hun ruimtevaart. In hoofdstuk 2 kwam de mogelijk onoplosbare beperking van de lichtsnelheid al aan de orde, waardoor alleen relatief langzame ruimtevaart met slechts een fractie van de lichtsnelheid voor handen is. In combinatie met andere beperkingen, vooral met betrekking tot allerlei gevaren van het ruimtereizen voor de aliens zelf, kan het zijn dat ruimtereizen naar andere sterren zeer kostbare en moeizame ondernemingen blijven. Misschien blijft bemande ruimtevaart daarom wel beperkt tot hun eigen planetenstelsel. Mogelijk is men nog wel voldoende gemotiveerd om met enkele onbemande missies uitgerust met kunstmatige intelligentie ons melkwegstelsel te verkennen, dat zou echter te weinig kunnen zijn om de aarde in ons huidige tijdperk te bezoeken. Dat laatste vereist waarschijnlijk dat de aarde ter plekke miljoenen jaren lang in de gaten zou zijn gehouden; het zou immers wel erg toevallig zijn als een missie van aliens net aan komt vliegen in de paar eeuwen dat hier een geavanceerde beschaving ontstaat (bedenk dat aliens tot op ruim 100 lichtjaar van de aarde aan niets kunnen zien dat hier een technologisch geavanceerde beschaving is ontstaan). De veelheid aan vergelijkbare ontdekkingen op de planeten die wel uitgebreid onderzocht zijn, of het gebrek aan belangwekkende ontdekkingen op exoplaneten in het algemeen, kan er toe bijdragen dat de motivatie om verder te zoeken verdwijnt. Ook kan het zijn dat via mind-uploading relatief goedkoop en veilig tussen een aantal vaste locaties gereisd kan worden, terwijl het ontdekken en exploiteren van nieuwe locaties daarmee vergeleken duur en risicovol is. Nieuwe exploitatie kan daarom mogelijk op een gegeven moment helemaal tot stilstand komen.

In hoofdstuk 2 kwam al aan de orde dat het aannemelijk is dat een technologisch geavanceerde beschaving of vrij snel aan zijn eigen succes ten onder gaat (omdat het de problemen samenhangend met de enorme groei in energie, grondstofgebruik en bevolkingsaantal niet tijdig kan oplossen) of doorgroeit tot een hyperontwikkelde samenleving die een heel ander karakter heeft dan onze huidige samenleving. Dit heeft er mee te maken dat technologie voorbij een bepaald stadium van ontwikkeling steeds meer invloed krijgt op allerlei facetten van de maatschappij maar ook op de bewoners zelf; het gaat dan o.a. om bepaalde medische doorbraken, de exponentiële groei van de rekenkracht van computers en de ontwikkeling van kunstmatige intelligentie. Mensen (of aliens) zouden hierdoor een enorme levensduur kunnen krijgen en voorzien kunnen zijn van implantaten die ze een ongekend geheugen en intelligentie geven. Het zou van mensen behalve cyborgs ook een soort goden maken, die zelf gaan bepalen wat ze willen gaan willen. Dit zou tot een technologische singulariteit kunnen leiden. Een technologische singulariteit is het eindpunt van een stroomversnelling in technologische ontwikkeling die een zodanig ingrijpende invloed heeft op degenen die het ondergaan, dat wij niet kunnen bevatten waartoe het zal leiden. Dit is misschien wel een verontrustend vooruitzicht, want wij zouden wel eens iets kunnen worden waar we nu totaal niet achter zouden staan. Als een maatschappij eenmaal in een technologische singulariteit is beland, zou zij wel eens (om voor ons onbekende redenen) voor ons onzichtbaar geworden kunnen zijn. Dit zou verklaren waarom we zo weinig van aliens merken; zij zijn of vrij pril in hun ontwikkeling (net als wij) en nog maar kort bezig met ruimtevaart en andere verkenning van het heelal, of hun maatschappij is in verval geraakt waardoor zij hun

geavanceerde technologie zijn kwijtgeraakt, of zij zijn doorgroeid tot een hyperontwikkelde samenleving die mogelijk zelfs in een technologische singulariteit is beland, die voor ons onzichtbaar is. Het is nogal speculatief om aan te nemen dat mensen of aliens in een technologische singulariteit zullen belanden, maar er is wel wat te zeggen over de manier waarop een hyperontwikkelde samenleving voor ons onzichtbaar zou kunnen worden. Indien een samenleving zich steeds verder technologisch ontwikkelt en ze ook de problemen van de bevolkingsgroei weet op te lossen, krijgt ze steeds meer controle over haar omgeving en hoeft ze zich ook niet uit te breiden. De technologische ontwikkeling leidt er ook toe dat er steeds betere amusementstechnieken en mogelijkheden tot het beleven van virtuele realiteiten ontstaan. De aantrekkelijkheid hiervan kan zo groot worden, dat zo'n samenleving in zichzelf gekeerd raakt, en haar belangstelling voor exploitatie van de ruimte verliest. Waar wij eerst af en toe een bordspelletje speelden en met niet al te veel passie een pionnetje verplaatsten, worden wij misschien zelf wel de pionnetjes die met vurige passie in een spannend spel zijn terecht gekomen dat qua echtheid niet van onze huidige werkelijkheid is te onderscheiden. Achter dit spel zit een kunstmatige intelligentie die de touwtjes in handen heeft. Dit is een scenario dat enigszins doet denken aan de film de Matrix. Maar ook als we niet opgezogen worden door aantrekkelijke virtuele realiteiten, is het aannemelijk dat kunstmatige intelligentie steeds meer invloed krijgt. Eerst zal computerkracht nog vooral gebruikt worden voor productieprocessen en informatieverwerking. Later als kunstmatige intelligentie in opkomst gekomen is, zal het ook meer beleidsmatige en zelfs politieke beslissingen, kunnen gaan nemen. Wij zullen nu misschien zeggen dat we dat niet moeten toestaan, maar het vertrouwen in het vermogen van kunstmatige intelligentie kan sterk groeien, en men kan het overdragen van de macht aan kunstmatige intelligentie gaan zien als een noodzakelijke stap om te overleven. Als het eenmaal zo ver is, zal het ook wel eens gedaan kunnen zijn met de imperialistische neigingen van de mensheid (of aliens) en zal zij voorzichtiger en meer in zichzelf gekeerd zijn. Dit soort beschavingen zouden miljoenen jaren of misschien zelfs wel miljarden jaren lang kunnen bestaan. De vraag is waar de bewoners hun dagen (of liever gezegd hun millennia) mee slijten. Zouden ze niet eens levensmoe worden van hun spelletjes (als dat is waar ze hun heil in hebben gezocht) ? Of willen ze misschien wel niet eens onsterfelijk zijn, omdat ze beseffen dat sterven noodzakelijk is om het leven spannend te houden?

Beschreven werd al het argument dat hoog ontwikkelde wezens niet met laag ontwikkelde wezens communiceren, net als mensen niet communiceren met mieren. Toch is dit niet helemaal waar als je bijvoorbeeld oorlogshandelingen ook rekent tot communicatie. De houding van mensen ten opzichte van mieren is in het vriendelijke geval die van een geïnteresseerde onderzoeker en in het onvriendelijke geval die van een pestende verstoorder of zelfs een verdelger. Het is niet ondenkbaar dat we moeten vrezen dat we van aliens juist de laatste soort communicatie mogen verwachten. Aliens kunnen makkelijk in ons een potentiële bedreiging zien, gezien onze gewelddadige staat van dienst in termen van oorlogen, mishandeling en ook slechte behandeling van andere diersoorten. Aliens die zelf ook agressief zijn, kunnen tot de conclusie komen dat het maar het beste is als de mensheid vernietigd wordt voordat ze ook een probleem wordt buiten haar eigen thuisplaneet. Deze aliens hebben zelf mogelijk een gewelddadige geschiedenis gehad met tal van oorlogen. Uiteindelijk hebben ze een maatschappijvorm gevonden waarin oorlog is uitgebannen (of alleen maar gevoerd hoeft te worden tegen veel zwakkere tegenstanders) en het laatste dat ze willen, zijn hernieuwde oorlogen maar dan met aliens. Iedere kans op zo'n oorlog zouden ze in de kiem kunnen smoren door in een stadium dat de aliens nog niet echt gevaarlijk zijn, ze te vernietigen. De vraag is dan waarom de vernietiging van de mensheid nog niet plaats gevonden heeft. Mogelijk hebben de agressieve en op vernietiging beluste aliens ons nog niet gevonden, we zijn tenslotte pas vanaf het einde van de 19<sup>de</sup> eeuw bezig met het uitzenden van radioberichten; deze berichten zijn nu pas in een straal van ruim 100 lichtjaar van de aarde terecht gekomen, wat kosmologisch een minuscule afstand is. Het kan ook zijn dat er zoiets bestaat als de rechten van de aliens, analoog aan mensenrechten. De dominante beschaving van aliens



kan afgesproken hebben dat andere agressieve aliens pas vernietigd mogen worden als hun samenleving een zodanig hoog technologisch niveau heeft, dat zij op het punt staat een concrete bedreiging te vormen; tot die tijd wordt zij uit alien-lievendheid met rust gelaten. Het kan ook zijn dat ze ons niet willen vernietigen maar assimileren tot hun eigen soort, ook dat is een manier om ons uit te schakelen. Deze gedachte komt o.a. terug in de startrek SF serie. Bekend is de quote: "We are the Borg. Your biological and technological distinctiveness will be added to our own. Resistance is futile." Hun motieven om ons te assimileren kunnen ook nobeler zijn. Zij willen mogelijk uit een soort zendingsdrang dat wij deel uitgaan maken van iets groters, dat zij vertegenwoordigen. Mogelijk zijn er ook aliens die meer vredelievend en terughoudend zijn; zij zouden geen contact met andere aliens willen uit angst voor ongewenste vijandigheden, besmetting met onbekende ziektekiemen, computervirussen of gewoon omdat ze er niet in geïnteresseerd zijn. In dit licht bezien, is het goed verdedigbaar om terughoudend te zijn met het versturen van radioboodschappen, om onze aanwezigheid in het heelal rond te bazuinen. Het was sowieso al moeilijk uit te leggen waar dat goed voor zou kunnen zijn. Angst voor aliens is begrijpelijk en deze angst wordt vreemd genoeg gevoed door de Fermiparadox zelf. Als er buitenaardse beschavingen zijn, zal waarschijnlijk voor een deel van die beschavingen of misschien wel voor al die beschavingen, gelden dat ze ook zoiets kennen als de Fermiparadox. Al die aliens zitten dan met de vraag waarom andere aliens nog geen contact gelegd hebben met hen en waarom zij dan het initiatief zouden moeten nemen om wel als eerste contact te maken. Zij zullen net als in dit artikel verschillende hypothetische verklaringen bedenken, en één daarvan is de gedachte dat het contact leggen met andere aliens kennelijk een niet erg succesvolle onderneming is. Zij die het geprobeerd hebben zijn er niet in geslaagd of het is ze in eerste instantie wel gelukt maar het heeft geleid tot een confrontatie die de motivatie om er mee door te gaan volledig de kop heeft ingedrukt. Het is deze hypothetische verklaring die de angst voor aliens vergroot. Tenslotte is er nog andere verklaring waaruit de onwil van aliens om met ons contact op te nemen zou blijken, namelijk de planetariumhypothese. De planetariumhypothese is in eerste instantie een tamelijk vergezochte variant op de dierentuinhypothese. Aliens zouden ons in de waan laten dat we alleen in het universum zijn door vanaf een zekere straal rondom het zonnestelsel ons op te schepen met een gesimuleerde realiteit die ons het beeld geeft van een universum zonder ander leven. Achter deze gesimuleerde realiteit zou eigenlijk een bruisend universum vol met leven, schuilgaan. Dit scenario doet enigszins denken aan de film 'the Truman show', waarin de hoofdpersoon aanvankelijk zonder het zelf te weten, leeft in een nauw geregisseerde realitysoap en uiteindelijk de confrontatie zal aangaan met de werkelijkheid achter de decorstukken. Misschien is het meer plausibel als aliens er voor gezorgd hebben dat ons hele universum een gesimuleerde realiteit is. Ook hier kan weer gelden dat er opzettelijk voor gekozen is om ons alleen in het universum te plaatsen. Of mogelijk moet de fase waarin daar een einde aan komt nog aanbreken. Het leven is begonnen met zelfreplicerende moleculen en cellen. Daaruit zijn zelfreplicerende meercellige organismen ontstaan die op een gegeven moment zelfbewust en intelligent zijn geworden. De mensheid is vervolgens ook nog eens creatief geworden, door zijn eigen verzinsels te maken. Later is daar nog eens natuurkundige kennis, en geavanceerde technologie bij gekomen. De cirkel zou rond zijn als de mensheid uiteindelijk zorgt voor zelfrepliatie van het gehele universum. Misschien is het ontbreken van tekenen van aliens, juist hun ultieme boodschap, namelijk dat we ze zelf moeten creëren in een zelf te maken universum. Dit is allemaal erg speculatief, en staat eigenlijk ook dicht bij traditionele religie.

## Aanbevelingen voor de mensheid

Voorlopig is de mens nog een nietig verschijnsel dat net toe is aan de vraag of het wel of niet naar Mars zou moeten gaan. Er zijn mensen die zeggen dat we een multiplanetaire soort zouden moeten worden. Dat lijkt nu hoog van de toren geblazen, als je ziet hoe matig we de zaken op onze eigen planeet op orde hebben. Dat we extra planeten nodig hebben om te overleven, is nu ook nog lang niet actueel. Als de aarde getroffen wordt door een ramp is het waarschijnlijk altijd nog een betere plaats om te overleven dan bijvoorbeeld Mars met enkele aardse nederzettingen, dat niet getroffen is door een ramp. Naar Mars gaan om de zelfde reden als we destijds naar de Maan gingen (voor de eer), is misschien wel een spannende expeditie, maar liever geen enkeltje. Waar de mensheid op langere termijn nog wel eens iets aan zou kunnen hebben is een uitgeholde asteroïde van pakweg  $100 \text{ km}^3$  die als ruimteschip gebruikt kan worden (als een soort nooduitgang in ons zonnestelsel). Daarin zou men beschermd zijn tegen kosmische straling en waarschijnlijk weliswaar langzaam maar wel onopvallend kunnen reizen naar andere sterren. In zo'n uitgeholde asteroïde zou kunstmatige zwaartekracht gecreëerd kunnen worden door er een magnetisch geleviteerde ringachtige constructie met een diameter van 4 kilometer in te laten ronddraaien met 500 km/uur voor een gravitatieversnelling van circa  $10 \text{ m/sec}^2$ .

Een andere vraag is of de ontdekking van aliens wel iets is om toe te juichen. De ontdekking van aliens, zeker op of in de buurt van de aarde, zou spectaculair zijn. Maar het zou beter zijn als we in ons melkwegstelsel geen aliens aantreffen. Als we aliens vinden, dan zullen we daar toch op 1 of andere manier rekening mee moeten gaan houden. De kans is vrij klein dat we aliens vinden die in ongeveer de zelfde fase van ontwikkeling zitten als wij; ze zullen waarschijnlijk of aanzienlijk minder geavanceerd zijn (of eigenlijk nog tot het dierenrijk behoren) of juist veel verder doorontwikkeld. Die eerste groep zal ons voorlopig met rust laten en ons ook niet kunnen ontdekken, die zouden we bijvoorbeeld met sondes kunnen bespioneren om meer te leren over hun samenleving, als we tenminste de daarvoor benodigde technologie kunnen ontwikkelen. De tweede groep is er één die op het gebied van ruimtevaart en astronomie veel verder is dan wij; de kans is groot dat zij ons eerder vinden dan wij hun (of dat ze ons al gevonden hebben), hoewel wij het voordeel hebben dat we nog maar kort zichtbaar zijn. Of zij hebben hun belangstelling voor ruimtevaart verloren en hebben zich gestort op heel andere geavanceerde technieken, maar zij zullen dan toch slim genoeg zijn om zichzelf moeilijk vindbaar te maken voor aliens die nog wel aan ruimtevaart doen.

We hebben al ruim een eeuw een mengelmoes van huishoudelijke radiosignalen uitgezonden waaruit onze aanwezigheid blijkt, zodat aliens ons wel kunnen vinden als ze deze hoek van het melkwegstelsel nader gaan onderzoeken met sondes, of (toevallig) al in de buurt zijn. De mengelmoes van aardse radiosignalen is echter op grotere afstand lastig detecteerbaar. Het best detecteerbaar in deze mengelmoes van radiostraling zijn televisie-draaggolven en in de radioastronomie gebruikte sterke gebundelde planetaire radarsignalen. Met een radiotelescoop ter grootte van de Aricebo-telescoop zouden de TV-draaggolven tot 16 lichtjaar zichtbaar zijn, en de met hoog vermogen verzonden gebundelde radarsignalen wel tot tienduizenden tot honderdduizenden lichtjaren. Daarmee zou vooral de laatste categorie radiostraling onze aanwezigheid in het melkwegstelsel (in een verre toekomst) kunnen verraden. Het gaat echter om niet in de diepe ruimte gerichte signalen, zodat ons zonnestelsel dan wel specifiek en met lange observatietijd in de gaten zou moeten worden gehouden. Bovendien zit in die signalen geen informatie; er kan alleen vastgesteld worden dat het waarschijnlijk om artificiële radiobronnen gaat. De opzettelijke signalen die METI wil uitzenden, zijn wel specifiek gericht op geselecteerde sterren, en zouden bovendien voorzien zijn van informatie over de mensheid. Aliens zouden zich hier aan kunnen gaan storen omdat ze kunnen denken dat wij onszelf kennelijk erg belangrijk vinden. Misschien zouden zij zich nog het minst aan die signalen storen, als er alleen maar goede muziek in gecodeerd zit. Het gaat natuurlijk wel om een probleem dat pas op lange termijn zou kunnen gaan spelen. Een hypothetische buitenaardse beschaving 500 lichtjaar van ons verwijderd, moet

nog een kleine 400 jaar wachten voordat de eerste radioruis van de aarde aankomt. Het is mede daarom misschien wel overdreven om de straatverlichting 's nachts uit te doen, de gordijnen te sluiten en radiostilte af te kondigen, omdat sommige aliens met snode plannen ons dan in een verre toekomst niet met (radio)telescopen en gravitatielenzen kunnen vinden (hoewel dit wel de prettige bijkomstigheid zou hebben dat de sterrenhemel weer eens zonder lichtvervuiling aanschouwd kan worden).

Iets anders wat we kunnen doen als we ons melkwegstelsel gaan verkennen, is voorkomen dat we onnodige sporen achterlaten. Want sporen van ruimte-exploitatie en opdringerige sondes in de achtertuin van aliens, zouden ook wel eens hun ergernis kunnen opwekken. Dat betekent dat Bracewell-sondes en vooral von Neumannsondes af te raden zijn. Als we verkenningssondes sturen, dan kunnen deze het best na het veilig terugzenden van de missieresultaten, zichzelf vernietigen of met de opgeslagen missieresultaten terugkeren naar de aarde. Het zou bijvoorbeeld ook een slecht idee zijn om sondes met monsters van menselijk DNA te sturen naar bewoonbare planeten. Je hoeft niet raar op te kijken, dat je dan het DNA retour krijgt, maar dan wel genetisch gemanipuleerd tot iets afschuwelijks (als het uitgebroed zou worden). Vooral als aliens in de gaten krijgen dat wij zelfingenomen veelvraten zijn, die een groot deel van de bewoonbare planeten in het melkwegstelsel willen koloniseren (of er al mee bezig zijn), zouden zij wel eens tot actie over kunnen gaan. Als er geen aliens blijken te zijn in het melkwegstelsel (of alleen maar heel aardige), dan is de voorzichtigheid voor niets geweest, maar dan is het toch goed dat we netjes zijn omgesprongen met de kosmos.

18-10-2017,

Plus enkele kleine toevoegingen t/m december 2017

Mark Copijn

Bronnen: Internet en het boek Aliens (Science asks if there is anyone out there?) ISBN 9781781256817