

Leven op aarde

Het is algemeen bekend dat al het leven op aarde is opgebouwd uit cellen. Sommige levensvormen bestaan uit één enkele cel en andere vormen – waaronder de mens – bestaan uit vele verschillende cellen, elk met een eigen functie.

Bij eencellige organismen denken we aan algen, bacteriën, gisten. Deze organismen kunnen één speciale taak uitvoeren. Een groene algcel bijvoorbeeld neemt (eet) koolzuur en water op en zet dit met behulp van zonlicht om in glucose. Dit proces is eerder beschreven en staat bekend als de fotosynthese. Het komt voor in alle groene plantendelen over de gehele aarde.

Planten zelf echter behoren tot de meercellige wezens.

Een gistcel “eet” suiker en zet deze tot ons groot genoegen om in alcohol.

Nu behoort de gistcel tot de groep van de schimmels, echter niet alle schimmels zijn eencellig.

Paddenstoelen zijn ook schimmels en de paddenstoel vormt slechts een klein deel van dit organisme.

Het grootste deel van deze vorm van leven zit onder de grond en vormt een sterk wijdvertakt netwerk van schimmeldraden. De paddenstoel zelf dient als voortplantingsorgaan.

Bacteriën behoren niet alleen tot de oudst op aarde levende organismen, ze vormen ook verreweg de grootste groep. Ze komen werkelijk overal voor op aarde. Zelfs op plaatsen die zwaar giftig zijn voor alle andere levensvormen, weten zij zich te handhaven. Bacteriën behoren tot de meest eenvoudige (primitiefste) organismen op aarde en zijn vrijwel allemaal eencellig.

Dieren, waaronder de mens, behoren allen tot de meercellige wezens.

Oké, nu hebben we een globale indeling van het leven op aarde, maar daarmee zijn we er nog niet!

Wanneer we over leven praten, doemen er gelijk een aantal vragen op.

Wat is leven?

Hoe is het leven ontstaan?

Komt er alleen op aarde leven voor?

Het antwoord op al deze vragen is niet zo eenvoudig.

Sterker nog, het antwoord op al deze vragen is zo dermate ingewikkeld dat de wetenschap zich hier al duizenden jaren mee bezig houdt. Tot op de dag van vandaag is men nog steeds op zoek naar antwoorden.

De eerste vraag is nog de meest eenvoudige. De volgende alinea geeft een definitie van wat leven is.

Leven is materie die in staat is zichzelf te kopiëren in 2 identieke helften en zich aldus kan vermenigvuldigen, voortplanten.

Die materie kan zich aanpassen aan de omgeving waarin het verkeert en kan daarbij gericht stoffen uit zijn omgeving opnemen om te groeien.

Verder heeft die materie de informatie om te delen en te groeien vastgelegd in een chemisch-elektrische structuur die we genen noemen.

Daarbovenop dient de materie te beschikken over de mogelijkheid om nieuwe genen toe te voegen en zich aldus te ontwikkelen.

Samenvattend komt het erop neer dat leven “iets” is wat kan groeien, wat kan leren zich aan te passen aan de omgeving, wat zichzelf kan ontwikkelen en wat zich kan voortplanten. Dat “iets” is bijvoorbeeld DNA, of de de voorloper daarvan RNA.

RNA is chemisch gezien veel eenvoudiger van opbouw dan DNA en hoogstwaarschijnlijk veel eerder ontstaan in de evolutie van het leven op aarde. Dat wil echter nog niet zeggen dat RNA de eerste levensvorm op aarde was. Enig bewijs hiervan zullen we zo goed als zeker nooit vinden, omdat noch DNA, noch RNA of wat voor andere vorm dan ook niet kan fossiliseren. Dit soort stoffen worden in de natuur in zijn geheel afgebroken, er blijft niets van over.

Nu zijn er heel veel wetenschappers die bestrijden dat DNA (of RNA) leven is. Immers, DNA bevindt zich binnenin de cel en heeft de bescherming van de cel nodig om te overleven.

Zelf stel ik echter een heel andere visie voor. Voor mij zijn DNA en RNA wel degelijk vormen van leven, omdat ze beide voldoen aan de definitie van wat leven is. Daarbij komt dat de celstructuur evolutionair gezien veel later is ontstaan dan tenminste het RNA.

In de volgende hoofdstukken, waarin ik de evolutie van het leven op aarde beschrijf, ga ik hier verder en dieper op in.

De tweede vraag is veel lastiger, want hoe kun je nu zonder voldoende bewijs verklaren hoe het leven is ontstaan? Welnu, ik zal me beperken tot het algemene beeld waarvan de meeste geleerden uitgaan en dat verder uitbreiden met mijn eigen inzichten hierover.

We weten allemaal dat eiwitten de bouwstenen van het leven zijn. Alle eiwitten die op aarde voorkomen zijn opgebouwd uit kleine stukjes die we aminozuren noemen. Alle eiwitten die in een menselijk lichaam van nature voorkomen zijn opgebouwd uit in totaal 20 verschillende aminozuren.

Dan neem ik u nu mee terug naar de samenstelling van de oeratmosfeer van de aarde, na de vorming van de maan en de ontgassing als gevolg van het afkoelen van de aarde.

De lucht bestond uit voornamelijk waterdamp, koolzuur, ammoniak en methaan.

In 1953 bedacht de Amerikaan Stanley Miller een proef die hij als afstudeerproject wilde gebruiken.

Hij vulde een vat met de 4 bovengenoemde gassen en om de bliksem te simuleren, joeg hij hoogspanning door dit mengsel. De bedoeling van dit experiment was om uit te vinden of het mogelijk was, dat bliksemontladingen in de oeratmosfeer ervoor konden zorgen dat uit deze vier gassen aminozuren konden worden gevormd.

En ja hoor, tot ieders stomme verbazing bleken er inderdaad verschillende aminozuren gevormd te zijn. Deze proef, die tegenwoordig bekend staat als "het oersoep experiment", betekende een ommekeer in het denken over het ontstaan van het leven en gaf in ieder geval een gedeeltelijk antwoord op de vraag hoe het leven op aarde is ontstaan.

In dit verband kan ik nog opmerken dat bliksem, of beter gezegd elektrische ontlading, een volkomen natuurlijk verschijnsel is dat optreedt bij elk hemellichaam dat in het bezit is van een dampkring.

Zo hebben ruimtesondes bliksem geconstateerd in de dampkring van Jupiter en Saturnus.

Ook in de dampkring van Titan, een grote planeet die rond Saturnus draait, treedt bliksem op.

Zelfs in de gloeiend hete, ijle dampkring rond de zon vinden elektrische ontladingen plaats die een onvoorstelbaar grote kracht bezitten. Wanneer een dergelijke ontlading plaats zou vinden in onze eigen dampkring, zou al het leven op aarde letterlijk in één klap geroosterd worden.

Over de wijze en de omstandigheden waarop aminozuren zich zijn gaan verbinden tot eiwitten bestaan verschillende geloofwaardige verklaringen. Daarbij gaat men er wel van uit dat dit in het vloeibare water heeft plaatsgevonden, dus niet in de dampkring. Aminozuren lossen namelijk zeer goed op in water en daarbij komt dat eiwitvorming in water veel minder energie kost dan in lucht.

Het is zeer waarschijnlijk dat de diverse beschreven mogelijkheden tot eiwitvorming allen wel hebben plaatsgevonden gedurende de eerste tientallen miljoenen levensjaren van de aarde. Het valt verder buiten het bestek van dit boek om hier dieper op in te gaan, dit boek is immers niet bedoeld als lesboek voor biochemie.

Het oersoep experiment gaf dus een gedeeltelijke verklaring over hoe het leven is ontstaan.

Het resulteerde in een aantal aminozuren. Eiwitvorming vond echter niet plaats.

Dan zijn er het RNA en DNA. Deze moleculen kennen we als de dragers van de erfelijke eigenschappen. Een molecuul is de wetenschappelijke benaming van een chemische verbinding die uit verschillende stoffen of elementen is opgebouwd. Zo bestaat water uit watermoleculen en druivensuiker uit glucosemoleculen.

Op dit punt aangekomen, beperk ik mij nu tot de term DNA als het gaat over de vraag hoe het leven is ontstaan. Feitelijk gaat onderstaande verklaring op voor elk eiwitmolecuul evenals RNA, DNA of alle andere vergelijkbare vormen hiervan.

Om verwarring te voorkomen, en voor de eenduidigheid pas ik alleen nog de term DNA toe in het vervolg van dit verhaal over de gehele evolutie van het leven op aarde.

DNA-moleculen zijn anders opgebouwd dan eiwitten.

Net als eiwitten gevormd zijn uit ketens aan elkaar gekoppelde aminozuren, bestaat een DNA-molecuul ook uit een keten van afzonderlijke stukjes die met een moeilijk woord nucleotiden worden genoemd.

De volgorde waarin deze nucleotiden aan elkaar zitten, bepaalt of je een mens, een aap, een vis of een eikenboom bent.

Deze ketens van nucleotiden kunnen behoorlijk lang zijn. De lengte van de menselijke DNA-keten bedraagt zo'n twee meter. Nu zou je denken dat de mens, als hoogst ontwikkelde levensvorm op aarde, over de langste DNA keten beschikt. Dat is echter niet zo.

Een tulp bijvoorbeeld heeft een DNA-keten van 10 meter lang, een lelie heeft er één van 13 meter en ga zo maar door.

In de "oersoep" zullen steeds meer aminozuren zijn gekomen, steeds grotere hoeveelheden en steeds meer verschillende soorten. Naast deze aminozuren zullen er ook steeds meer andere stoffen zoals nucleotiden in het water terecht zijn gekomen. Immers, bliksem is in staat om zeer vele chemische reacties te veroorzaken. Hoe meer van deze stoffen in het water kwamen, hoe meer van deze stoffen een chemische verbinding met elkaar aangingen. Dit zijn bekende feiten.

De wetenschappers zijn tegenwoordig in staat om heel veel van dit soort ketens te maken in het laboratorium. De vele "synthetische eiwitten" zijn hier een goed voorbeeld van.

Dan heb ik de rol van de zon, of beter het zonlicht nog niet genoemd.

Ook de energie van het zonlicht is in staat om allerlei chemische reacties te veroorzaken.

Denk maar terug aan de fotosynthese. Uit water en koolzuur wordt, onder invloed van zonlicht glucose en zuurstof gemaakt, al minstens 3,5 miljard jaar lang!

Oké, we kunnen er gevoelig vanuit gaan dat er in het water, in de oersoep, een veelheid aan grote moleculen is ontstaan. Lange ketens van allerlei stoffen die zich in chemische zin met elkaar hadden verbonden. Het merendeel zal niet in staat geweest zijn tot reproductie en zal uiteindelijk weer zijn vervallen tot de oorspronkelijke elementen waaruit het was opgebouwd.

Slechts enkelen uit die hele grote massa bleken dat vermogen wel te bezitten.

Om een antwoord te geven op de vraag hoe dat toch mogelijk is, gaan we eerst een andere eigenschap van het DNA-molecuul bekijken.

Naast de chemische structuur en dito eigenschappen beschikt een DNA-molecuul ook over natuurkundige eigenschappen. Meer in het bijzonder, DNA beschikt over elektrische eigenschappen en daarbij neemt DNA een kristalstructuur aan. Deze eigenschappen maken dat het DNA-molecuul over "elektrisch geheugen" beschikt.

Ik leg u dat uit met een computer als voorbeeld.

De computer is heden ten dage niet meer weg te denken uit de samenleving. Onze hele maatschappij wordt inmiddels geregeld door computers. Nu zien de meeste mensen een computer als een ingewikkeld ding, eigenlijk is het principe waarop zo'n ding werkt zeer eenvoudig.

Een computer beschikt over geheugen, meer specifiek, een computer beschikt over elektrisch geheugen. Binnenin dat apparaat zitten een aantal chips, dat zijn van die zwarte blokjes met heel veel pootjes. Elke chip is opgebouwd uit kristallen en wanneer we daar elektrische stroom doorheen jagen, veranderen die kristallen van structuur. Aldus is het mogelijk om die kristalstructuur te gebruiken als geheugen, afhankelijk van twee toestanden:

Wél stroom of géén stroom.

Ja of nee.

Zwart of wit.

Nul of één.

Heel veel kristallen samen maken heel veel enen en nullen. Aldus ontstaat een groot geheugen waarin alle informatie kan worden opgeslagen in de vorm van wél of géén stroom.

Daar komt nog eens bij dat een computer kan rekenen. Dat rekenen gebeurt in een tweetalig stelsel:

Nul of één.

Wij mensen, wij rekenen in een tientalig stelsel, namelijk de cijfers nul tot en met negen. Bij tien vallen we in herhaling, want tien schrijf je als één-nul. Elf als één-één enz.

Een computer telt als volgt:

0000 staat voor nul

0001 staat voor één

0010 staat voor twee

0011 staat voor drie

0100 staat voor vier

0101 staat voor vijf enz.

Dat maakt de computer tot een rekenmachine met een heel groot geheugen en meer is het ding eigenlijk niet.

Terug naar het DNA.

Het DNA-molecuul vormt een kristalstructuur en het kan – afhankelijk van de omstandigheden – elektrische ladingen in zichzelf verplaatsen. Deze eigenschap maakt dat het DNA over een geheugenfunctie beschikt die op dezelfde wijze werkt als de geheugenchips in een computer dat doen. Een DNA-molecuul is in zuiver water niet in staat om elektronen in zichzelf te verplaatsen.

Echter in water van verschillende samenstellingen, zal het DNA-molecuul telkens een andere vorm aannemen en kan het elektrische ladingen in zichzelf verplaatsen. Verandert er iets in de samenstelling van het water, dan verandert het DNA zichzelf zodanig dat het weer het meest in evenwicht raakt met het water waarin het voorkomt. Wanneer zich een situatie voordoet die al eerder heeft plaatsgevonden, kan het DNA hier onmiddellijk op inspelen op basis van de opgeslagen informatie van de keer daarvoor.

Hiermee heeft het DNA zelfs een voorsprong op een computer, deze werkt immers alleen wanneer we er elektrische stroom naar toe sturen. Een computer is niet zelf in staat zich aan te passen aan de omgeving, noch is een computer in staat om de kristalstructuur in de chips aan te passen, wanneer de omgeving verandert.

Nee, lieve mensen, een computer werkt alleen maar omdat wij een knopje indrukken, waardoor er elektrische stroom door de chips gaat lopen. Bovendien bepalen wij wat er in het geheugen van de computer wordt opgeslagen.

Een DNA-molecuul is wat dat betreft veel geavanceerder.

Een DNA-molecuul bepaalt zelf, afhankelijk van de omgevingsvariabelen, wat er wordt opgeslagen in het geheugen en dat heeft de volgende effecten tot gevolg:

De opbouw en volgorde van nucleotiden in het DNA ligt vast en is opgeslagen in het geheugen.

Het punt waarop de DNA-keten volgroeid is en de gehele keten zich kan delen is opgeslagen in het geheugen. De soort stoffen die het DNA nodig heeft om na deling weer aan te groeien zijn bekend en liggen opgeslagen in het geheugen.

De gehele eiwitvorming, dat is dus de volgorde waarin de verschillende aminozuren aan elkaar gekoppeld zijn, is vastgelegd in het geheugen van het DNA.

We kennen ook allemaal het begrip genen. Een gen is feitelijk niets anders dan een klein stukje van de DNA-keten waarin de volgorde van aminozuren is vastgelegd om één specifiek eiwit te maken.

De omstandigheden rond het DNA-molecuul bepalen wanneer er elektrische stroom wordt opgewekt en er aldus aanspraak kan worden gemaakt op het geheugen.

Bijvoorbeeld, wanneer het DNA-molecuul in omstandigheden verkeert waarin het veel bruikbare stoffen tegenkomt, kan het met behulp van de opgeslagen informatie bepalen dat het tijd is om zich te delen, in de wetenschap dat er voldoende stoffen zijn om weer aan te groeien en zich aldus succesvol voort te planten.

In het geval van onbekende stoffen kan het DNA-molecuul zich hiermee in chemische zin verbinden, waardoor ook weer elektrische stroom wordt opgewekt. Dan kan het DNA-molecuul op basis van de opgeslagen informatie bepalen of dit een nuttige dan wel een giftige stof is.

Lieve lezers, ik realiseer me terdege dat één en ander wellicht meer vragen oproept dan dat er antwoorden worden gegeven. Dat heeft alles te maken met de complexiteit van de chemische en natuurkundige processen die hierbij een rol spelen.

Met keukenzout als voorbeeld zal ik een poging doen om wat meer duidelijkheid te verschaffen.

Keukenzout wordt scheikundig beschreven als NaCl. Dat staat voor een verbinding van natrium (Na) met chloor (Cl).

Natrium is het hoofdbestanddeel van gootsteen ontstopper, die witte korrels die zó heftig reageren met water dat het begint te bruisen waarbij veel warmte wordt opgewekt.

Chloor is het hoofdbestanddeel van bleekwater.

U kunt zich voorstellen dat beide afzonderlijke stoffen zeer giftig zijn bij inname.

Wanneer deze beide stoffen zich aan elkaar verbinden, ontstaat het ongevaarlijke keukenzout dat een hard gekookt eitje veel beter doet smaken.

Wanneer we keukenzout oplossen in water splitst het zich weer in chloor en natrium. Hier treedt echter een bijzondere natuurkundige eigenschap in werking. Beide stoffen worden elektrisch geladen. Het natrium vormt een plus-pool en het chloor een min-pool.

Scheikundig schrijf je dat als Na⁺ en Cl⁻. Dit soort stoffen worden ionen genoemd. Bijgevolg lost natrium in water op als positief ion en chloor als negatief ion.

Oké, zuiver water is nauwelijks in staat om elektrische stroom te geleiden. Echter wanneer je daar een schepje keukenzout in oplost, blijkt het water ineens heel goed elektriciteit te kunnen geleiden via de min- en pluspolen van de chloor- en natriumionen die ontstaan zijn uit het opgeloste keukenzout.

Nu weer terug naar het DNA.

Een DNA-molecuul heeft de bijzondere eigenschap dat het over vele honderden miljoenen van deze plus- en min-polen beschikt. Dat heeft alles te maken met de opbouw van de DNA-keten. Elke afzonderlijke nucleotide heeft één plus- en één min-pool.

Wellicht ten overvloede wijs ik er nogmaals op dat RNA en alle eiwitten ook dergelijke eigenschappen bezitten.

Een DNA-keten beschikt dus over een gigantisch aantal ionen. Het aantal plus- en min-polen is gelijk, zodat het DNA zelf elektrisch neutraal is. Overigens is keukenzout dat ook. Keukenzout in droge poedervorm zal nauwelijks elektriciteit geleiden en DNA in droge vorm doet dat ook niet.

We weten allemaal dat plus- en min-polen elkaar aantrekken en deze eigenschap maakt dan weer dat verschillende stoffen zich met elkaar kunnen verbinden.

Ik hoop dat deze uitleg voldoende is om duidelijk te maken dat een DNA-molecuul over uitgebreide elektrische eigenschappen beschikt en dat deze eigenschappen volledig afhangen van de samenstelling van het water waarin het DNA voorkomt. In heel zout water zal het DNA zich anders vormen dan in heel zuur water. Wanneer in het water een stof wordt opgelost met heel veel plus-polen, zal het DNA zich anders gedragen dan wanneer er een stof met heel veel min-polen aan het water wordt toegevoegd. Het is zelfs zo dat de temperatuur van het water invloed heeft op de vorm van het DNA, ook dit is het gevolg van de chemische en natuurkundige eigenschappen van het DNA.

Wetenschappers van de TU in Delft hebben door middel van proeven in het jaar 2000 vast kunnen stellen dat het DNA inderdaad over elektrische eigenschappen beschikt.

Meer in detail, een DNA-molecuul blijkt als een halfgeleider te werken.

Niet geheel toevallig berust de geheugenwerking van een computer ook op halfgeleiders!!!

Tegenwoordig is men al druk bezig om computers te ontwerpen die in plaats van een microprocessor gebruik maken van DNA-moleculen om te rekenen en te onthouden.

Maar we zijn er nog niet hoor!!!!

De elektrische eigenschappen van DNA hebben nog een veel grotere impact!!!!

De elektrische eigenschappen van het DNA-molecuul, maken dat het DNA met behulp van de elektrische stroom informatie kan uitwisselen met andere DNA-moleculen.

Met andere woorden, de beheersing van elektriciteit geeft het DNA de mogelijkheid tot communiceren!!!

Het geeft het DNA-molecuul zelfs twee verschillende mogelijkheden tot communicatie!!!!

Ik zal beide manieren tot communicatie stuk voor stuk in het kort uitleggen en beschrijven.

In de laatste hoofdstukken van dit boek ga ik hier verder op in en dan in relatie tot ons mensen.

Telkens wanneer er ergens een elektrische stroom loopt, wordt er tegelijkertijd een elektromagnetisch veld opgewekt. Dat is een bekende wetmatigheid uit de natuurkunde.

Omgekeerd geldt hetzelfde, telkens wanneer er een verandering optreedt in een elektromagnetisch veld, wordt een elektrische stroom opgewekt.

Dat houdt dus concreet in:

Wanneer er een elektrische stroom loopt door een DNA-molecuul A, wordt het tegelijkertijd omgeven door een elektromagnetisch veld. Wanneer er zich op dat moment een ander DNA-molecuul B in de buurt bevindt, wordt er door het elektromagnetisch veld van molecuul A, een elektrische stroom opgewekt in molecuul B. De elektrische stroom die wordt opgewekt in B, bevat de informatie van molecuul A.

Dit is één van de manieren waarop DNA-moleculen informatie met elkaar uit kunnen wisselen.

In het vervolg van dit boek verwijs ik naar deze vorm van informatie uitwisseling als "indirecte communicatie".

In het andere geval, spreek ik van "directe communicatie". Dit vindt plaats wanneer twee DNA moleculen zich fysiek met elkaar verbinden, waardoor de elektrische stroom direct van het ene naar het andere organisme kan lopen. Zenuwbanen zijn hier een bekend voorbeeld van.

Het zal duidelijk zijn dat met behulp van deze twee manieren tot communicatie, DNA-moleculen van elkaar kunnen leren en stoffen in de vorm van voedsel of genen met elkaar kunnen uitwisselen.

Het zal tevens duidelijk zijn dat zonder deze elektrische eigenschappen, het verloop van de evolutie op aarde geheel anders zou hebben plaatsgevonden. Er zou bijvoorbeeld nimmer zo'n enorme diversiteit van leven hebben kunnen ontstaan.

In het begin van dit hoofdstuk heb ik ook nog een derde vraag gesteld, namelijk of er alleen op de aarde leven is ontstaan?

Enkele tientallen jaren geleden heeft een groep wetenschappers de mogelijkheid geopperd dat de aanzet tot leven vanuit het heelal op aarde terecht is gekomen.

Bijvoorbeeld door meteorieten die op de aarde zijn ingeslagen.

“Star wars met sneeuwballen, voorzien van aminozuren” wordt hierbij als grootste mogelijkheid genoemd. Deze hypothese wordt door steeds meer onderzoekers aangehangen, ook al klinkt het hele idee té onwaarschijnlijk om waar te zijn.

Om te beginnen, stel ik vast dat wanneer deze veronderstelling juist zou blijken te zijn, de derde vraag met ja beantwoord kan worden.

Enig bewijs van leven buiten de aarde is echter nog niet gevonden. Dat maakt dat het antwoord op de vraag voorlopig in ieder geval nee lijkt te zijn.

Tot slot van dit hoofdstuk wil ik u mijn visie hierop niet onthouden.

Zelf ga ik ervan uit dat er niet alleen op aarde leven bestaat. Ik ga er zelfs van uit, dat op de meeste planeten in ons zonnestelsel en op een flink aantal manen rond die planeten allerlei verschillende levensvormen bestaan.

Derhalve ga ik er ook van uit dat er elders in de Melkweg en zelfs in andere sterrenstelsels een veelheid aan levensvormen bestaan.

Aan de uitwerking van deze visie en de argumenten die ik daarvoor aanvoer, heb ik een apart hoofdstuk gewijd, dat u veel verderop in dit boek tegen gaat komen.

In de komende hoofdstukken geef ik u een beschrijving van het verdere verloop van de evolutie op aarde.